

## Monitoramento acústico em salas de aula e laboratórios de informática

Acoustic monitoring in classrooms and computer laboratories

Seguimiento acústico en aulas y laboratorios de computadora

Recebido: 28/10/2021 | Revisado: 07/11/2021 | Aceito: 11/11/2021 | Publicado: 21/11/2021

**Grasielle Cristina dos Santos Lembi Gorla**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9780-7454>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, Brasil

E-mail: [grasielle.gorla@ifpr.edu.br](mailto:grasielle.gorla@ifpr.edu.br)

**Joyce Ronquim Wedekind**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3947-1371>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, Brasil

E-mail: [joyce.ronquim@ifpr.edu.br](mailto:joyce.ronquim@ifpr.edu.br)

**Gustavo Silva Veloso de Menezes**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4531-413X>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, Brasil

E-mail: [gustavoveloso724@gmail.com](mailto:gustavoveloso724@gmail.com)

**Otávio Akira Sakai**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3502-5107>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná, Brasil

E-mail: [otavio.sakai@ifpr.edu.br](mailto:otavio.sakai@ifpr.edu.br)

### Resumo

Apesar do ruído estar presente na maioria das atividades cotidianas, sua exposição traz malefícios de diversas esferas ao ser humano. Em um ambiente escolar, sua atuação representa um opositor invisível às condutas de ensino/aprendizagem, já que compete com a atenção que o aluno deveria dedicar apenas à explanação do professor. Deste modo, o discente fica submetido a dois estímulos diferentes: o principal, caracterizado pela fala do docente e que necessita de uma boa condição de inteligibilidade para ser o foco da sua atenção; e o secundário, moldado pelo ruído competitivo, ao qual o aluno deve ser capaz de negligenciá-lo, para que a explicação não seja distorcida e não comprometa o entendimento da mensagem principal. É neste contexto, que o presente estudo, visa apresentar dados de monitoramento acústico em salas de aula e laboratórios de informática do Instituto Federal do Paraná (IFPR), Campus Umuarama. Verificou-se que os níveis de pressão sonora (NPS) não estão em conformidade com os limites aceitáveis para os respectivos recintos, recomendados pelas normas brasileiras que tratam do tema e, apresentou-se possíveis materiais que contribuem para a melhoria do condicionamento acústico destes ambientes escolares. Por fim, observou-se, entre outros itens, que as salas de aulas apresentaram NPS acima do permitido, principalmente as salas com as portas expostas a grandes circulações de pessoas.

**Palavras-chave:** Inteligibilidade; Monitoramento acústico; Sala de aula.

### Abstract

Although noise is present in most daily activities, its exposure brings harm from different spheres to human beings. In a school environment, their performance represents an invisible opponent of teaching/learning behavior, as it competes with the attention that the student should devote only to the teacher's explanation. Thus, the student is submitted to two different stimuli: the main one, characterized by the teacher's speech and which needs a good condition of intelligibility to be the focus of their attention; and the secondary, shaped by the competitive noise, which the student must be able to neglect, so that the explanation is not distorted and does not compromise the understanding of the main message. It is in this context that the present study aims to present acoustic monitoring data in classrooms and computer labs of the Federal Institute of Paraná (IFPR), Campus Umuarama. It was found that the sound pressure levels (SPL) are not in accordance with the acceptable limits for the respective spaces, recommended by the Brazilian standards that deal with the subject, and possible materials that contribute to the improvement of the acoustic conditioning of these environments were presented. schoolchildren. Finally, it was observed, among other items, that the classrooms presented SPL above the permitted level, especially the rooms with doors exposed to large circulation of people.

