

Avaliação de ruído em escolas

Ramon Fernando Hans

MSc. Eng. Mecânica. Prof. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário Feevale. Diretor da Diretoria de Pesquisa e Produção Industrial da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha. Prof. da Unidade Novo Hamburgo da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul. E-mail: ramonfernando@terra.com.br

Resumo

O trabalho apresenta uma avaliação dos níveis sonoros nos locais utilizados para a prática de ensino dos alunos da Fundação Liberato Salzano, em Novo Hamburgo. Existem pesquisas mostrando que os níveis de ruído em escolas estão acima do nível de conforto acústico, devido aos ventiladores, sistemas de aquecimento, equipamentos de laboratório, conversas dos indivíduos, e pelo fato de existir uma certa despreocupação e desconhecimento, por parte dos governos, administradores escolares, professores e alunos, dos efeitos negativos do ruído sobre a saúde do ser humano e sobre o rendimento escolar. Na Fundação, escolheram-se as salas de aula, laboratórios, salas de apoio e as salas administrativas, para identificar a ocorrência de ruído acima do estabelecido pela Norma Brasileira (NBR 10152) e comparar com os dados bibliográficos. Em cada ambiente, que apresentam a presença de alunos, mediram-se os níveis sonoros equivalentes (Leqs) e os níveis de pressão máximos e mínimos (NPSmáx. e NPSmín.). Foram realizadas medições dos espectros de frequência, tanto no ambiente quanto em indivíduos específicos, permitindo analisar o tipo de ruído. Realizou-se, como uma ação paralela, questionários, junto a servidores e alunos, indagando sobre as condições ambientais e acústicas. Todos os dados foram tratados estatisticamente. Comparando-se os níveis equivalentes recomendados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas para salas de aula e laboratórios [40 a 50 dB(A)], bibliotecas [35 a 45 dB(A)] e circulação e áreas comuns [45 a 55 dB(A)], observa-se que, independente do turno, todos os valores encontrados estão acima dos valores máximos estipulados pela norma. As salas de aula e laboratórios apresentaram Leq médio de 71,6 dB (A), com NPSmáx de 105dB(A) e NPSmín. de 40,4 dB (A), onde se tem como fontes de ruído as vozes, movimentação de mobiliário, equipamentos de laboratório e circulação de pessoas. Nas áreas de circulação, bar e ginásio ocorre um Leq médio de 74,8 dB (A), com NPSmáx de 97,1 dB (A) e NPSmín de 49,0 dB (A), sendo a grande fonte de ruído as vozes entre alunos. Finalizando, foram medidas as salas administrativas e de apoio onde foi encontrado um Leq médio de 70,1 dB (A), com NPSmáx de 108,6 dB (A) e NPSmín de 55,7 dB (A), para as seguintes fontes de ruído: vozes, sistema de

ar condicionado, telefone e movimentação de mobiliário. Esses resultados comprovam que na Fundação existem os mesmos níveis de ruído que em outros países.

Palavras-chave

Ruído; som; acústica.

Abstract

This paper presents an analysis of noise levels at locals which are used for teaching at Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, in Novo Hamburgo. We can find a great number of researches showing that noise levels in schools are high due to the presence of fans, heating systems, laboratory equipment, people talking, and also the fact that the government, school directors, teachers and students are not always concerned and aware of the negative effects of noise upon human health and student output.

Classrooms, courses, support and administrative rooms were chosen to be analyzed at Fundação Liberato. It is believed that noise levels higher than those established by the Brazilian law (NBR 10152) will be found.

Frequency spectrum were carried out, both on environment and humans, this way allowing the analysis of the kind of noise. A parallel research was developed through a questionnaire answered by employees, teachers and students about environmental condition and acoustic. It was observed that, in the morning, afternoon or evening, all values were higher when compared with the Brazilian Association of Technical Rules for the classrooms and laboratories [35 to 45 dB(A)], libraries [35 to 45 dB(A)], and circulation and common areas. Classrooms and laboratories show medium Leq of 71,7 dB(A), with SPLmax of 105 dB(A) and minimum of 40,5 dB(A), where we find noise sources such as voices, furniture and laboratory equipment movement and circulation of people. A medium Leq of 74,8 dB(A), with SPLmax. Of 97,1 dB(A) and SPLmin. of 49 dB(A) occur at circulation areas, bar and gymnasium – the greatest source is the noise among students. The administrative and support rooms were also measured. In these rooms, a medium Leq of 70,1 dB(A), with maximum SPL of 108,6 dB(A) and minimum of 55,7 dB(A) were found for the following noises sources: voices, air-conditioning system, telephone, and furniture movement.

Key words

Noise; acustics; sound.

