

X-009 – AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA EM ESTABELECIMENTOS EDUCACIONAIS DE GOIÂNIA, GOIÁS, BRASIL

Guilherme Matheus Coelho de Lemos⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG).

Ana Luiza Duarte de Abreu⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG).

Eriberto Oliveira do Nascimento⁽¹⁾

Graduação em Engenharia Mecânica pelo Instituto Federal de Goiás – Câmpus Goiânia; Mestrando em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná.

Lucas Nonato de Oliveira⁽¹⁾

Graduação em Física, Doutor em Física Aplicada à Medicina e Biologia; Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Goiânia.

Rosana Gonçalves Barros⁽¹⁾

Engenheira Agrônoma, Mestre e Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Goiás. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Goiânia.

Endereço⁽¹⁾: Rua 75, nº 46 – Centro – Goiânia – GO - CEP: 74055-110 – Brasil – Tel: (62) 3227-2700 e-mail: rosana.ifg@gmail.com

RESUMO

A poluição sonora é todo ruído estridente que pode causar danos à saúde humana ou animal. Embora não se acumule no meio ambiente, como outros tipos de poluição, ela vem ganhando cada vez mais espaço na sociedade atual, uma vez que a mesma representa um grande risco ambiental à saúde pública. O crescente aumento dos ruídos nas escolas é motivo de grande preocupação dos educadores, uma vez que podem prejudicar as relações sociais, a comunicação, o comportamento, o rendimento escolar, a saúde, entre outros. Desta forma, o presente trabalho tem como objetivo identificar os níveis de poluição sonora em dois estabelecimentos educacionais (público e privado) de Goiânia, Goiás e o Planejamento Fatorial de Experimentos (PFE) relacionando a interferência dos mesmos no processo de ensino aprendizagem. As medições do nível de pressão sonora em dB(A) foram realizadas em abril de 2017 com o auxílio de um medidor de nível de pressão sonora (decibelímetro). De acordo com os resultados verificou-se que os níveis de pressão sonora em todos os pontos amostrados ficaram acima do permitido pela NBR 10152, variando de 55 a 78 dB(A), já para os dados do PFE verificou-se que o maior efeito de interação avaliado em ambas as escolas foi o que correspondeu a ventilação (A) e série-ano (B). O estudo também revelou que as escolas avaliadas não atenderam as especificações das normas regulamentadoras, interferindo no processo ensino-aprendizagem e ainda comprometendo a qualidade de vida daqueles que ali trabalham.

PALAVRAS-CHAVE: Ruído, Escolas, Saúde Pública.

INTRODUÇÃO

A poluição sonora é uma modalidade de poluição que provoca qualquer alteração das propriedades físicas do meio ambiente causada por puro ou conjugação de sons, admissíveis ou não, que direta ou indiretamente seja nociva à saúde, segurança e ao bem-estar humano (SILVA, 1981). A poluição sonora, seja ambiental ou ocupacional, é uma forma de poluição bastante disseminada nas sociedades industrializadas e é causa de perdas auditivas em adultos e crianças. Acarreta também comprometimentos não auditivos que afetam a saúde física geral e emocional dos indivíduos (SANTOS, 1994).

Em níveis exagerados, a poluição sonora ocasiona efeitos imediatos que com o tempo vão se agravando, podendo provocar surdez, desequilíbrios psíquicos e doenças físicas degenerativas. Já em níveis moderados,

surgem estresses, distúrbios físicos, mentais e psicológicos, insônia e problemas auditivos. Vários sinais são despercebidos e de difícil reversão, devido à tolerância e a aparente adaptação (FARIA e MELLO, 2007).

Gewandsnajder (2012) afirma que os efeitos da poluição sonora dependem de vários fatores como a intensidade do som, do tempo de exposição e da sensibilidade da pessoa, podendo variar de zumbidos e perda passageira da audição até a redução da audição de maneira irreversível, ela também é considerada um fator estressante, favorecendo o aparecimento de outros problemas, como os cardíacos e distúrbios emocionais.

Em ambientes educacionais as pessoas podem estar sujeitas à poluição sonora e suas complicações sem perceberem o problema; sendo assim, o monitoramento ambiental de ambientes institucionais é justificado e possui a finalidade de diagnosticar os níveis de pressão sonora equivalente (LAeq) aos quais a população está exposta e estabelecer estratégias para correções nos casos em que forem diagnosticados níveis acima dos estabelecidos pelas normas em vigor, bem como planejar ações para evitar que esse problema ocorra novamente (COSTA, 2015).