**Keywords:** Intelligibility; Acoustic monitoring; Classroom.

### Resumen

Aunque el ruido está presente en la mayoría de las actividades diarias, su exposición trae daños desde diferentes esferas al ser humano. En un entorno escolar, su desempeño representa un oponente invisible de la conducta de enseñanza / aprendizaje, ya que compete con la atención que el alumno debe dedicar únicamente a la explicación del

profesor. De esta forma, el alumno se ve sometido a dos estímulos distintos: el principal, caracterizado por el discurso del profesor y que necesita una buena condición de inteligibilidad para ser el centro de su atención; y el secundario, conformado por el ruido competitivo, que el alumno debe poder descuidar, para que la explicación no se distorsione y no comprometa la comprensión del mensaje principal. Es en este contexto que el presente estudio tiene como objetivo presentar datos de monitoreo acústico en aulas y laboratorios de computación del Instituto Federal de Paraná (IFPR), Campus Umuarama. Se encontró que los niveles de presión sonora (SPL) no están de acuerdo con los límites aceptables para los espacios respectivos, recomendados por las normas brasileñas que tratan el tema, y posibles materiales que contribuyan a la mejora del acondicionamiento acústico de estos ambientes. fueron presentados escolares. Finalmente, se observó, entre otros ítems, que las aulas presentaban SPL por encima del nivel permitido, especialmente las salas con puertas expuestas a gran circulación de personas.

**Palabras clave:** Inteligibilidad; Monitoreo acústico; Salón de clases.

## 1. Introdução

O som é uma sensação produzida no sistema auditivo, resultado da vibração das partículas do ar que se propagam a partir de estruturas vibrantes. Fisicamente não há diferença entre som e ruído, mas em geral, o ruído é considerado um som desagradável, analisado com desprazer pelo sistema nervoso central (Bistafa, 2018).

O som é uma onda longitudinal que necessita de um meio material (sólido, líquido e gasoso) para se propagar (Halliday, Resnick, Walker, 2014). Quando uma pessoa fala ela vibra suas pregas vocais, o ar ao seu redor vibra e essa vibração é transmitida de molécula a molécula do ar (Okuno, Caldas, Chow, 1982). Ao propagar-se no ar, a onda pressiona o tímpano do ser humano (CBIC, 2013).

A velocidade do som é de aproximadamente 340 m/s e pode variar em função da temperatura do ambiente. A onda sonora pode estar sujeita a quatro fenômenos físicos distintos ou conjuntos: reflexão (a onda ao incidir sobre uma superfície (ex. parede, piso, teto, entre outros, retorna ao meio de incidência); refração (ao atravessar um meio material); absorção (parte da onda incidente é atenuada ou absorvida pela superfície) e difração (a onda contorna obstáculos e extremidades) (Tipler, Mosca, 2015).

Normalmente, o julgamento da conotação (positiva ou não) dos sons depende do contexto analisado. Algumas vezes, o ruído transmite informações úteis e faz parte da rotina diária de muitas profissões: basta pensar em uma oficina, na qual o barulho do motor veicular é capaz de evidenciar o possível problema que o carro está apresentando, ao ouvido treinado do mecânico; ou o soar da sirene em um corpo de bombeiro, sinalizando que há uma emergência a ser socorrida imediatamente. Existem também, situações em que um nível baixo de ruído é empregado para atenuar outro barulho mais perturbador. Neste caso, o ambiente faz uso da técnica de mascaramento sonoro (Bistafa, 2018).

Mas, de uma forma geral, os ruídos adversos que as pessoas convivem no seu cotidiano não são bem-vindos, gerando uma série de malefícios, como perturbação do sono; estresse; tensão; queda do desempenho intelectual; interferência com a comunicação verbal; e, em alguns casos (quando os níveis são bem elevados), até a perda da audição (Bistafa, 2018). Quando os ruídos estão presentes no ambiente escolar, a situação se agrava, pois além dos efeitos nocivos à audição, o processo de ensino/aprendizagem também é afetado, além da saúde do aluno e do professor.