Introdução

Nas últimas décadas, algumas pesquisas foram realizadas quanto à presença do ruído em escolas, pois muitos equipamentos surgiram para auxiliar o ensino, tais como: vídeos, computadores e retroprojetores. Além disso, os laboratórios receberam muitas máquinas adicionais. Também a metodologia de ensino mudou, no sentido de permitir a participação mais ativa do aluno nas aulas. Acredita-se que esses elementos auxiliem no processo ensino-aprendizagem, no entanto, os professores e o ambiente físico devem estar preparados para recebê-los e utilizá-los.

Conhecendo-se os efeitos prejudiciais do excesso de ruído para a saúde dos estudantes e dos trabalhadores, percebe-se a importância de níveis sonoros adequados no ambiente escolar. Realizou-se a avaliação desses níveis em algumas áreas caracterizadas pela predominância de estudantes. Organizou-se um mapeamento dos níveis sonoros contínuos equivalentes (Leq), com registros de espectros de frequência em determinados locais. Além disso, distribuiu-se um questionário aos servidores e alunos, com posterior análise conjunta dos resultados. Dessa forma, foi possível identificar a existência de áreas com nível sonoro acima dos valores recomendados pela Norma Brasileira de Conforto Acústico Ambiental, traçando-se um paralelo entre os valores encontrados, as possíveis causas e os diversos efeitos sobre os estudantes e sobre o processo ensino-aprendizagem.

Ruído escolar

Alguns estudos têm demonstrado que o ruído em sala de aula encontra-se acima dos valores recomendados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Organização Mundial da Saúde (WHO). A preocupação tem aumentado à medida que se verifica um aumento do ruído causado por fontes internas: conversas, mobiliário, equipamentos; e por fontes externas: tráfego, movimentação de pessoas, proximidade dos centros urbanos. E que, por outro lado, poucas ações têm sido tomadas para melhorar as condições acústicas dos ambientes. Desta forma, o rendimento do processo ensino-aprendizagem sofre interferências, pois não existe um ambiente propício à concentração e ao entendimento da fala. Herbert (1999), cita a norma ANSI, que avalia a inteligibilidade, utilizando o "Room Criteria" (RC) de 25N a 30N, e diz que a norma ASHRAE, de 1999, que avalia o desconforto, recomenda para salas pequenas RC de 40N e para salas maiores RC de 35N.

Num estudo realizado por Crandell (1991) e Finitzo (1981), foi observado que somente duas entre 60 salas apresentaram valores de 35 dB(A), valor que o autor cita como padrão para salas desocupadas. A média para salas desocupadas foi de 47,4 dB(A) e 59,3 dB(C), ocorrendo para o jardim de infância o valor de 46,4 dBA e para o 2º grau, 48,5 dBA. Já para salas ocupadas, a média foi de 62,5 dBA e 69,5 dBC, com o jardim de infância apresentando 65,2 dBA e o 2º grau, 60,8 dBA. Dados semelhantes já haviam sido obtidos por Crandell & Smaldino (1992). Nesses níveis de ensino, como os estudantes utilizam a audição para o reconhecimento da fala, ocorrem dificuldades efetivas na eficiência do aprendizado, pois o ruído e a reverberação distorcem o sinal acústico na sala (Crandell & Bess, 1987a). Este distúrbio agrava-se quando se leva em conta que as crianças utilizam 45% a 60% do dia escolar envolvidas no processo de atenção (Butler, 1975).

Daye (1996), em sua publicação, comenta que num estudo realizado no Centro de Controle e Prevenção de Doenças foram testadas crianças dos 6 aos 19 anos, onde 15% apresentaram perda de audição, devido a ruído de ventiladores, sistemas de aquecimento e método de ensino utilizado nas aulas. A arquitetura e a disposição do mobiliário das salas contribuem para o agravamento deste problema, tendo em vista que pisos duros, paredes de concreto, tetos altos, muitas janelas, quadro de giz, provocam e amplificam ruídos. Day cita que estudantes com audição normal ouvem 71% do que os professores falam, enquanto que alunos com pequenos problemas de audição ouvem apenas 48% do que é falado. O baixo rendimento acústico também faz com que o professor necessite falar com mais esforço, o que provoca fadiga de fala aos docentes.

Jiang (1997), demonstrou que 61% dos professores sentem-se desconfortáveis nos am-

bientes escolares, sendo que entre os professores de educação física, este número sobe para 77%. Isso ocorre devido aos níveis de ruído em sala de aula e nos ginásios. Em seu estudo, o autor mediu 94,4 dB no ginásio de uma escola elementar, o que ocasionou perda de audição permanente a um professor de 57 anos de idade, efeito comprovado após exames.

Bradley & Picard (1997), citam que em escolas normais de 1º grau, os estudantes conseguem reconhecer 66% das palavras faladas pelos professores, o que torna a situação alarmante. Soma-se a isso a fadiga vocal experimentada pelos professores que tentam ultrapassar os valores do ruído de fundo. Picard considera como grandes responsáveis pelo nível de ruído os sistemas de ventilação-refrigeração, as conversas dos alunos, o ruído das salas vizinhas e diversas fontes externas. Ele salienta que o projeto arquitetônico das salas desfavorece o tempo de reverberação, o que agrava o problema.

