

ANÁLISE DE IMPACTO AMBIENTAL ACÚSTICO DE ESTAÇÕES DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO: ESTUDO DE CASO DA ESTAÇÃO VENDA NOVA – BH, MG.

Victor M. Valadares (1); Marco Antônio M. Vecci (2)

- (1) UFMG - Escola de Arquitetura. – Depto de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo - Labcon
Rua Paraíba, 697, Funcionários, Belo Horizonte, CEP – 30.130-140,
Fone: 0xx31-3269-1823; Fax: 0xx31-3269-1818
e-mail: vmvm@dedalus.lcc.ufmg.br ou vecci@dedalus.lcc.ufmg.br
- (2) UFMG - Escola de Engenharia. – Depto de Engenharia de Estruturas - Ladae
Av. do Contorno, 842, Centro, Belo Horizonte, CEP –30110-060,
Fone: 0xx31-3238-1993; Fax: 0xx31-3238-1973

RESUMO

Um método de análise e algumas técnicas para caracterização do impacto ambiental acústico são abordados neste trabalho, com enfoque em estações de transporte coletivo urbano, exemplificando a aplicação destas a partir de um estudo de caso na Estação Venda Nova em Belo Horizonte, Minas Gerais. No processo de análise é abordado o uso da audibilidade como descritor de ruído ambiental, dando mais clareza à interpretação dos resultados. A partir do estudo de caso, pode-se verificar a ordem de grandeza do impacto acústico desse tipo de equipamento comunitário no ambiente urbano.

ABSTRACT

A synthesis of a method and techniques to analyze acoustical environmental impact with focus on urban bus station is presented. The loudness is used together with other environmental noise descriptors to provide better understanding of data results. Based on the case study of the Venda Nova Bus Station in Belo Horizonte city, Brazil, it was possible to identify the order of magnitude of the noise impact from this type of community equipment in the built environment.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta uma sistematização de atividades para análise de impacto ambiental acústico direcionada para seleção de alternativas de controle de ruído provenientes de estações de transporte coletivo intraurbano, com enfoque no estudo de caso da Estação Venda Nova, a qual faz parte do Plano de Re-estruturação do Sistema de Transporte Coletivo de Belo Horizonte, desenvolvido pela Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S. A. – BHTRANS.

A elaboração de proposição de alternativas para o estudo de caso em questão foi solicitada pela BHTRANS ao Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo - TAU da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais EA/UFMG, em julho de 2000, cujo gerenciamento administrativo-financeiro esteve a cargo da Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa – FUNDEP. Neste trabalho houve participação do Departamento de Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia – UFMG.

2. MÉTODO E TÉCNICAS NA ANÁLISE DE IMPACTO AMBIENTAL ACÚSTICO

O método básico de trabalho consiste em análise das condições de exposição sonora (O termo “condição de exposição sonora” não deve ser confundido com os descritores de ruído ambiental “exposição sonora”, E_A , em $[(N.m^{-2})^2.s]$, ou “nível de exposição sonora”, L_{AE} , em [dB]. Ele deve ser interpretado como as condições de imissão sonora na comunidade) antes e após a instalação dos equipamentos comunitários dessa natureza. A partir dessa análise é possível delinear alternativas de controle de ruído que, embora sejam tecnicamente elaboradas, são socialmente selecionadas e implantadas. De um modo geral a elaboração de tais alternativas de controle de ruído fundamenta-se na trilogia *fonte - meio de propagação - receptor*. Convém lembrar que o controle na *fonte* é sempre mais desejável e eficiente que o controle pelo *meio de propagação*, sendo aceitável o controle no *receptor* em certos casos. A Figura 1 apresenta o esquema metodológico geral.



Figura 1. Esquema metodológico geral do diagnóstico de impacto acústico ambiental

Para a caracterização das situações presente e futura são utilizadas técnicas de medição e de simulação acústicas em uma área de influência previamente estabelecida. As medições acústicas são úteis definir a potência acústica de fontes sonoras, gerar mapas acústicos do comportamento de certos descritores de ruído ambiental ou de um valor simples por descritor baseado no conceito de uma média no tempo e no espaço na área de influência considerada. Tais medições também são úteis para caracterização do ruído de fundo e ajuste dos parâmetros do programa de simulação computacional e da área de influência predefinida. A realização dessas medições deve se basear em procedimentos normatizados, devendo ser consultada, por exemplo, a norma ISO 8297, para determinação de potência sonora, a norma ISO 1996, para descrição de ambientes sonoros, ou normas similares, conforme a situação.