Na visão de Bistafa (2016), um fator importante a ser analisado em relação à acústica é a questão da forma, ou seja, da geometria da sala e dos materiais acústicos utilizados, com intuito de buscar o equilíbrio entre a configuração geométrica do ambiente, quantidade de absorção, reflexão especular e reflexão difusa. Cada tipo de ambiente apresenta suas peculiaridades, como por exemplo, uma sala de aula deve possibilitar excelente inteligibilidade da fala para que os usuários do ambiente compreendam sem esforço (Bistafa, 2016).

Em média, a escola desenvolve em torno de 60% de suas atividades em sala de aula por meio da comunicação oral. Por isso, a percepção da fala do professor assume um papel de destaque neste cenário, já que ela é a grande responsável pela transmissão de conhecimento aos alunos. A inteligibilidade depende de alguns fatores importantes, como: distância entre o

interlocutor e o aluno, familiaridade com as palavras utilizadas pelo professor e nível de intensidade da fala (que deve ser superior ao do ruído de fundo para sobressair-se). Além disso, ela é afetada por diversas características construtivas da própria sala, como: tipo de construção, materiais construtivos, tempo de reverberação (ou seja, a persistência do som em espaço fechado), isolamento acústico, entre outros (Dreossi; Momensohn-Santos, 2004).

O que se verifica algumas vezes, é que as salas de aula não são projetadas arquitetônica e acusticamente para tal finalidade e, portanto, prejudicam a relação de comunicação verbal entre o aluno e professor. Em muitos casos, os alunos estão vulneráveis aos ruídos das localidades próximas à escola (tráfego, bares, entre outros), como ao barulho advindo das dependências da própria instituição. Nesta circunstância, as fontes sonoras podem estar dentro da sala de aula (conversa paralela entre alunos, barulho do ar-condicionado ou ventilador, arraste de cadeiras e carteiras que não tenham proteção nos pés, etc.) ou nas adjacências (sons das atividades esportivas desenvolvidas em ginásio, conversas mais altas e risadas no período de intervalo entre as aulas, sinal sonoro que identifica a mudança do componente curricular, etc.) (Dreossi; Momensohn-Santos, 2004).

Os ruídos adversos atrapalham a concentração e a comunicação oral, podendo trazer inúmeros prejuízos físicos, emocionais e educacionais aos envolvidos. De um lado, o docente precisa de um esforço maior para elevar seu nível de voz acima do ruído de fundo e, assim, conseguir ser ouvido e compreendido. A longo prazo, esta rotina pode causar diversos problemas de saúde, como disfonias, edemas de cordas vocais, fendas, entre outros. De outro lado, o aluno precisa despender mais energia para se concentrar no estímulo principal (explicação do docente) durante todo o período de aula – que geralmente é de quatro horas por turno. A necessidade de manter a atenção a um foco central – apesar do ruído competitivo – tende a desenvolver cansaço no aluno, podendo ocasionar pouca assimilação do conteúdo explicado e, conseqüentemente, baixo rendimento escolar. Isso se torna aparente, por exemplo, através de desatenção do aluno e conversas paralelas no período de aula.

Além disso, uma sala ruidosa pode prejudicar a aprendizagem do discente, em função dele apreender a mensagem de modo alterado ou mesmo, perder parte da explicação do conteúdo, por não conseguir ouvir o professor de forma inteligível. Esta situação pode ser reflexo de diversos parâmetros, como: sua distância até o professor; tempo de reverberação do recinto; troca de fonemas, devido ao mascaramento das redundâncias acústicas presentes na voz do docente; etc. (Dreossi; Momensohn-Santos, 2004).