Davis (1990), ilustra o problema da seguinte forma: perda de audição origina falta de percepção da fala, que por sua vez ocasiona atraso de linguagem e fala, reduzindo o desenvolvimento acadêmico, o que provoca uma baixa da auto-estima, estimulando o isolamento do indivíduo.

Fundamentos teóricos

DEFINIÇÕES E MEDIDAS ACÚSTICAS

O som

O som se caracteriza por flutuações da pressão ou da velocidade das moléculas em um meio compressível. É uma forma de energia transmitida pela colisão das moléculas do meio, umas contra as outras. Esse efeito provocará zonas de compressão e rarefação do meio em que se propaga, a partir de uma fonte sonora.

Nível sonoro contínuo equivalente (L_{eq})

O nível de pressão sonora contínua, equivalente a um intervalo de tempo especificado, é o nível sonoro médio, integrado durante uma faixa de tempo pré-determinada. Este pode ser corrigido por uma ponderação de frequência, cujo cálculo é baseado na energia do ruído, de acordo com a equação 1.

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left\{ \left[\frac{1}{T} \int_{t_2}^{t_1} p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \quad \text{equação 1}$$

Sendo

$p_A(t)$ é a pressão sonora instantânea com ponderação A;

T é o intervalo de tempo;

t_1 e t_2 tempo inicial e tempo final respectivamente;

p_0 é a pressão de referência normalizada 20 mPa.

Escalas de ponderação

Os fatores que determinam a audibilidade subjetiva de um som são de tal gama complexos, que se continua pesquisando o assunto. Um dos fatores refere-se à diferença de sensibilidade do ouvido humano à variação das frequências. Segundo Gerges (1992), o ouvido humano é mais sensível a sons situados na faixa de frequência de 2 kHz a 5 kHz, e menos sensível para frequências situadas abaixo ou acima desta faixa, principalmente quando o ruído apresenta nível de pressão sonora baixo.

Circuitos eletrônicos de compensação apresentam sensibilidade variável à frequência, com o objetivo de modelar o comportamento do ouvido humano. Padronizou-se uma classificação: curvas A, B, C e D. O circuito A aproxima-se das curvas de audibilidade para baixos níveis de pressão sonora, ou seja, em torno de 40 dB, sendo a curva de ponderação mais utilizada, pois apresenta uma boa correlação em testes subjetivos. O circuito B e C são análogos ao circuito A, entretanto,

usa-se para médios e altos níveis de pressão sonora, em torno de 70 e 100 dB, respectivamente.

Dose de Exposição

Dose de Exposição, expressa em porcentagem ocupacional do ruído, é a quantidade de exposição ao ruído que um indivíduo está submetido ao longo de um turno inteiro de trabalho. Deve-se levar em conta o critério legal de exposição, ou seja, o máximo ruído que o indivíduo pode ser exposto sem danos físicos, e, também, deve ser levado em conta o Fator Duplicativo, que é o incremento, em decibéis, para o qual a Dose dobra de valor, segundo critérios legais normalizados. Por exemplo: segundo OSHA, 100% de Dose significa que o indivíduo esteve exposto a um nível médio equivalente de 90dB, durante oito horas contínuas. O fator duplicativo é 5dB, ou seja, caso o Nível Sonoro Contínuo Equivalente passe a 95dB, a Dose passará a 200%. No entanto, se esse Nível passar a 85dB, teremos uma Dose de 50%.

Taxa de sinal

Taxa de sinal define-se como sendo a relação entre o som da fonte principal e o ruído de fundo existente no ambiente. É calculado pela diferença, em decibéis, entre o nível sonoro da fonte principal e o nível sonoro do ruído de fundo. O resultado é expresso em decibéis. Esse valor é de suma importância na determinação do grau de inteligibilidade de ambientes. Quanto maior for o valor da Taxa de Sinal maior será o grau de inteligibilidade do local em questão.

Inteligibilidade

No processo de recepção da fala por parte dos indivíduos, é comum ocorrerem perdas dos conteúdos transmitidos, isto é, uma parte das sílabas, palavras ou frases emitidas pelo narrador não é compreendida pelo ouvinte. Esse efeito é causado por vários fatores, um deles é a baixa taxa de sinal.

A inteligibilidade é medida por percentual de sílabas, palavras ou frases compreendidas a partir de uma quantidade padrão de vocábulos emitidos por um sistema de comunicação determinado.

INSTRUMENTAÇÃO

A medição de ruído pode ser feita através de diferentes sistemas eletro-eletrônicos.

