

## **Resposta de alunos e professores frente ao ruído ambiental em salas de aula da rede pública do Paraná**

**Daniele Petri Zanardo Zwirtes**

Mestre em Construção Civil, UFPR, Brasil  
dzwirtes@yahoo.com.br

**Eriberto Oliveira do Nascimento**

Doutorando em Engenharia Mecânica, Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico, UFPR, Brasil.  
eriberto.on@gmail.com

**Paulo Henrique Trombetta Zannin**

Professor Titular Dr. -Ing., Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico, UFPR, Brasil  
paulo.zannin@gmail.com

## RESUMO

A educação mais formal ocorre nas salas de aula, onde a aprendizagem envolve comunicação verbal intensiva entre professores e alunos. Portanto, é fundamental que as salas de aula ofereçam as condições necessárias para o desenvolvimento satisfatório das atividades de ensino e aprendizagem, especialmente a comunicação professor-aluno. É neste contexto que se destaca a importância da acústica da sala de aula. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade acústica do ambiente escolar, valendo-se para tanto de uma abordagem analítica, onde a percepção de professores e alunos, em relação ao ruído dentro e fora das salas de aula foi investigada através da aplicação de questionários. Em seguida, avaliou-se in situ os níveis de ruído de fundo e dos valores de tempo de reverberação dentro das salas de aula, e confrontou-se estes resultados com a avaliação da percepção subjetiva dos questionários. Os níveis de ruído de fundo mensurados nas salas de aula estavam acima do que recomenda a NBR 10152. A avaliação subjetiva permitiu comprovar que tanto os alunos quanto os professores percebem os ruídos presentes nas salas de aula e os consideram incômodos. Segundo os professores o ruído é um fator que afeta negativamente o ensino e o aprendizado. Conclui-se que, os resultados obtidos neste trabalho mostram a falta de conforto acústico em salas de aula e evidenciam a necessidade de intervenções.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acústica de salas. Tempo de Reverberação. Qualidade acústica. Questionários.

## 1 INTRODUÇÃO

A educação é tão essencial nas sociedades de hoje como era no passado. A educação mais formal ocorre nas salas de aula, onde a aprendizagem envolve comunicação verbal intensiva entre professores e alunos (Lubman e Sutherland, 2001). Porém, diversas das técnicas de transmissão de conhecimento auxiliadas por recursos multimídia, cada vez mais comuns, nada substitui a relação professor-aluno que se desenvolve basicamente em sala de aula. Portanto, é fundamental que as salas de aula ofereçam as condições necessárias para o desenvolvimento satisfatório das atividades de ensino e aprendizagem, especialmente a comunicação professor-aluno. É neste contexto que se destaca a importância da acústica da sala de aula (Zannin et al., 2012).

Hagen et al. (2002), afirmam que: “Altos níveis de ruído na sala de aula fazem com que os estudantes fiquem mais facilmente cansados, interferindo de maneira prejudicial no seu desempenho acadêmico”. Salas de aula com boa acústica auxiliam no aprendizado, tornando-o mais eficiente e prazeroso (Lubman e Sutherland, 2001). Maxwell e Evans (2000) mostraram que a exposição de crianças pré-escolares ao ruído está ligada às dificuldades de aprendizagem da leitura e da escrita.

Tabuenca, Boerner e Kalz (2021), examinando os efeitos do ruído crônico do tráfego aéreo, ferroviário e rodoviário no desempenho cognitivo de crianças em idade escolar, observou as seguintes reações das crianças expostas ao ruído ambiental: 1) déficits na atenção sustentada e na atenção visual; 2) dificuldade de concentração para crianças expostas ao ruído em comparação com crianças de escolas mais silenciosas, de acordo com o relato dos professores; 3) pior discriminação auditiva e percepção de fala; 4) comprometimento da memória para tarefas que requerem alta demanda de processamento; 5) pior habilidade de leitura e desempenho escolar em testes padronizados nacionais.

Clark e Paunovic (2021) mostraram que a exposição de crianças pré-escolares ao ruído está associada a dificuldades para aprender a ler e escrever. Para Zannin et al. (2019) e Paiva, Cardoso e Zannin (2019) mostraram que a condição ambiental urbanística influencia toda a saúde da população. Tabuenca, Boerner e Kalz (2021) examinaram os efeitos do ruído crônico do tráfego aéreo, ferroviário e rodoviário sobre o desempenho cognitivo de crianças em idade escolar.