O nível de ruído aceitável para determinada finalidade é recomendado por normas e legislações (Bistafa, 2018). Geralmente, as normas consideram os parâmetros que influenciam no incômodo sonoro relatado pelas pessoas envolvidas, analisando a variação dos níveis e o período do dia em que ocorre a exposição. Alguns países têm suas próprias diretrizes sobre índices e níveis de ruído para vários tipos de ambientes. Algumas das principais são: ISO R 1996 (1971) e R 1999 (1975); BS 4141 (1967); NFS 31-010 (1974); etc. No Brasil, a ABNT regulamenta o assunto sob as normas NBR 10151 (2000) e NBR 10152 (1987) (Gerges, 1992).

Segundo a NBR 10152 (1987) – que determina os níveis sonoros compatíveis com o conforto acústico de diversos tipos de ambientes – os níveis sonoros de salas de aula e laboratórios, devem estar entre 40 – 50 dB(A). O valor inferior da faixa estabelece o nível sonoro que propicia conforto acústico ao local; e o superior, a intensidade sonora aceitável para a respectiva finalidade (NBR 10152, 1987).

Para Bentler (2000), a grande interferência em uma sala de aula pode ser descrita pela relação sinal-ruído (S/R), que relaciona a intensidade da voz do docente com o nível de ruído competitivo. O fator mais importante na determinação dessa relação é a distância entre o docente e o aluno. Enquanto o nível de fala diminui com a distância (e também é afetado quando o professor se vira para escrever no quadro), geralmente o nível de ruído adverso continua uniforme, fazendo com que os alunos

que se sentam no fundo da sala, escutem a voz do docente em condições menos favoráveis do que aqueles que estão mais próximos do professor.

Nesta acepção, quanto mais positiva for a relação S/R, melhor será a situação de escuta oferecida ao discente. Se ela estiver negativa (ou mesmo, próxima de zero), poderá dificultar a compreensão do aluno em relação à explanação do professor. Para exemplificar esta situação, suponha-se que a voz do docente seja representada pelo sinal (S) e o nível sonoro ao qual a sala está submetida (seja ele de origem externa ou interna à classe) o ruído (R) (Bentler, 2000).

Cabe ressaltar que o nível de pressão sonora (NPS) é a grandeza acústica que estabelece a sensação subjetiva de intensidade dos sons. Para medi-lo, utiliza-se um sensor de pressão sonora (conhecido como microfone), que transforma a pressão sonora em um sinal elétrico equivalente. Este é condicionado e expresso em termos de nível de pressão sonora (Bistafa, 2018).

O instrumento que realiza essa tarefa é o medidor de nível sonoro, também chamado de sonômetro (Bistafa, 2018). Com a utilização de um sonômetro, pode-se averiguar a intensidade da voz do professor (que neste exemplo pode ser equivalente a 65 dB) e a intensidade do ruído presente na sala (80 dB, por exemplo). Nesta situação, a respectiva sala de aula estaria em uma relação S/R de -15 dB. Deste modo, embora o aluno sentado no fundo ainda conseguisse ouvir a explicação do docente, possivelmente a fala perderia sua inteligibilidade – uma vez que parte da sua energia seria dissipada pela distância percorrida até o fundo da classe (Bentler, 2000).

Segundo Bistafa (2018), as medições acústicas fornecem dados de amplitude, frequência e fase dos sons, permitindo:

- Identificar as fontes sonoras dominantes;
- Selecionar métodos, dispositivos e materiais que possam controlar os ruídos;
- Comparar soluções de controle de ruído;
- Verificar o cumprimento de normas e legislações que estabelecem medidas de controle de ruído;
- Avaliar a qualidade acústica de um ambiente e, conseqüentemente, sua adequação para determinado uso, etc.

A NBR 10151 (2000) estabelece que as medições sejam comparadas com o nível de critério de avaliação (NCA) específico para cada caso. Para áreas estritamente residenciais urbanas, de escolas ou hospitais, o NCA para espaços externos, no período diurno, é 50 dB(A) e 45 dB(A), para o período noturno. Quando se trata de ambiente interno com janelas abertas, este limite deve ser reduzido em 10 dB(A) e, 15 dB(A), para recintos internos com janelas fechadas (NBR 10151, 2000).