Para se proceder à análise, deve-se, inicialmente, estabelecer os índices de qualidade ambiental em acústica (O termo “índices de qualidade ambiental em acústica”, nas modalidades EQI_A , $PEQI_A$ ou $EERI_A$ apresentadas no texto, consiste em um valor padrão de uma determinada grandeza ou quantidade que representa um limite aceitável de imissão acústica determinado por autoridades locais. Esse termo tem sido utilizado por pesquisadores da área de psicologia ambiental (BELL, 1990), sendo que o sub índice “A”, utilizado no texto acima, representa sua aplicação na área de acústica, segundo os autores do presente trabalho), requisitados na área de influência. Esses índices são grandezas ou quantidades acústicas admitidas para um ambiente sonoro do ponto de vista objetivo, captando o fenômeno físico, e subjetivo, captando a percepção e reação humana devido ao estímulo causado pelo fenômeno físico. No primeiro tipo de índice, estão os índices objetivos de qualidade ambiental em acústica - EQI_A . Complementando os índices de natureza objetiva, tem-se o segundo tipo de índice, ou seja, os índices de natureza subjetiva, tais como os índices de qualidade ambiental percebida em acústica - $PEQI_A$, envolvendo as peculiaridades da percepção auditiva humana, e os índices de reação emocional ambiental em acústica - $EERI_A$, envolvendo respostas de incômodo ou prazer em relação ao ambiente sonoro. Assim, uma medida de nível sonoro absoluto reflete-se em um EQI_A , enquanto a percepção humana desse ambiente sonoro resulta em um $PEQI_A$. As reações emocionais engendradas pela percepção podem ser bem caracterizadas por um $EERI_A$.

Como exemplo de EQI_A , pode-se adotar os níveis de pressão sonora, níveis máximos e mínimos, equivalente-contínuo, níveis de exposição sonora, níveis do décimo e nonagésimo percentis de uma distribuição estatística de frequência relativa acumulada, entre outros. Cabe lembrar que, em todos esses níveis, não são feitas ponderações no domínio da frequência. Como exemplo de $PEQI_A$, pode-se especificar todos os tipos de níveis sonoros acima especificados, porém ponderados na curva “A”, ou

seja, em [dB(A)], assim como a audibilidade, em [sones] e os níveis de audibilidade, [fones] e [PLdB]. No caso do $EERI_A$, os exemplos mais comuns consistem nas escalas subjetivas de julgamento, através das quais as pessoas qualificam, a partir de suas impressões, as condições de imissão acústica em certos ambientes sonoros. Caso não seja conveniente se recorrer às entrevistas e questionários, pode-se utilizar escalas de aceitabilidade de exposição sonora elaboradas a partir de uma pesquisa social.

Os índices de qualidade ambiental em acústica para grupos humanos são usualmente do tipo $PEQI_A$ e $EERI_A$, os quais estão expressos em legislações ambientais ou normas técnicas nas localidades onde a área de influência está subordinada. Um descritor do tipo $PEQI_A$ bastante difundido e recomendado para análises de ambientes acústicos cujos níveis sonoros são flutuantes e intermitentes é o nível de pressão sonora equivalente-contínuo, L_{AeqT} , em [dB]. Para avaliação do incômodo causado pelo tráfego veicular rodoviário, veículos leves e pesados, pode-se adotar, como $EERI_A$, a escala de aceitabilidade elaborada pelo Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano - HUD/EUA (1971).

Uma vez especificados os índices de qualidade ambiental em acústica para a área de influência, o procedimento usual de análise consiste em comparar níveis sonoros medidos e preconizados. Essa comparação desenvolve-se em dois instantes, isto é, em um primeiro momento anterior à presença da fonte sonora de incômodo ou, se ela já existe no local, quando não estiver em funcionamento, representando a situação presente ou de ruído de fundo, e no momento após sua implantação ou, se ela já existe no local, quando estiver em funcionamento, situação futura ou de ruído total.