Minichilli et al. (2018) considera necessário as seguintes etapas na avaliação e controle do ruído em escolas: (i) identificação das fontes sonoras externas e internas e o nível de seus níveis de pressão sonora; (ii) modelo construtivo; (iii) implantação da escola (localização e orientação); (iv) distribuição dos espaços internos e setorização das atividades; (v) definição dos elementos construtivos básicos um bom isolamento sonoro: janelas, portas, paredes e pisos e (vi) tratamento acústico específico para áreas especiais.

A qualidade de um ambiente escolar depende de diversas variáveis. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade acústica do ambiente escolar, valendo-se para tanto de uma abordagem analítica, onde a percepção de professores e alunos, em relação ao ruído dentro e fora das salas de aula foi investigada através da aplicação de questionários. Em seguida, avaliou-se *in situ* os níveis de ruído de fundo e dos valores de tempo de reverberação dentro das salas de aula, e confrontou-se estes resultados com a avaliação da percepção subjetiva dos questionários.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Medição do Tempo de Reverberação e ruído de fundo

A Figura 1 mostra os dois padrões de salas que foram avaliados em duas escolas diferentes, as escolas Alfredo Parodi e Luiza Ross. As medições do Tempo de Reverberação (TR) ocorreram conforme especificações da norma ISO 3382-2 (2008).

Figura 1: Fachada dos blocos de salas de aula das escolas Luiza Ross (esquerda) e Alfredo Parodi (direita)



Fonte: AUTOR, 2021

Em cada sala de aula foram realizadas medições em cinco pontos distintos, conforme mostra a Figura 2. Para cada ponto foram feitas três leituras e, em seguida, o medidor Brüel & Kjaer (BK) 2260 calculou o TR médio de cada ponto. Posteriormente, os resultados das medições foram transferidos para o software Qualifier (7830 – B&K) que calculou o valor médio do tempo de reverberação para cada sala de aula.

**Figura 2: Equipamento de medição e sala de aula**



Fonte: AUTOR, 2021

Os níveis de pressão sonora do ruído de fundo foram obtidos com medições efetuadas com o analisador BK 2260, no interior das salas de aula e, também, no entorno das escolas. Em ambos os casos, as medições seguiram as recomendações da NBR 10152 (2017) que regulamenta as avaliações do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade.

## **2.2 Avaliação Subjetiva**

Para a avaliação da percepção de professores e alunos frente ao ruído em escolas foram elaborados questionários direcionados a cada grupo. As perguntas foram desenvolvidas baseadas em diversas pesquisas relativas à percepção de alunos e professores quanto ao conforto acústico em sala de aula. Os questionários utilizados foram desenvolvidos a partir de outros trabalhos semelhantes conduzidos por Dockrell et al. (2001). Os questionários foram aplicados a (n = 71) professores e (n = 1035) alunos da rede estadual de ensino na cidade de Curitiba e Pinhais. Entrevistaram-se alunos de quinta a oitava série, com idades entre 9 e 18 anos.

A aplicação dos questionários aos alunos foi realizada nas próprias salas de aula. As questões foram lidas uma a uma pelo pesquisador. Quanto aos professores, apresentou-se o objetivo da pesquisa e o funcionamento dos questionários, entregues e preenchidos individualmente sem auxílio do pesquisador. Os professores que ministram aulas para as turmas selecionadas nesta pesquisa responderam a um questionário diferente. As respostas eram dadas na forma de escores variando de 0 a 3.

### **2.3.1 Avaliação estatística dos questionários**

A análise estatística das respostas dos questionários foi realizada em duas estratégias. A primeira abordou a análise descritiva com uso de tabelas de contingência, mostrando as frequências das respostas dos indivíduos em função de duas variáveis qualitativas. Essa tabela foi o primeiro instrumento descritivo para o levantamento de duas hipóteses, cuja formulação geral é dada por:

- a) hipótese H0: não há associação entre os dois fatores;
- b) hipótese H1: há associação entre os dois fatores.