De acordo com Fidêncio (2014) que realizou uma revisão sistemática sobre metodologias de análise de ruído em sala de aulas, verificou-se que havia muitos estudos sobre o tema, principalmente em escolas, porém poucos estudos utilizaram um aparelho sonômetro para medição. Todos os resultados encontrados nos estudos descritos apresentaram nível de pressão sonora acima do permitido pela NBR 10152. Diante dessa defasagem de estudos sobre salas de aula e laboratórios de informática de uma instituição de ensino federal que oferte no mesmo espaço acadêmico ensino integrado (ensino médio técnico), graduação e pós-graduação *Stricto Sensu*, se faz necessário mais pesquisas e dados.

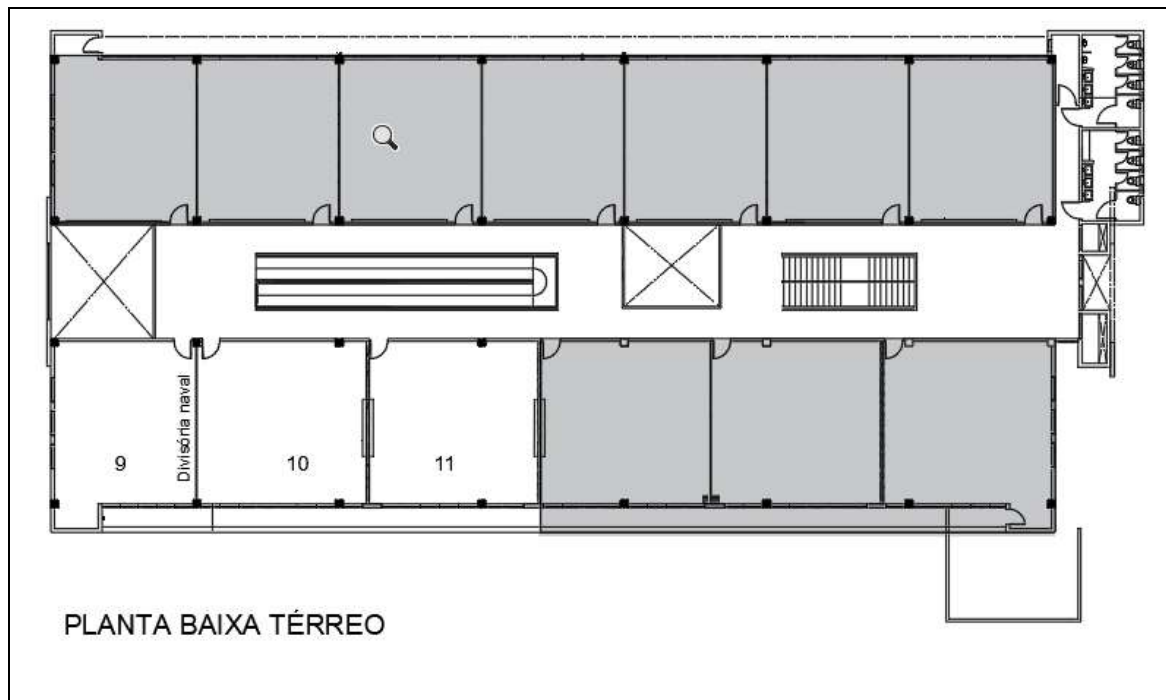
Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar o monitoramento de pressão sonora em salas de aula e laboratórios de informática de um campus de uma instituição federal e, posterior comparação dos resultados com as diretrizes da NBR 10152.

## 2. Metodologia

As discussões realizadas neste estudo serviram de base para análise das questões de ruído no ambiente e escolar, que por sua vez se tornaram o objeto de estudo dessa pesquisa. Como método de estudo optou-se pela pesquisa exploratória. Baseando-se em Gil (2009) a pesquisa exploratória possibilita vínculo com o problema do objeto de estudo, possibilitando maior esclarecimento, geralmente é uma pesquisa mais flexível e com caráter de estudo de caso.