O ruído de fundo nas salas de aula é proveniente de fontes internas como sistemas de ventilação, equipamentos na sala de aula, alunos em classe realizando atividade ou conversando; e de fontes externas como ruído nos corredores ou nos arredores da escola. Os níveis de ruídos dependem, entre outros fatores, das características acústicas da sala de aula e estas podem provocar maior ou menor reverberação do ruído neste ambiente de trabalho (HODGSON, 2004).

É importante mencionar que os problemas relacionados à qualidade do ambiente escolar não têm sido considerados ao se construir uma escola. Aspectos importantes como temperatura, circulação de ar e ambiente sonoro estão sendo relevados em detrimento de uma melhor localização, diminuição de custos entre outros. A falta de informação dos professores e alunos em relação ao tema evidencia uma realidade preocupante. Há necessidade de que os mesmos possam, pelo conhecimento, auxiliar na identificação, minimização e superação de interferências negativas que um ambiente acusticamente inadequado possa trazer para o processo de ensino-aprendizagem e à saúde dos professores e alunos (RIBEIRO et al., 2010).

Partindo de tal constatação e reconhecendo as limitações existentes, sentiu-se a necessidade de realizar um diagnóstico sobre as condições sonoras de estabelecimentos educacionais de Goiânia, GO, através de metodologias como as medições de níveis de pressão sonora equivalente (LAeq) e o Planejamento Fatorial de Experimento (PFE) visando uma melhoria nas condições de aprendizagem dos alunos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em Goiânia-Go, em ambientes internos de duas unidades educacionais, sendo uma particular e outra pública. Para realizar as medições foram utilizados um medidor de nível sonoro, modelo DEC-490 (INSTRUTHERM, SP, Brasil) e para calibração do mesmo, um calibrador acústico, modelo SC-05 (CEM, Estados Unidos) (Figura, 1). Ambos equipamentos possuem certificado de calibração em acordo com a norma NBR/ISO/IEC 17025:2005.

O medidor de nível sonoro está em conformidade com a norma IEC 61672:2003, da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC). No Brasil, a NBR 10151 recomenda a utilização da ponderação A em conformidade com a norma internacional IEC 60651:1979 e IEC 60804:1985, porém, a norma IEC 61672:2003 substitui as normas anteriores, devido a essas atualizações, a própria norma NBR 10151 está sendo revisada. O medidor de nível sonoro utilizado se enquadra na classe 2 e possui precisão de $\pm 1,4$ dB e opera na escala de frequência de 31,5 até 8000 Hz, com ponderações A e C. O calibrador está em conformidade com a norma IEC 60942:1988 e opera com saída de 94 e 114 dB na frequência de 1000 Hz e possui precisão de $\pm 0,5$ dB.



Figura 1: Equipamentos utilizados nas medições do NPS: calibrador acústico (esquerda) e medidor de nível sonoro (direita).

Durante as medições tentou-se interferir o mínimo possível nas atividades administrativas, escolares e acadêmicas. O medidor de nível sonoro foi configurado em modo de resposta fast, programado para um registro a cada 5s e as medições foram realizadas durante o período de três minutos. O medidor de nível sonoro foi calibrado utilizando o calibrador acústico antes e após o conjunto de medições, conforme especifica a norma NBR 10151. O equipamento foi acondicionado em um tripé próprio para essa finalidade e posicionado a 1,20 m do solo, foi respeitado o limite mínimo de 1,00 m das paredes e as leituras ocorreram em três pontos distintos do ambiente, com distância de mínima de 0,50 m entre eles, ou seja, todas as medições foram realizadas em acordo com a norma NBR 10151 conforme é mostrado na Figura 2.



Figura 2: Adequação do aparelho às normas.

As medições foram realizadas nos dias 17 e 18 de abril de 2017 nas duas unidades escolares (pública e particular). Em todos os pontos monitorados foram realizadas medições em triplicata com diferentes condições: confinamento (portas abertas e fechadas); série (5° e 9°ano); e ventilação (sistemas de ar-condicionado ou ventilador ligado e desligado).