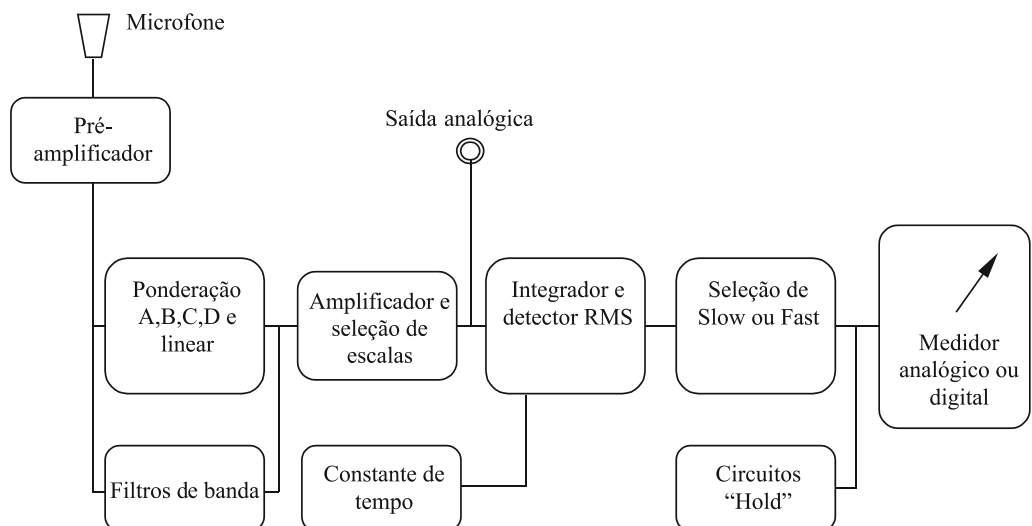


Figura 1 - Sistema básico de um medidor de ruído.

Na Figura 1, apresenta-se uma opção de configuração básica. Nela, está representado o medidor de nível de pressão sonora com filtro de frequência e ponderação no tempo, que é formado por: um microfone, um pré-amplificador, circuitos de ponderação, um amplificador de sinal, um filtro de banda de frequências, um integrador/detector de RMS e um indicador analógico ou digital. Ainda existe uma saída de sinal analógico, que pode ser utilizada num osciloscópio ou num sistema digital externo, para análises mais detalhadas.

Materiais e métodos do trabalho

ESCOLHA DAS ÁREAS DA ESCOLA

Procedeu-se à escolha das áreas, tomando como base o fato do estudo objetivar principalmente atingir os estudantes e trabalhadores de ensino. Realizou-se uma visita a todos os setores para proceder à atualização das plantas e visitou-se todos os ambientes que apresentam a presença de alunos.

ESCOLHA DOS EQUIPAMENTOS

Realizou-se as medições dos níveis sonoros com dois medidores: o primeiro trata-se de um decibelímetro marca QUEST, modelo 2900, precisão tipo 2. O equipamento segue as normas ANSI S1.4-1983, IEC 651-1979 e IEC 804-1985. O microfone QE 4146, modelo 2900 é um microfone de eletreto, com 1/2 polegada de diâmetro. O segundo equipamento utilizado trata-se de um Dosímetro de ruído marca QUEST, modelo Q 300, precisão tipo 2. O equipamento segue as normas ANSI S1.4-1983, ANSI S1.25 - 1991, IEC 651-1979, IEC 804-1985 e IEC 1252 - 1993. O microfone utilizado é de cerâmica, com 8mm de diâmetro e resposta linear até a frequência de 3kHz.

Realizou-se a calibração dos dois equipamentos com um calibrador QUEST, cujos parâmetros adotados pelo fabricante são 114 dB (NPS) em 1000 Hz. O calibrador marca QUEST, modelo QC-10 cumpre os requisitos, conforme as normas ANSI S1. 40-1984 e IEC 942-1988, tendo sido calibrado pelo INMETRO, conforme Certificado de Calibração expedido em 1999. O filtro marca QUEST, modelo OB-100, segue os requisitos determinados pelas normas ANSI S1. 11-1986, ordem 3, tipo 2, sub-tipo C, e IEC R225-1996. Utilizou-se bandas de 1/1 oitava, na faixa de frequência de 12,5 Hz a 20 kHz.

TÉCNICA DE MEDIÇÃO

Confeccionou-se a planta baixa da escola onde foram localizados os pontos de medição, utilizando-se uma legenda específica que identifique por cores os níveis de ruído equivalentes. Procurou-se medir todos os locais onde eram realizadas atividades com alunos, salas de aulas convencionais, laboratórios, oficinas e, inclusive, áreas administrativas, onde existem atendimentos aos alunos. Houve também a preocupação em realizar-se medições nos três turnos de funcionamento da escola, em diferentes dias da semana, para estabelecer-se uma relação. O período de medição se estendeu por dois meses. Os resultados foram submetidos à análise descritiva. As medições foram realizadas na escala dB_A, no modo lento.

Resultados dos questionários sobre conforto acústico ambiental

Na tabela 1, que segue, apresenta-se o resultado final dos questionários realizados com os alunos e servidores, nos diferentes turnos de trabalho e ambientes da escola. Os dados retratam a opinião referente tanto aos ambientes das salas de aula, laboratórios e oficinas, quanto das salas administrativas.