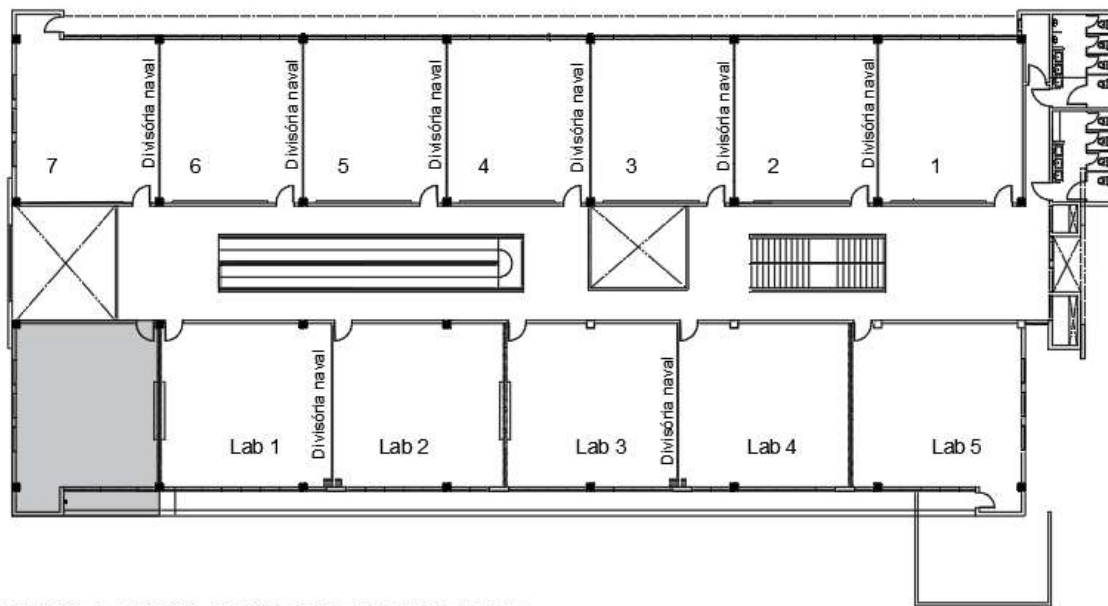
O estudo foi desenvolvido por meio de medição do nível de pressão sonora (NPS) baseada nas recomendações das NBRs 10.151 e 10.152. Partindo desse pressuposto, este estudo realizou monitoramento acústico em 10 salas de aula e 05 laboratórios de informática de um estabelecimento de ensino situado na cidade Umuarama-PR que possui matriculados próximo de mil alunos em 03 turnos de funcionamento para conhecer o nível de pressão sonora (NPS). Este estudo foi realizado antes do período da pandemia do COVID, causada pelo novo agente coronavírus SARS-CoV-2. As Figuras 1 e 2 apresentam a planta baixa do pavimento térreo e superior indicando as salas de aula e laboratórios que foram realizados os estudos.

**Figura 1.** Planta baixa pavimento térreo indicando as salas de aula (nº 9, 10 e 11) que foram realizadas as medições.



Fonte: Adaptado de IFPR (2008).

**Figura 2.** Planta baixa pavimento superior indicando as salas de aula (nº 1 a 7) e os laboratórios (nº 1 ao 5) que foram realizadas as medições.