Neste trabalho foi aplicado o PFE, do tipo 2k, que consiste em uma metodologia para determinar as relações de significância entre as variáveis de um processo. Sua abordagem principal é caracterizada por estimar um

modelo empírico-matemático que descreva um sistema ao incluir e ponderar os efeitos de interação de um número “k” de fatores que são as variáveis controláveis que compõem o sistema. Com a finalidade de analisar e quantificar os efeitos de significância das variáveis, foi avaliado todas as combinações possíveis entre as mesmas, inclusive seus níveis. Estes níveis são associados e codificados em parâmetros, tais como mínimo (-1) e máximo (+1) para um dado fator ou variável. Objetivando-se estimar um modelo matemático com o intuito de determinar a significância do aumento do nível de pressão sonora em função de três fatores controláveis, utilizou-se k=3, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Níveis codificados para os fatores.

Nível	Fatores naturais		
	Ventilação	Série-ano	Confinamento
Valor mínimo	Desligada	5°	Aberto
Valor máximo	Ligada	9°	Fechado
Fatores codificados			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Valor mínimo	-1	-1	-1
Valor máximo	+1	+1	+1

Após os dados obtidos serem tratados, calculou-se o nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) de cada ponto, utilizando a equação 1, e em seguida a média dos mesmos, sendo a média a resposta de medida apresentada em nível de pressão sonora equivalente em dB(A), na opção “A” que simula a curva de resposta do ouvido humano, para cada condição. Aplicando-se as condições gerais exigidas pela NBR 10.151 de dezembro de 1987.

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \quad (1)$$

em que, L_i é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido durante o tempo de medição do ruído, n é o número total de leituras.

Os valores L_{Aeq} , calculados conforme a Eq. 1, foram dispostos numa tabela, criada num editor de texto, cuja a extensão do arquivo de saída foi .txt, para o futuro uso do código fonte proposto, desenvolvido no software MatLab®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os níveis definidos (Tabela 1) foi possível gerar a matriz contraste, que é a representação das combinações para os ensaios experimentais em termos das variáveis codificadas. Esta abrangeu todas as combinações possíveis (Tabela 2).

Tabela 2: Matriz contraste para o planejamento 2k.

Ensaio	Efeitos principais				Efeitos de interação				Pública	Particular
	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>AB</i>	<i>AC</i>	<i>BC</i>	<i>ABC</i>	L_{Aeq} dB(A)	L_{Aeq} dB(A)
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	59,29	55,45
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	71,25	59,44
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	69,84	69,91
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	73,94	72,23
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	65,06	58,34
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	72,41	65,78
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	68,94	76,06
8	1	1	1	1	1	1	1	1	73,83	78,69

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2 foi possível comparar o máximo estabelecido pela Norma Brasileira (NBR 10152), que determina o valor de 40-50 dB(A) para escolas, podendo ser modificado de acordo com a condição aplicada (nível de critério de avaliação). Verifica-se na Tabela 2 que os níveis de ruído nas salas de aula em ambas escolas apresentaram LAeq acima das normas regulamentares, variando entre 55 a 78 dB(A).

Para as variáveis estabelecidas, realizou-se o PFE dos resultados por meio da regressão linear, avaliando a resposta do modelo por ponderar a correlação entre as variáveis de resposta experimentais com as respectivas saídas, apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Coeficientes de significância do modelo de regressão.

Efeito correspondente	Escola	
	Pública	Particular
-	69,32	66,86
A	3,54	2,17
B	2,32	7,11
C	0,74	2,85
AB	-1,29	-0,69
AC	-0,48	0,34
BC	-0,99	0,55
ABC	0,67	-0,52

Partindo dos dados apresentados na Tabela 3, obteve-se a significância das variáveis para ambas as escolas, apresentados na Figura 3 e 4.

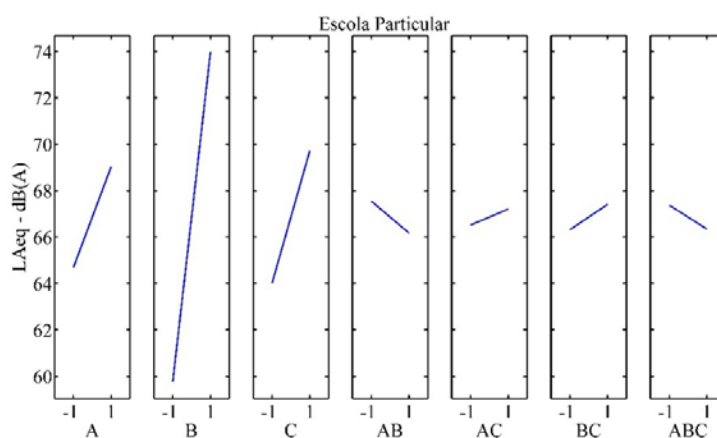


Figura 3: Significâncias para as variáveis da escola particular.