Observa-se que, entre os entrevistados, o ruído elevado está entre os elementos que mais perturbam a realização de quaisquer atividades. Esse ruído, segundo o questionário, tem sua

origem, na maioria dos casos, proveniente das conversas.

Tabela 1 - Resultados dos questionários realizados.

Como você avalia sua rotina diária durante um período?								
Número geral de avaliados (questionários)	Manhã	Tarde	Noite	Manhã e tarde	Tarde e noite	Manhã e noite	Outros	Total
		3,3	17,0	16,7	31,2	1,8	31,9	16,3
	20	43	41	20	9	21	12	207
Como você avalia o nível de ruído?								
Número geral de avaliados (questionários)	Muito bom	Adequado		Muito ruim	Outros	Total		
	23,17	44,0		24,29	8,54	100,0		
	294	34		309	28	1000		
O ambiente de estudos ou trabalho apresenta-se								
Número geral de avaliados (questionários)	Adequado	Outros	Inadequado	Apresenta	Total			
	14,08	24,01	13,34	24,19	100,0			
	49	20	12	41	122			
Como se relaciona o ambiente de estudo/trabalho								
Número geral de avaliados (questionários)	Ótimo	Bom	Muito bom	Muito ruim	Total			
	4,08	21,59	4,16	7,17	100,0			
	11	29	12	11	63			
Quanto à concentração e ambiente de estudo/trabalho								
Número geral de avaliados (questionários)	Ótimo	Bom	Muito bom	Muito ruim	Total			
	14,02	24,77	24,59	6,74	100,0			
	12	41	39	4	96			

A presença do ruído traz como consequência a ocorrência de um ambiente agitado, mas que, segundo os entrevistados, não prejudica tanto a comunicação nem o rendimento escolar. Essa opinião é perfeitamente previsível, pois, lembrando a bibliografia, sabe-se que os problemas auditivos são cumulativos e crescem gradativamente. Desta forma, o indivíduo atingido não percebe a deficiência e, conseqüentemente, ignora os problemas que a falta de audição pode estar lhe causando no desenvolvimento das atividades rotineiras.

Resultado dos níveis sonoros

Depois de realizada a análise descritiva dos valores medidos, obteve-se os resultados apresentados na tabela 2, que possui o objetivo de verificar a existência de uma variação significativa dos níveis sonoros entre os turnos.

Tabela 2 - Resultados dos Leq(s) e dos NPS máximo e mínimo.

Turno	n	x	M	s	NPSmáx	NPSmín
Manhã	57	73,6	73,0	4,2	104,1	40,4
Tarde	67	72,2	71,3	6,3	108,6	47,7
Noite	47	68,6	67,3	5,5	105,0	48,4
geral	171	71,7	71,0	5,1	108,6	40,4

Sendo:

x é a média em dB(A) dos Leq(s) (Nível Equivalente) da amostra,

M é a mediana em dB(A) dos Leq(s) da amostra,

s é o desvio padrão em relação aos valores dos Leq(s) da amostra,

NPSmáx é o valor máximo de Nível de Pressão Sonora em dB(A) da amostra,

NPSmín é o valor mínimo de Nível de Pressão Sonora em dB(A) da amostra,

n é o tamanho da amostra, o número total de medições realizadas.

Discussão dos resultados dos níveis sonoros

Observando-se os valores apontados na tabela 3, é possível concluir que o ruído na escola, de uma forma geral, apresentou-se, durante o período da pesquisa, acima dos valores

estipulados por norma. A ABNT estipula para salas de aula e laboratórios um valor confortável de 40 a 50 dB(A). Para as áreas de circulação, a mesma norma limita os valores de 45 a 55 dB(A) e para bibliotecas, estabelece uma faixa de 35 a 45 dB(A). Para comparar o nível geral da escola, utilizamos uma faixa que abrange os três níveis citados. Dessa forma, considerando a média do valor geral e o seu desvio padrão de 5,1 dB(A), teremos um valor mínimo de 66,6 dB(A) e um valor máximo de 76,8 dB(A), estando, portanto, 11,6 dB(A) e 21,8 dB(A), respectivamente, acima do valor máximo permitido pela norma.

Tabela 3 - Valores calculados e valores estipulados por normas nacionais e internacionais.

Turno	Leq dB(A)	ABNT dB(A)	WHO dB(A)
Salas e laboratórios	71,7	40 - 50	35
Circulação	67,3	45 - 55	55
Bibliotecas	65,5	35 - 45	35
Geral	71,7	35 - 55	-

Espectros de frequência

Realizou-se a medição das bandas de frequência de uma em cada três salas monitoradas. A seguir está representado o gráfico do espectro de frequências de uma sala de aula. Observa-se, no gráfico, que o maior nível de ruído encontra-se na frequência de 500 Hz, seguido da frequência de 1000 Hz. Atribui-se essas frequências à voz dos alunos, ou seja, aos ruídos referentes às conversas e diálogos existentes nas salas. Tais dados correspondem também ao resultado dos questionários realizados.