Ainda quanto a essa comparação, convém observar a ordem de grandeza do desvio e a variação entre os níveis sonoros entre as situações presente e futura. Normalmente, essa variação é verificada em termos da escala logarítmica, embora também seja conveniente verificar essa variação em termos de uma escala real (O termo “escala real” diz respeito a uma escala sujeita à aritmética convencional, onde dois mais dois são quatro). Isso é muito válido, pois as pessoas envolvidas com a questão, as autoridades do poder público e privado assim como a comunidade sujeita a imissão acústica, não estão familiarizadas com o uso de escalas logarítmicas em seus respectivos processos naturais de raciocínio. Nesse caso pode-se apresentar os resultados em termos de nível de audibilidade, em [PLdB], para a equipe técnica em acústica, e de audibilidade, em [sones], para aqueles não familiarizados com a escala logarítmica, mas que deverão tomar algum tipo de decisão que envolvem repercussões sócio econômicas importantes. Tal forma de gerar esses resultados deve-se basear no procedimento MARK VII (STEVENS, 1972).

Concluída a etapa da análise comparativa, é possível delinear as alternativas de controle de ruído as quais deve contemplar os termos da trilogia fonte - meio de propagação - receptor. Dessa forma, deve-se propor no mínimo uma alternativa por termo da trilogia, compondo um elenco de três alternativas. Conforme a necessidade, que envolve questões de ordem prática, pode ser conveniente propor alternativas híbridas, com a associação entre esses termos conforme o caso. Incluindo as alternativas híbridas, teoricamente, um grupo de seis alternativas de controle de ruído poderia ser proposto.

3. A ESTAÇÃO VENDA NOVA COMO UM ESTUDO DE CASO

Através do estudo de caso da Estação Venda Nova, pode-se exemplificar a aplicação do método e técnicas de análise de impacto ambiental descrita no item anterior. A seguir é sumariada a caracterização das situações presente e futura, os índices de qualidade ambiental em acústica e a análise propriamente dita, para comentar, de forma geral, sobre as alternativas de controle de ruído.

3.1 Caracterização das Situações Presente e Futura

Essa etapa envolveu um estudo sobre o entorno, a implantação e operação da Estação Venda Nova, identificando as características relevantes do local influentes na emissão e imissão acústicas, ou seja, o que sai de ruído da Estação e o que chega de ruído na vizinhança. A Figura 2 apresenta dados de nível de potência sonora da Estação Venda Nova. Na Figura 3 estão os resultados de medições acústicas em campo do ambiente sonoro na área de influência dessa Estação.

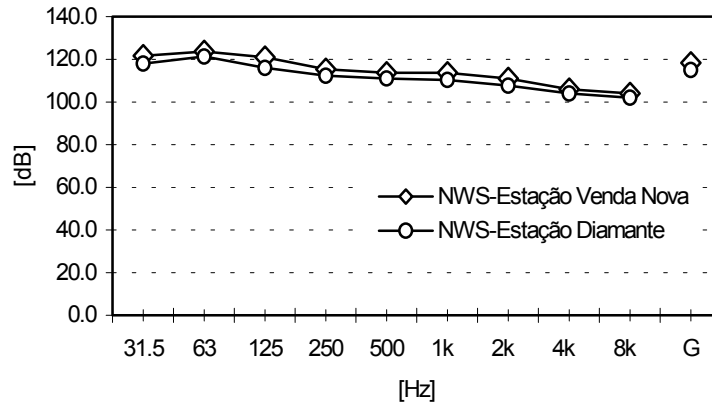


Figura 2. Níveis de Potência Sonora, NWS, da Estação Diamante e Venda Nova. Antes da Estação Venda Nova entrar em operação, dados de NWS da Estação Diamante foram utilizados para as primeiras simulações acústicas de propagação sonora na área da Estação Venda Nova.