Na segunda estratégia utilizaram-se testes estatísticos de hipóteses que verificaram a significância da associação entre diferentes fatores. O software R, desenvolvido por R Development Core Team (2021) foi utilizado para o cálculo dos testes de associação. As hipóteses levantadas durante a primeira estratégia de análises foram verificadas pelas estatísticas Q e Qp cuja distribuição de probabilidade aproximada é o qui-quadrado. Segundo

Shan e Gerstenberger (2017) essas estatísticas são adequadas para medir e testar associação entre dois fatores qualitativos. As decisões sobre as hipóteses foram tomadas com o nível de confiança fixado em 95%.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Qualidade acústica

Os níveis de pressão sonora medidos estão acima do recomendado pela NBR 10152 (2017) conforme mostra a Tabela 1. A NBR 10152 (1987), estabelece 40 dB(A) como o nível sonoro para conforto em salas de aula, sendo 50 dB(A) o valor aceitável para a função do ambiente.

Tabela 1: Ruído de fundo mensurados nas salas

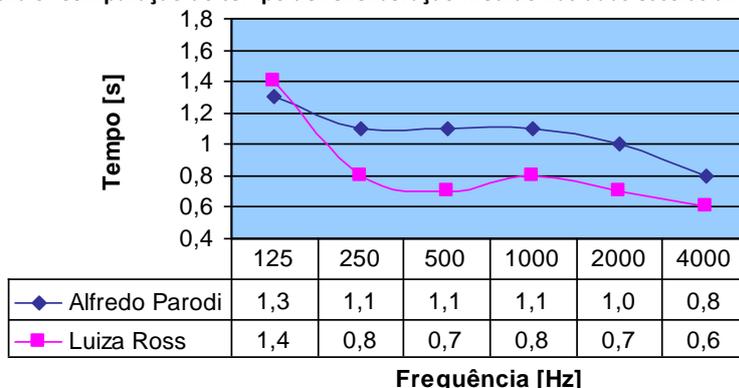
Escola	Leq – dB(A)	L <sub>max</sub> – dB(A)	L <sub>min</sub> – dB(A)
Alfredo Parodi	59,4	76,1	46,4
Luiza Ross	63,2	76,0	51,9

Fonte: AUTOR, 2021

As medições nas salas vazias foram realizadas com as janelas abertas e portas fechadas. Essa é a condição habitual de uso nas duas escolas. Os níveis de pressão sonora medidos estão acima do recomendado pela NBR 10152 (1987). Em ambientes escolares, níveis elevados de ruído são prejudiciais ao aprendizado. Quanto mais alto o nível de ruído de fundo em uma sala, pior a capacidade de leitura apresentada pelos estudantes. Reduções nos níveis de 35 e 45 dB(A) para 30 dB(A), têm como consequência aumento da concentração e atenção, além de contribuir para um comportamento participativo em aula (COSTA et al., 2018).

Na escola Alfredo Parodi o TR medido em sala vazia é superior ao recomendado na norma americana e pela WHO (2001). Mesmo com ocupação total, a sala de aula avaliada não alcançou o tempo de reverberação especificado pela ANSI S12.60 (2010). Comparando-se à recomendação da WHO (2001), apenas nas frequências de 2000 e 4000 Hz o TR corresponde ao valor determinado como aceitável. Em ambientes escolares, níveis elevados de ruído são prejudiciais ao aprendizado. Os valores do TR medidos são mostrados conforme a Figura 3.

Figura 3: Comparação do tempo de reverberação medido nas duas escolas avaliadas



Fonte: AUTOR, 2021

Os tempos de reverberação medidos nas duas escolas demonstram ausência de conforto acústico em sala de aula. A deficiência desses ambientes prejudica a comunicação entre alunos e professores, pois tempos de reverberação elevados diminuem a inteligibilidade da fala (LABIA, SHTREPI, ASTOLFI, 2020). Ambas as salas possuem volume inferior a 283 m<sup>3</sup>.

Portanto, o tempo de reverberação adequado nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz é de 0,6 s. Os valores apresentados indicam a inadequação das salas de aula desse padrão, onde os tempos de reverberação medidos são superiores ao estabelecido pela ANSI S12.60 (2010).

### 3.2 Questionários submetidos aos alunos

Dos 1035 alunos entrevistados, 61% afirmam ouvir bem a voz do professor, 38% afirmam ouvir mais ou menos e apenas 1% não o ouvem bem. Tendo em vista o baixo percentual de alunos que afirmam não ouvir bem o professor, agrupou-se, então, aos alunos que afirmam ouvir mais ou menos. O resultado dessa questão foi então cruzado com o resultado da questão que verificava se os alunos consideravam as suas salas silenciosas ou barulhentas. Constatou-se que, apesar de ouvir bem ou não a voz do professor, o percentual dos alunos que consideram a sala barulhenta é muito alto, em ambos os grupos. Através do teste qui-quadrado ( $Q_p = 5,809$ ,  $p\text{-valor} = 0,016$ ), constata-se que este percentual é significativamente maior dentre os que afirmam não ouvir bem o professor. A Tabela 2 apresenta o cruzamento entre a questão que verifica se os alunos ouvem bem ou mal com a posição em que geralmente se sentam em sala de aula.