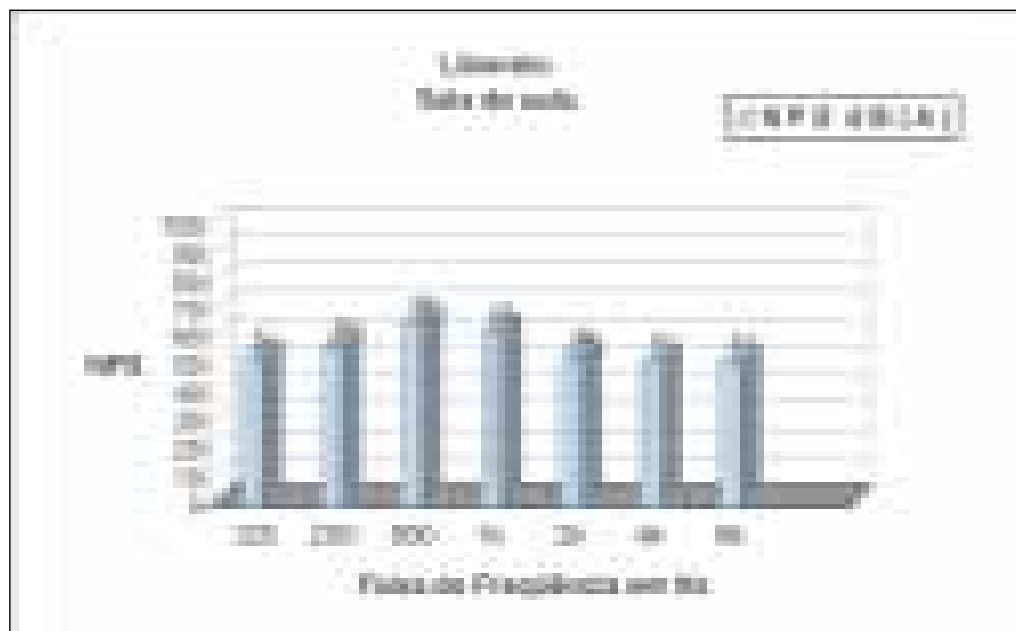


Figura 2 - Gráfico do espectro de frequências de uma sala de aula.

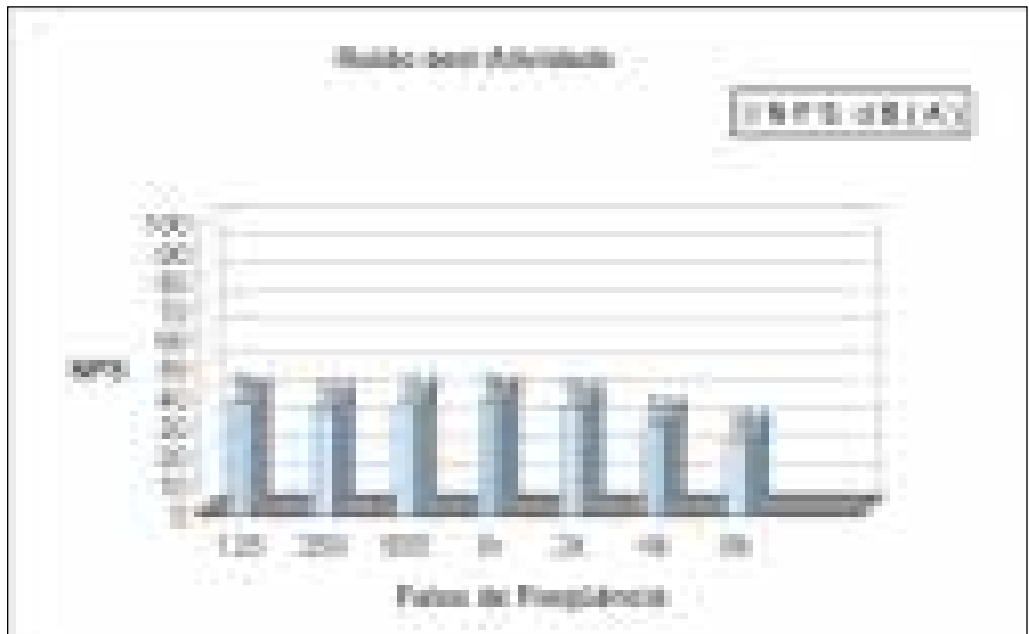


Figura 3 - Medição realizada num turno sem funcionamento da escola. Observa-se o baixo nível de ruído de fundo do ambiente.

Conclusões e considerações finais

As medições realizadas evidenciaram que o nível de ruído encontra-se acima do recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), principalmente em relação ao Leq. (35 a 45 dBA). Na tabela 4, estão resumidos os resultados da análise.