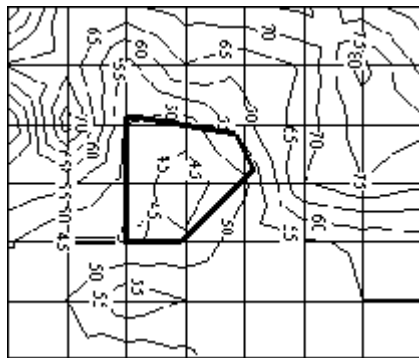


Fig. 3a

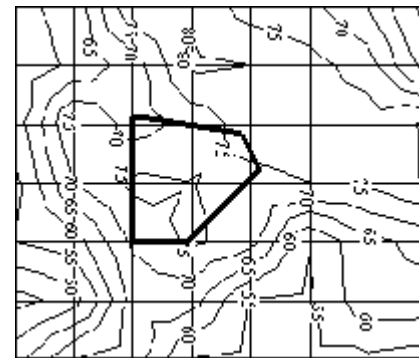


Fig. 3b

Figura 3. Mapas acústicos do descritor $L_{A eq 20 seg.}$, representando uma média entre os horários de pico da manhã e da tarde, para a Estação fora de operação (Fig. 3.a) e em operação (Fig. 3.b). A área delimitada refere-se ao quarteirão onde foi implantada a Estação Venda Nova.

Outras características dizem respeito à situação da Estação no município e sua percentagem de número de viagens intra e inter regionais, a zona urbana em que se situa, a classificação do uso desse tipo de serviço, a delimitação da área de influência, a classificação viária nessa área, assim como os tipos de uso e ocupação do solo vigente, características topográficas, trajetos de chegada e saída dos coletivos, volumes de tráfego e velocidade média, com ênfase na categoria de veículos pesados, mais especificamente os ônibus. Os dados de entrada para a análise das condições de aceitabilidade de exposição sonora ao ruído de tráfego veicular rodoviário, para as situações antes e depois da Estação Venda Nova entrar em operação, estão na Tabela 1.

Tabela 1. Dados para avaliação de condições de aceitabilidade, segundo HDU/EUA - $EERI_A$

Estação Venda Nova Fora de Operação									
Trecho	DE	V_I	v	FC1	D	FC2	IS	FC3	V_C
Rua Apatita e Água Marinha– movimento de saída da Estação	15	-	-	-	10-20	-	-	-	-
Rua Farmacêutico Raul Machado – movimento similar ao acima	15	6	25	1,2	10-20	-	Não	-	7
Rua Antônio Rodrigues Froes – movimento de chegada à Estação	15	-	-	-	10-20	-	-	-	-
Estação Venda Nova Em Operação									
Rua Apatita e Água Marinha– movimento de saída da Estação	15	386	25	1,2	10-20	2,5	Não	-	1.158
Rua Farmacêutico Raul Machado – movimento similar ao acima	15	386	25	1,2	10-20	-	Sim	5	2.316
Rua Antônio Rodrigues Froes – movimento de chegada à Estação	15	421	25	1,2	10-20	2,1	Sim	5	5.304

Observações: DE – distância efetiva em [ft]; V_1 – volume inicial em [vph]; v – velocidade, em [mph]; $FC_{n, (n=1,2,3)}$ – fatores de correção para v ($n=1$), declividade em [%], D , ($n=2$) e presença de interseção semaforizada, IS , ($n=3$). V_c - volume corrigido, em [vph].

3.2 Os Índices de Qualidade Ambiental em Acústica

A Tabela 2 apresenta valores preconizados pela legislação ambiental para imissão acústica nas propriedades lindeiras às vias periféricas à Estação. Tais valores estão em negrito nas células sombreadas dessa tabela. Na última célula dessa coluna, é apresentado o valor médio correspondente a esses níveis, em itálico, para uma avaliação geral das condições de exposição sonora no local. A partir desse valor médio de 62 dB(A), foram calculados os valores de Audibilidade Global, Ad_G , em sones, e Nível de Audibilidade Global, Nad_G , em PLdB, segundo o procedimento MARK VII (STEVENS, 1972), baseando-se no espectro de ruído em bandas de oitava no intervalo [63Hz; 8kHz] correspondente da NC-57 (Na ausência de um espectro de referência na legislação, para cálculo de outros tipos de $PEQIA$, tomou-se o espectro da Curva NC correspondente ao valor 62 dB(A), conforme sugestão da NBR-10.152.). Eles complementam o elenco de $PEQIA$ selecionados para a análise. Em termos do $EEQIA$, foi utilizado um tipo que avalia as condições de aceitabilidade dessa exposição, mediante procedimento desenvolvido pelo Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano - HDU /EUA. Esse tipo de índice baseia-se em uma escala envolvendo as seguintes classificações: “claramente inaceitável”, “normalmente inaceitável” e “normalmente aceitável”. A seleção entre tais situações baseia-se nas características geométricas e do tráfego no local (REYNOLDS, 1988).