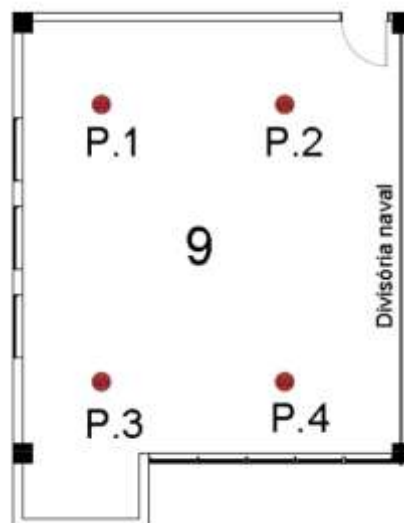


PLANTA BAIXA PAVIMENTO SUPERIOR

Fonte: Adaptado de IFPR (2008).

Os recintos tiveram a reprodução gráfica da sua planta baixa indicando a posição dos pontos de medição, no total 4 pontos, como indica a Figura 3.

**Figura 3.** Planta baixa da sala nove indicando os quatro pontos de medição.



Fonte: Adaptado de IFPR (2008).

Foi descrita também a composição física dos ambientes, por meio de um memorial descritivo, informando as dimensões espaciais, a altura do pé direito, o tipo de estrutura, os elementos de vedação, os tipos e materiais de esquadrias, os tipos de acabamentos e o mobiliário empregado.



A maior parte destes recintos é separada entre si, por divisórias de compensado naval, conforme apresentado pelas Figuras 4 e 5, que foram instaladas visando a flexibilidade de uso do espaço. Como o campus ainda não possui instalações adequadas para a ocorrência de eventos de médio e grande porte (como um anfiteatro, por exemplo), tal edificação ainda é a responsável por alocar grande parte das aulas e dos eventos institucionais do IFPR. Por isso, suas salas foram projetadas de modo que pudessem ser abertas – pela remoção temporária do painel divisório – e possibilitassem a união de salas adjacentes para a acomodação de um número maior de pessoas, conforme a ocasião.

**Figura 4.** Sala de aula apresentando a divisória naval (ao fundo).



Fonte: Autores (2020).

**Figura 5.** Sala de aula apresentando a divisória naval do lado esquerdo.



Fonte: Autores (2021).

A representação do *layout* de cada ambiente monitorado, facilitou a indicação dos locais de posicionamento dos quatro sonômetros (*Unity*, cod. 6205U- Mod. DDU-100) para a realização das medições acústicas. A distribuição englobou quatro sonômetros próximos aos vértices dos cômodos – sendo dois ao fundo e dois na extremidade contrária à porta de entrada conforme apresentado na Figura 3. Em cada sala, o monitoramento aconteceu simultaneamente nos quatro pontos (Figura 3) e teve duração total de 5 minutos, no modo dBA, *fast*.

A sequência das medições acústicas ocorreu em duas etapas. A primeira fase do monitoramento aconteceu no período matutino, sem a ocorrência de atividades letivas, no ano de 2018, em julho (nos laboratórios de informática) e em novembro (nas salas de aula). A segunda etapa de medições ocorreu em 2019, em março (nas salas de aula) e abril (nos laboratórios de informática), também no período da manhã, só que desta vez, em horário regular de aula, envolvendo aleatoriamente componentes curriculares de três cursos técnicos do ensino médio.

Embora as turmas fossem avisadas sobre a ocorrência do monitoramento, a equipe do projeto solicitou que docente e alunos agissem naturalmente, no desenvolvimento de uma aula rotineira. Em todas as medições, o ar-condicionado tipo Split (60.000 BTU – Marca Electrolux) estava em funcionamento. Ambas as etapas de monitoramento seguiram as diretrizes estabelecidas pela NBR 10151 (2000), principalmente em relação ao posicionamento dos sonômetros. Tal norma estabelece que as medições em recintos internos ocorram a uma distância mínima de 1 m de quaisquer superfícies (como paredes e móveis), a uma altura de 1,20 m do piso e com as condições de utilização rotineira do espaço.