Observa-se a ocorrência de grandes valores do NPSmax, que são resultados de picos sonoros causados pela utilização ou queda de objetos, movimentação de móveis, manuseio de equipamentos ou pelo grito dos estudantes. De qualquer forma, os picos interrompem a atividade do professor e desconcentram o grupo de alunos.

No Curso Técnico de Mecânica, obteve-se o segundo maior Leq médio, pois é o setor que apresenta a maior quantidade de laboratórios com máquinas ruidosas. Dessa forma, mesmo aquelas salas que não possuem equipamentos sofrem influência das oficinas e laboratórios circunvizinhos, tornando todo o curso ruidoso. Os alunos e professores necessitam realizar maior esforço vocal, contribuindo também para o aumento do ruído.

Os ambientes que se apresentaram mais ruidosos foram o Bar e o Módulo Desportivo. No primeiro, tem-se a maior concentração de indivíduos por unidade de área, gerando muita conversa e movimentação das mesas e cadeiras. No entanto, esse ambiente não é o foco das preocupações, pois os estudantes permanecem por pouco tempo e a atividade não exige atenção. No segundo caso, a atividade desenvolvida, por si só, apresenta a voz e o apito, em alto volume, como fontes de ruído. Aliado a isso, tem-se as condições arquitetônicas contribuindo para amplificar o som e provocar grande tempo de reverberação.

Tabela 4 - Resumo dos níveis sonoros encontrados na Escola.

Fonte	Leq(s)	NPSmín	NPSmáx	Tipo Leq	Exatidão como Parâmetro	Principais fontes de Ruído
Bates convencionais e Caixa Registradora	68,9	101,9	92,5	Misto 72,0	20,00% 2º casa	Coverras e máis vidéias
Classe de Química	71,9	102,8	97,2	Misto 73,2	18,00% 3º casa	Coverras, Manipulação de máquinas, manipulação de instrumentos e movimentação de mobiliário
Classe de Matemática	70,7	103,1	98,4	Tudo 72,7		
Classe de Eletrotécnica	69,8	104,1	44,3	Misto 74,1		
Classe de Matemática e Física	79,2	105,0	96,8	Tudo 81,8		
Bates Altimétricas e de água	70,1	100,5	91,7	Misto 71,5	30% 1º casa	Coverras, máis vidéias e movimentação de mobiliário
Área Comum (Microfones e registas)	67,2	96,5	49,9	Misto 69,0	Não comparada	Não comparado
Bates Altimétricas Respiratórias	62,4	97,1	61,7	Misto 63,7	30% 1º casa	Coverras e movimentação de mobiliário

Sendo:

Leq é a média em dB(A) dos Leq(s) (Nível Equivalente) da amostra,

s é o desvio padrão em relação aos valores dos Leq(s) da amostra,

NPSmáx é o valor máximo de Nível de Pressão Sonora em dB(A) da amostra,

NPSmín é o valor mínimo de Nível de Pressão Sonora em dB(A) da amostra.

Os demais locais apresentaram-se, quanto ao nível do Leq, de forma semelhante (± 70 dBA), pois as características das fontes são análogas, ou seja, vozes dos alunos, movimentação de mobiliário e manipulação de objetos e instrumentos.

Considerando-se o exposto, pode-se dizer que uma mudança de atitude, por parte dos alunos, quanto ao comportamento em sala de aula, provocará grandes alterações nos níveis de ruído. Também um tratamento acústico dos ambientes produzirá um efeito benéfico considerável, pois em muitos casos o ruído é inerente ao processo, necessitando-se absorvê-lo. A revisão bibliográfica feita ratifica os dados e as causas encontradas. Assim, a diferença está no fato de que, fora do Brasil, a preocupação com o nível de ruído e com as suas conseqüências, na saúde dos estudantes e no rendimento escolar, tem provocado ações concretas para reverter o quadro.

Referências Bibliográficas

- ÁLVARES, A. S. A. & SOUZA, P. F. 1992. **A Poluição Sonora em Belo Horizonte**. Revista de Acústica e Vibrações, 10: 22-42.
- ABNT, 1966.NB-95. ABNT . Rio de Janeiro, Brasil. In: Souza, F. P., Carvalho, J. C., Siqueira, A. L., 1996. **Noise and the quality of sleep in two hospitals in the city of Belo Horizonte, Brazil**, Brazilian Journal of Medical and Biological Research, 29, pp 515-520.
- BERG, F. 1993. **Acoustics and sound systems in schools**. San Diego, CA: Singular Publishing Group.
- BRADLEY, J. S., AND PICARD, M., 1997. **Revisiting Speech Interference by Noise in Classrooms and Considering Some Possible Solutions**. 133rd ASA Meeting State College, PA.