Tabela 2: Cruzamento entre questões: posição em que o aluno senta x como ouve o professor

Posição do aluno sentado na sala	Ouve bem?	
	Sim	Não
Na frente	218 (35%)	119 (29%)
No meio	197 (31%)	129 (32%)
No fundo	216 (34%)	156 (39%)
<b>% em 1035 alunos</b>	<b>631</b>	<b>404</b>

Fonte: AUTOR, 2021

A Tabela 2 permite observar que os alunos que ouvem bem o professor distribuem-se homogeneamente pela sala de aula. Isso é verificado entre os aqueles que responderam não o ouvir bem. Esse dado permite constatar que as salas de aula analisadas não possuem pontos críticos para a compreensão da fala. O teste estatístico qui-quadrado ( $Q_p = 3,318$ ;  $p\text{-valor} = 0,190$ ) confirma a análise acima, indicando que não há associação entre a posição em que o aluno senta e a condição de audição.

Dos ruídos presentes em sala de aula, a voz dos colegas foi apontada como o ruído que gera o maior incômodo para 75% dos entrevistados. Esse fato está relacionado à reverberação na sala. Os resultados das medições de TR nos padrões construtivos indicaram as salas de aula em desacordo com o que recomendam as normas, confirmando, assim, o resultado da avaliação subjetiva, conforme demonstrado previamente na seção 3.1.

Os resultados para a questão que investigou a procedência dos ruídos mais incômodos indicaram que os alunos não se sentem incomodados pelos ruídos externos, resultado confirmado pelas medições no entorno das escolas, que variaram de 51,8 a 68,4 dB(A), conforme a Tabela 1. O ruído externo, apontado por 96% dos estudantes entrevistados, que mais perturba em sala de aula origina-se do trem. Esse veículo passa muito perto do muro de divisa da parte de trás da escola. O Leq medido durante sua passagem foi 71,8 dB(A).

### 3.3 Questionários submetidos aos professores

Os questionários entregues aos professores eram compostos de seis perguntas fechadas, onde as respostas eram dadas na forma de escores variando de 0 a 3. Onde 0 significava “nada”, 1 “pouco”, 2 “médio” e 3 “muito”. A idade média dos professores, de acordo com a análise descritiva, é de 36,9 anos e 70% são mulheres. A análise mostrou que dos respondentes, 21% já precisaram se afastar por problemas de saúde relacionados ao ruído.

A primeira pergunta feita aos professores diz respeito aos ruídos produzidos na escola que mais perturbam em sala de aula. A Tabela 3 apresenta o resultado para essa questão. Verificou-se que os alunos das salas vizinhas são a principal fonte de ruído externo interferindo nas atividades em sala de aula. O segundo tipo de ruído mais expressivo apontado pelos professores é proveniente de conversas no pátio das escolas.

**Tabela 3: Percepção das fontes de ruído por parte dos alunos**

Posição do aluno sentado na sala	0	1	2	3	Total	Escore médio
Produzido por alunos de outra sala	4	22	27	18	71	1,8
Voz do professor da sala vizinha	27	34	8	2	71	0,8
Conversas no corredor	21	29	13	8	71	1,1
Conversas no pátio da escola	20	18	13	20	71	1,5
Ruído da movimentação de pessoas no corredor	20	33	10	8	71	1,1
Aparelhos de som, tv utilizados em salas vizinhas	46	17	8	0	71	0,5

Fonte: AUTOR, 2021

A resposta dos professores para essa questão confirma as respostas dos alunos quando questionados sobre questão semelhante. O escore de 1,8 obtido para essa opção indica que o ruído proveniente dos alunos das salas vizinha tem uma influência moderada sobre as salas de aula. Os escores por padrão construtivo para o ruído produzido pelos alunos das salas vizinhas, sendo esse o mais significativo, segundo a Tabela 3. O resultado sugere que esse tipo de ruído é mais percebido pelos professores nas escolas do padrão 010 e 022. Contudo o teste qui-quadrado ( $Q_s = 4,167$ ;  $p\text{-valor} = 0,654$ ) mostrou não haver associação entre o padrão construtivo e essa opção.