Tabela 2. Níveis sonoros externos preconizados pela legislação no entorno da Estação - $PEQIA$

Local da propriedade onde se dá o suposto incômodo		Níveis Sonoros por período do dia, [dB(A)]			Vias Periféricas à Estação Venda Nova	
Zonas de Uso e Ocupação do Solo ¹	Classificação das Vias ¹	Vespertino 19 h – 22 h	Noturno 22 h – 7 h	Diurno 7 h – 19 h		
ZPAM, ZP1, ZP2	Todas as Vias	50	45	55	R. Apatita/ Água Marinha (Escola)	
Demais Zonas De Uso	Local	55	50	60	R. Apatita/ Água Marinha (demais edificações)	
	Coletora	60	55	65	Demais vias	
	Ligação Regional e Arterial	60	55	70	Ad_G , [sones]	Nad_G , [PLdB]
Valor Médio				<i>62</i>	<i>22,5</i>	<i>72,6</i>

996 [5]. Fonte: adaptado da Lei Municipal no. 4.253 de 04/12/85 [4].

3.3 Análise de Impacto Acústico Ambiental

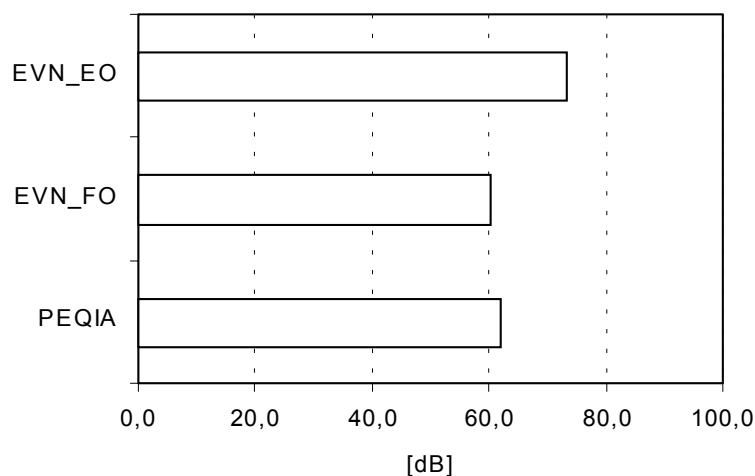


Figura 4. Comparação entre valores de L_{Aeq} preconizado, para a Estação fora / em operação.

Para desenvolvimento da análise de impacto ambiental acústico, foram observadas as ordens de grandeza de variação entre o resultado das medições para a situação presente, antes da implantação da estação e a futura, após a implantação da estação (Nesse trabalho foi possível realizar medições antes e

depois da estação entrar em operação, uma vez que a consultoria em acústica só foi solicitada nas vésperas de sua inauguração. Em estágios mais iniciais de trabalho dessa natureza pode-se contar apenas com medições da situação presente, abordando a situação futura apenas por simulação computacional) em relação aos PEQIA, bem como a variação entre esses níveis sonoros medidos de uma situação à outra. As Figuras 4, 5 e 6 apresentam os valores dessas variações segundo os descritores L_{Aeq} , N_{AdG} e Ad_G , respectivamente.

Antes que a Estação Venda Nova estivesse operando, em termos do L_{Aeq} global, Figura 4, a área de seu entorno imediato, ou seja na comunidade lindeira às vias periféricas à Estação, havia um ambiente sonoro compatível com o padrão definido para a área conforme a legislação ambiental, com os níveis sonoros medido e preconizado da mesma ordem de grandeza, em torno de 60dB(A). Em termos do nível de audibilidade global, Figura 5, essa situação original apresentava-se ainda mais favorável, havendo um desnível de cerca de 11 PLdB entre valores medidos e preconizados. No caso da audibilidade global, a legislação permitia que o ambiente sonoro original pudesse sofrer uma duplicação em sonos, Figura 6.