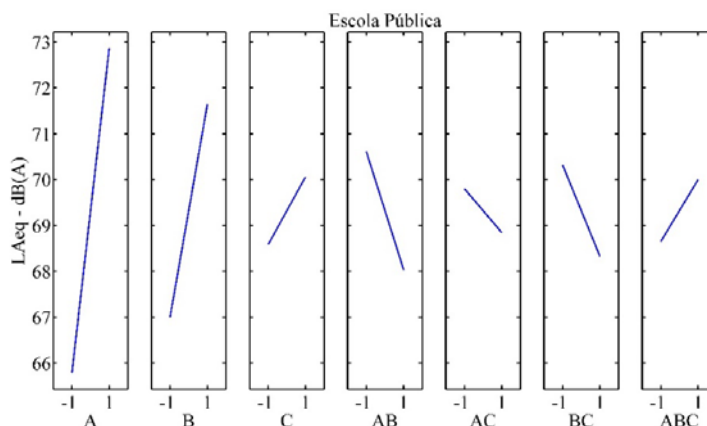


Figura 4: Significâncias para as variáveis da escola pública.

Ao analisarmos a Figura 3, verificou-se que a variável de maior significância para a escola particular foi a variável “B” (série-ano), elevando o nível de pressão sonora conforme o aumento da série. Já na escola pública (Figura 4), a variável de maior significância foi a variável “A” (ventilação), aumentando o nível de pressão sonora quando o sistema de ventilação estava ligado e diminuindo quando o mesmo estava desligado.

Avaliando os efeitos de interação, o que apresentou maior significância em ambas escolas foi o “AB”, variável ventilação (A) combinada com a variável série-ano (B).

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

Os níveis de pressão sonora medidos em ambos estabelecimentos educacionais estão acima dos valores estabelecidos pela NBR 10152, variando de 55 a 78 dB(A).

De forma geral, todas as salas de aula apresentaram LAeq acima do recomendado tendo, em alguns casos valores de NPS que classificam o risco de perda auditiva como moderadamente severo com valores que chegam a 78 dB(A).

Para os dados do Planejamento Fatorial de Experimentos (PFE) verificou-se que o maior efeito de interação avaliado em ambas as escolas (pública e privada) foi o “AB”, variável ventilação (A) combinada com a variável série-ano (B).

O estudo revelou que as escolas avaliadas não atenderam as especificações das normas regulamentadoras, interferindo no processo ensino-aprendizagem e ainda comprometendo a qualidade de vida daqueles que ali trabalham.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.152: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.
2. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 1, de 23 de janeiro de 1986, “Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental”.
3. COSTA, J. J. L. Monitoramento Ambiental dos Níveis de Pressão Sonora no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Campus Goiânia. Goiânia, 2015. 121 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Sustentáveis) - Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Tecnologia de Processos Sustentáveis, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.



4. FARIA, M. C.; MELLO, J. M. Poluição sonora: um inimigo sorrateiro. 2007. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/249-4.pdf>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.
5. GEWANDSZNAJDER, F. Ciências Nosso Corpo 8º ano. São Paulo: Ática, 2012.
6. HODGSON, M. Experimental investigation of the acoustical characteristics of university classrooms. J Am Soc Acoust 2004; (66):1810-9. ¹¹_{SEP}
7. RIBEIRO et al. A percepção dos professores de uma escola particular de Viçosa sobre o ruído nas salas de aula. Rev. Equilíbrio Corporal e Saúde, 2010; 2 (1): 27-45.
8. SANTOS, U. P. Exposição a ruído: avaliação de riscos, danos à saúde e prevenção. In: SANTOS, U. P. et al., OKAMOTO, V. A, MATOS, M. P, MORATA, T. C. Ruído riscos e prevenção. São Paulo: Hucitec, 1994. 3-5 p.
9. SILVA, J. A. Direito Urbanístico Brasileiro, São Paulo: Revista dos Tribunais, 1981. Disponível em: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/meio-ambiente-poluicao-sonora/poluicao-sonora-11.php>> Acesso: 04 jan. 2012.