- BUTLER, K. (1975, November). **Auditory Perceptual Skills: Their measurement and Remediation with Preschool and School-age children**. Paper apresentado na American Speech Language Hearing Association Convention. Washington, D. C.
- CANTRELL, R. W. 1974. **The Laryngoscope**. Suppl No. 1, 84.
- CRANDELL, C. 1991. **The effects of classroom amplification on children with normal hearing: Implications for intervention strategies**. Educational Audiology Monograph 2, 18-38.
- CRANDELL, C. & BESS, F. 1987. **Sound-field amplification in the classroom setting**. Paper presented at the American Speech-Language-Hearing Association Convention, New Orleans, LA.
- CRANDELL, C. & SMALDINO, J. 1992. **Sound field amplification in the classroom setting**. American Journal of Audiology, 1(4), 14-16.
- DAVIS, J. 1990. **Our Forgotten Children: Hard-of-hearing Pupils in the Schools** U.S. Department of Education, Washington, DC. (68 pages).
- EVANS, G. W. & LEPORE, S. J., 1993. **Nonauditory effects of noise on children: A critical review**. *Children's Environments*, pp. 31-51.
- EVANS, G. W. & MAXWELL, L., 1997. **Chronic noise exposure and reading deficits: The mediating effects of language acquisition**. *Environment and Behavior*. 29(5), pp. 638-656.
- FINITZO, T. 1981. Classroom acoustics. In R. Roeser & M. Downs (Eds.), **Auditory disorders in school children** (2nd ed.), (pp. 221-233). New York: Thieme-Stratton.
- FLEXER, C. 1992. **Classroom public address systems**. In M. Ross (Ed.), *FM auditory training systems: Characteristics, selection & use* (pp. 189-209). Timonium, MD: York Press.
- GLOAD, D., 1980. **Noise: hearing loss and psychological effects**, *British Medical Journal*, 281, pp. 1325 – 1327. In: Kam, P. C. A., Thompson, J. F., 1994. **Noise pollution in the anaesthetic and intensive care environment**, *Anaesthesia*, vol 49, pp 982 – 986.
- HERBERT, R. K., 1999. **Poor marks for Classroom Acoustics**. Artigo apresentado na Ostergaard Acoustical Associates. West Orange, N. J.
- JIANG, TAO., 1997. **Noise in Gymnasium of the school**. In: 133rd ASA/ NOISE CON-97 Meeting, State College, Pennsylvania.
- LEWIS, D. 1994. **Assistive devices for classroom listening**. *American Journal of Audiology*, 3(1), 58-69.
- LUBMAN, D., 1997. **America's Need for Standards and Guidelines to Ensure Satisfactory Classroom Acoustics**. In: 133rd Meeting of the ASA, State College, PA.
- MOLANDER B., BACKMAN, L., 1990. **Age differences in the effects of background noise on motor and memory performance in a precision sport**, *Exp Aging Res*, 16, pp. 55-60. In: Buemi. M., Allegra, A., Grasso, F., Mondio, G., 1995. **Noise pollution in an intensive care unit for nephrology and dialysis**, *Nephrology Dialysis Transplantation*, 10 pp. 2235-2239
- MORGAN, J.B. 1917. **The effect of sound distractions upon memory**. *American Journal of Psychology*, 28, 191-208. district. New York: American Carpet Institute.
- NBR 10151, **Avaliação de Ruído em áreas habitadas visando conforto da comunidade**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, dez. 87.
- NBR 10152, **Níveis de Ruído para conforto acústico**. ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, dez 87.
- NELSON, P. B., 1997. **Impact of hearing loss on children in typical school environments**. In: 133rd Meeting Lay Language Papers. Acoustical Society of América, Baltimore, MD 21201.
- NEPOMUCENO, L. A., 1994. **Elementos de Acústica Física e Psicoacústica**. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo.
- NEPOMUCENO, L.X., 1968. **Acústica Técnica**. Editora Técnico Gráfica Industrial Ltda., São Paulo.
- RABBIT, P. (1966). **Recognition: Memory for words correctly heard in noise**. *Psychonomic Sciences*, 6, 383-384.
- ROSENBERG, G. & Blake-Rahter, P. 1995. **Inservice training for the classroom teacher**.
- SANTOS, U., P., MATOS, M., P., MORATA, T., C., OKAMOTO, V., A., 1996. **Ruído – Riscos e**

Prevenção. Editora Hucitec, São Paulo.

SOLI, S., 1996. **Factors Affecting Children's Speech Communications in Classroom.** In: ASHRAE Winter Meeting Seminar.

VEIT, ANA LÚCIA H. 1999. **Avaliação dos Níveis Sonoros em Ambiente Hospitalar.** Dissertação de mestrado apresentada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, em março de 1999, Porto Alegre. Brasil. 202p.

WYON, D. P. 1970. **Performance and Behavior of School Children During Low Level but Intermittant Noise.** In: Conferência sobre Ruído ambiental, Estocolmo, 12 de março de 1970.