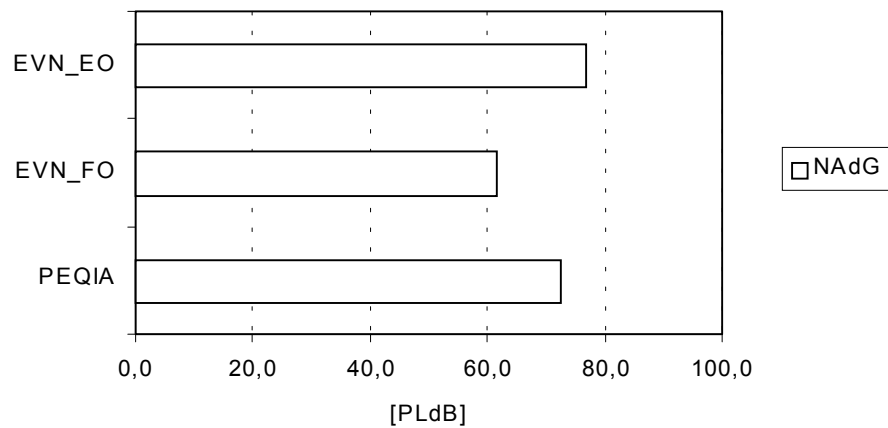


Figura 5. Comparação entre valores de N_{AdG} preconizado, para a Estação fora / em operação.

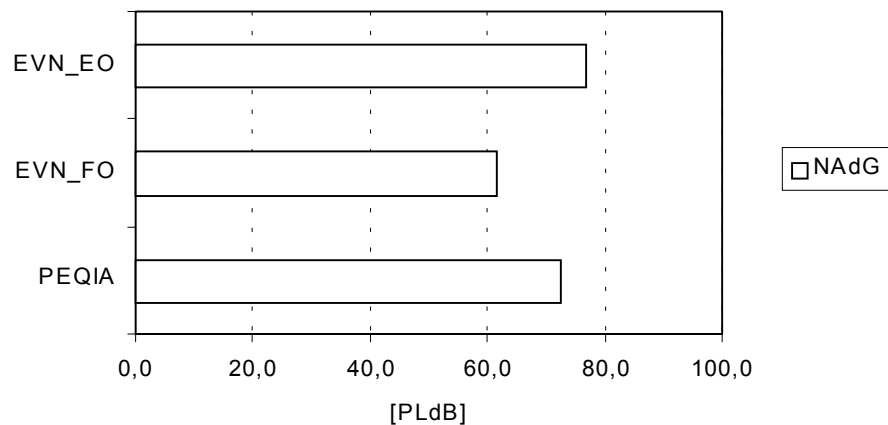


Figura 6. Comparação entre valores de Ad_G preconizado, para a Estação fora / em operação.