O teste qui-quadrado ( $Q_s = 2,649$ ;  $p\text{-valor} = 0,266$ ) indica que não há associação entre o padrão construtivo e a influência do ruído sobre o aprendizado. Isso significa que independentemente do padrão construtivo 51% dos professores consideram que o ruído influencia muito no rendimento escolar. Os valores do ruído de fundo 73,7 dB(A) e 74 dB(A), indicam que os professores devem elevar o tom de voz para garantir a compreensão do conteúdo das aulas, o que prejudica a qualidade vocal.

#### 4 CONCLUSÕES

A análise da qualidade acústica das salas baseou-se em medições dos parâmetros acústicos, como ruído de fundo, tempo de reverberação. Os questionários possibilitaram conhecer a percepção de alunos e professores quanto aos ruídos existentes nas escolas. Os níveis de ruído de fundo encontrados nas salas de aula estavam acima do que recomenda a NBR 10152. A inadequação dos níveis de ruído nesses ambientes, em grande parte, está relacionada ao isolamento acústico, tanto de fachada quanto de paredes divisórias. Os resultados obtidos foram valores muito inferiores ao determinado na norma americana ANSI S12.60. A avaliação subjetiva permitiu comprovar que tanto os alunos quanto os professores percebem os ruídos presentes nas salas de aula e os consideram incômodos. Segundo os professores o ruído é um fator que afeta negativamente o ensino e o aprendizado.

Os resultados obtidos neste trabalho mostram a falta de conforto acústico em salas de aula e evidenciam a necessidade de intervenções. Tal renovação não diz respeito apenas às escolas avaliadas na presente pesquisa, mas a todas as outras construídas segundo os padrões

abordados. Deve-se lembrar que, os erros ou deficiências acústicas presentes em uma escola, provavelmente, se propagarão a todas as outras, prejudicando a aprendizagem de centenas de estudantes em todo estado. O conforto acústico não é o único, nem o mais importante fator indispensável na formação acadêmica de crianças e adolescentes. Todavia, assim como os demais fatores relacionados à educação, é um dos pilares que sustenta esse processo e, portanto, não deve ser negligenciado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE (ANSI). **ANSI/ASA S12.60- 2010/PART 1**: Acoustical Performance criteria, Design Requirements, and guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools. Acoustic Society of America, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10152**: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

CLARK, C.; PAUNOVIC, K. WHO environmental noise guidelines for the european region: A systematic review on environmental noise and cognition. **International journal of environmental research and public health**, v. 15, n. 2, p. 285, 2018.

COSTA, J. J. L et al. Pressure sound level measurements at an educational environment in Goiânia, Goiás, Brazil. In: **Journal of Physics: Conference Series**. IOP Publishing, 2018. p. 012055.

DOCKRELL, J. et al. Children's perceptions of noise in schools. In: **Proceedings of International Congress on Acoustics**. 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 3382-2**: Acoustics -- Measurement of room acoustic parameters -- Part 2: Reverberation time in ordinary rooms, Switzerland, 2008.

LABIA, Laura; SHTREPI, Louena; ASTOLFI, Arianna. Improved room acoustics quality in meeting rooms: investigation on the optimal configurations of sound-absorptive and sound-diffusive panels. In: **Acoustics. Multidisciplinary Digital Publishing Institute**, 2020. p. 451-473.

MINICHILLI, Fabrizio et al. Annoyance judgment and measurements of environmental noise: A focus on Italian secondary schools. **International journal of environmental research and public health**, v. 15, n. 2, p. 208, 2018.

PAIVA, Karina Mary; CARDOSO, Maria Regina Alves; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. Exposure to road traffic noise: Annoyance, perception and associated factors among Brazil's adult population. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 978-986, 2019.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. 2021.

SHAN, G; GERSTENBERGER, S. Fisher's exact approach for post hoc analysis of a chi-squared test. **PLoS one**, v. 12, n. 12, p. e0188709, 2017.

TABUENCA, B.; BOERNER, D; KALZ, M. Effects of an ambient learning display on noise levels and perceived learning performance in a secondary school. **IEEE Transactions on Learning Technologies**, 2021.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Noise in schools**. Geneva, 2001.

ZANNIN, PHT, Do Valle, Do Nascimento, E. O., Assessment of Noise Pollution along Two Main Avenues in Curitiba, Brazil. **Open Journal of Acoustics**, v. 9, n. 02, p. 26, 2019.