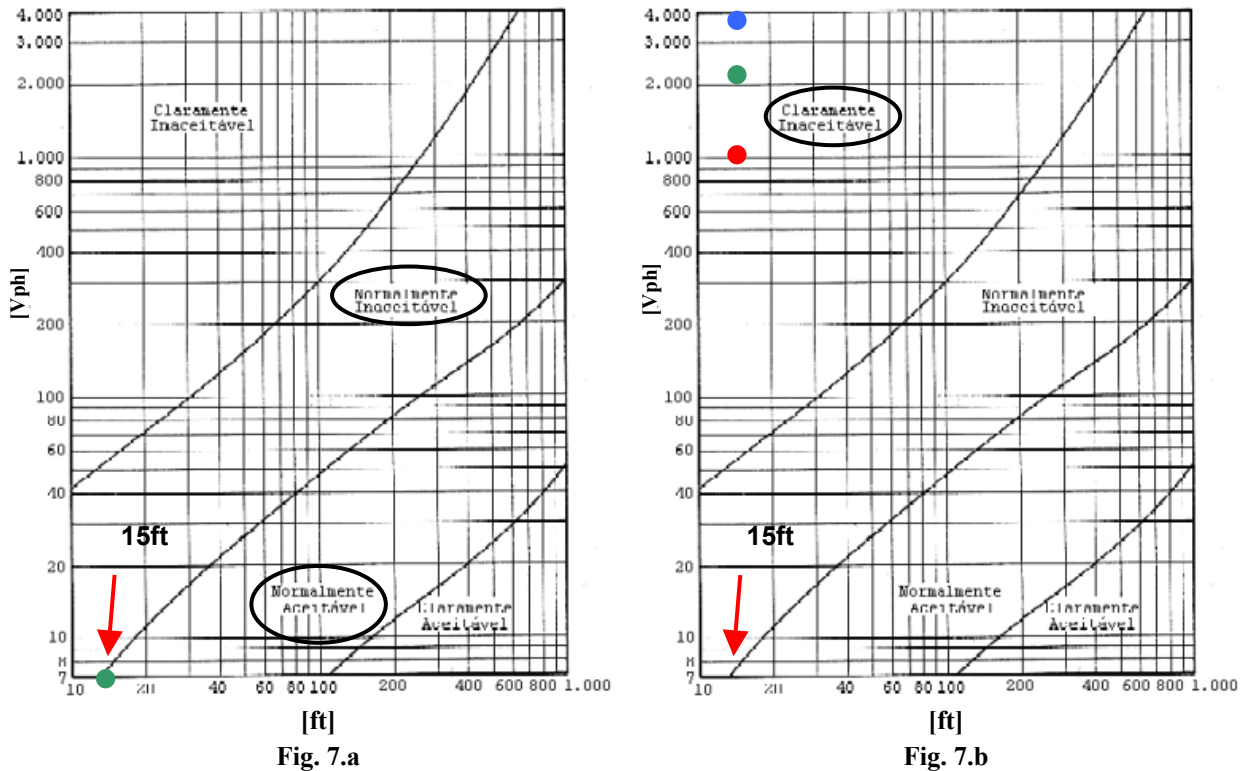


Figura 7. Resultados do Estudo de Aceitabilidade pelo procedimento do HDU - EUA.

Após o início da operação da Estação Venda Nova, em termos do L_{Aeq} global, Figura 4, houve uma elevação nos níveis sonoros na área de seu entorno imediato, chegando a cerca de 11 dB(A) acima do nível sonoro preconizado para a área conforme a legislação ambiental. Em termos do nível de audibilidade global, Figura 5, presenciou-se um desnível em torno de 4 PLdB entre valores medidos e preconizados. No caso da audibilidade global, esse desnível foi da ordem de 12 sonos, Figura 6.

Observando a variação entre os descritores a partir dos dados das medições acústicas, antes e depois da Estação Venda Nova entrar em operação, em termos do L_{Aeq} global, Figura 4, essa variação foi de 13 dB(A). Para o nível de audibilidade global, tal variação foi de 15 PLdB, Figura 5. Considerando a audibilidade global, o ambiente sonoro aumentou 3 vezes sua magnitude, Figura 6.

A Figura 7 apresenta resultados do estudo da aceitabilidade de exposição sonora segundo o procedimento do HDU – EUA, para veículos pesados. Esse estudo complementa a análise anterior, sendo possível observar que a partir das modificações dos volumes entre as situações anterior e posterior à implantação da Estação Venda Nova, contidas na Tabela 1 do subitem 3.1, a situação passará da transição entre “claramente aceitável” e “normalmente aceitável” para uma situação de “claramente inaceitável”.

3.2 Alternativas de Controle de Ruído

A partir da análise desenvolvida e das modificações constatadas no ambiente sonoro, era de se esperar um reação da comunidade local, o que realmente veio a ocorrer. Para procurar amenizar tal situação, foram sugeridas três alternativas de controle de ruído. Em qualquer uma das alternativas, o enfoque de controle de ruído, devido às características do problema, concentrou-se no controle da transmissão sonora entre a Estação Venda Nova, considerada como fonte, e a comunidade lindeira, considerada o receptor, dentro da trilogia fonte / caminho de transmissão / receptor, fundamental para abordagem teórica e prática da questão. Na alternativa selecionada as principais estratégias consistiram em concentrar a chegada e saída dos ônibus na estação em um mesmo local, evitando percursos desnecessários ao redor da mesma tornando a comunidade lindeira mais vulnerável ao ruído, assim como implementar barreiras acústicas predominantemente no perímetro da estação.

4. CONCLUSÃO

Uma síntese de atividades envolvidas no processo de análise de impacto de ambiental acústico foi abordada nesse trabalho com enfoque direcionado para as estações de transporte coletivo intraurbano. Complementando os pressupostos conceituais foi dado um exemplo de elaboração dessa análise a partir do estudo de caso da Estação Venda Nova em Belo Horizonte – MG.

Dentre os descritores de ruído ambiental utilizado na análise, a saber, o L_{Aeq} , o Nad_G e a Ad_G , destaca-se a audibilidade global. A partir da verificação da variação desses descritores entre o resultado das medições para a situação que antecedeu a implantação da Estação Venda Nova e após sua implantação em relação aos $PEQIA$, e da a variação entre esses níveis sonoros medidos de uma situação à outra, pôde-se constatar com mais clareza as alterações sofridas pelo ambiente sonoro quando avaliado pelo descritor Ad_G , que, pelo fato dele não ser expresso em uma escala logarítmica, facilita a interpretação das pessoas leigas em acústica, mas que estão envolvidas no processo de decisão para melhoria das condições do ambiente sonoro urbano.

Assim, através do descritor Ad_G observou-se que o ambiente sonoro tornou-se três vezes mais ruidoso que a situação original, evidenciando que o impacto ambiental acústico causado pela inserção do equipamento comunitário representado pelas estações de transporte coletivo intraurbano, através do estudo de caso da Estação Venda Nova, é considerável, sendo que esse problema deve ser abordado em fases iniciais de planejamento da inserção e projeto desses equipamentos, de forma a facilitar a elaboração, seleção e implementação de alternativas de controle de ruído, promovendo uma adequação ambiental do projeto dentro de uma melhor relação custo benefício para a administração pública e a comunidade. Finalizando, é importante registrar um agradecimento especial aos alunos bolsistas que contribuíram nas medições acústicas de campo e na análise e apresentação dos dados deste trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 10151 (revisão). Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade (revisão). ABNT, 2001, 4p.
- BELL, Paul A.; FISHER, Jeffrey D.; BAUM, Andrew; GREENE, Thomas C. Environmental Psychology. Fort Worth. Harcourt Brace Jovanovich, College Publishers, 1990 p. 1-23; 87-150.
- BELO HORIZONTE, Prefeitura (Secretaria Municipal do Meio Ambiente). (1993) Lei Ambiental do Município. Belo Horizonte , SEMMA.
- BELO HORIZONTE, Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDU. Lei de uso e ocupação do solo urbano de Belo Horizonte. Belo Horizonte: SMDU, 1996.
- DEPARTMENT of Housing and Urban Development. Noise Assesment Guidelines. U.S. Department of Housing and Urban Development, Washington, D.C. 20410, 2300-1194, August 1971.
- INTERNATIONAL Standartization Organization. Description and measurement of environmental noise. Part 1, 2 e 3, ISO 1996:1 1982. 1982/87.
- INTERNATIONAL Standartization Organization. Acoustics – Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure level in the environment – Engineering Method and measurement of environmental noise. ISO 8297 199412-15/87.
- REYNOLDS, Douglas D. Engineering principles of acoustics: noise and vibration control.1.ed. Boston: Allyn & Bacon Inc., 1981.641p.
- STEVENS, S. S. “ Perceived Level of noise by Mark VII and Decibels (E),” Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 51, No. 2 part 2, Feb. 1972, pp. 575-601.
- VALADARES, Victor M.; VECCI, M. A. M. Alternativas para Controle de Ruído da Operação da Estação Venda Nova. Departamento de Tecnologia de Arquitetura e do Urbanismo. Belo Horizonte. Escola de Arquitetura da UFMG (Relatório Técnico Parcial 1). 2000, 21 pag.