Após cada sequência de medição, os dados foram compilados e transformados em *Leq* por meio da equação 1:

$$L_{Aeq} = \frac{10 \log 1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad \text{Equação 1}$$

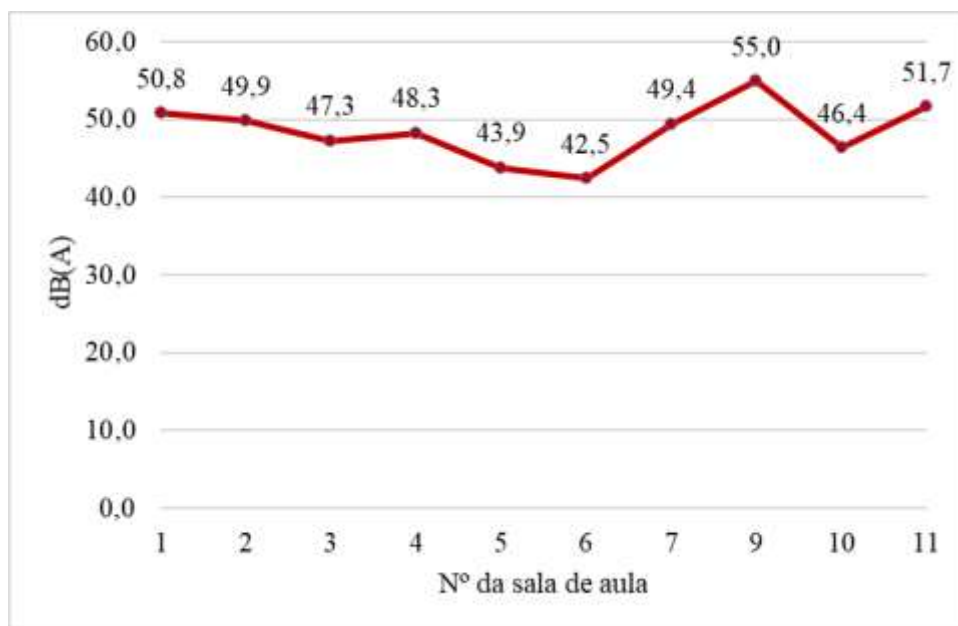
O *Leq* é o nível contínuo equivalente em dB(A), que tem o mesmo potencial de lesão auditiva que o nível variável considerado (Gerges, 1992). Com a transformação em *Leq*, os dados passaram para a análise acústica através de gráficos. A intenção foi compará-los com as diretrizes normativas que estabelecem os limites dos níveis sonoros em ambientes desta tipologia, propondo, se necessário, alternativas que melhorem o condicionamento acústico destes recintos.

### 3. Resultados e Discussão

Com base no estudo realizado nas salas de aula, foi possível identificar alguns contextos acústicos encontrados no local de estudo. Em relação às salas de aula, as medições constataram que fora do horário regular de aula, em média, o nível de pressão sonora foi próximo do permitido pela NBR 10152, conforme apresenta o Gráfico 1.



**Gráfico 1.** Média das medições acústicas realizadas em dois períodos diferentes em salas de aula, (fora do horário de atividade letiva) com os dados transformados em *Leq*.



Fonte: Autores (2021).

Em dez salas, o NPS variou entre 42,5 e 55,0 dB (A) sendo o valor médio das salas de 48,5 dB(A). E, apenas três salas (1, 9, 11) apresentaram NPS superior à recomendação da norma, essa variação justifica-se, pois, as salas encontram-se próximo a locais de grande fluxo de pessoas: portas, rampas, escadas e, por apresentarem divisórias do tipo naval. Neste sentido, Rabelo et al (2015) apresenta em seus estudos que as conversas no corredor contribuem para o ruído em sala de aula. Assim sendo, no que diz respeito a “conversa em voz alta num determinado recinto, a NBR 15575-4 apresenta estimativa simplificada do grau de inteligibilidade / capacidade de entendimento do que se está falando em um ambiente adjacente em função do grau de isolamento acústico entre eles” (CBIC, pág. 157, 2013).

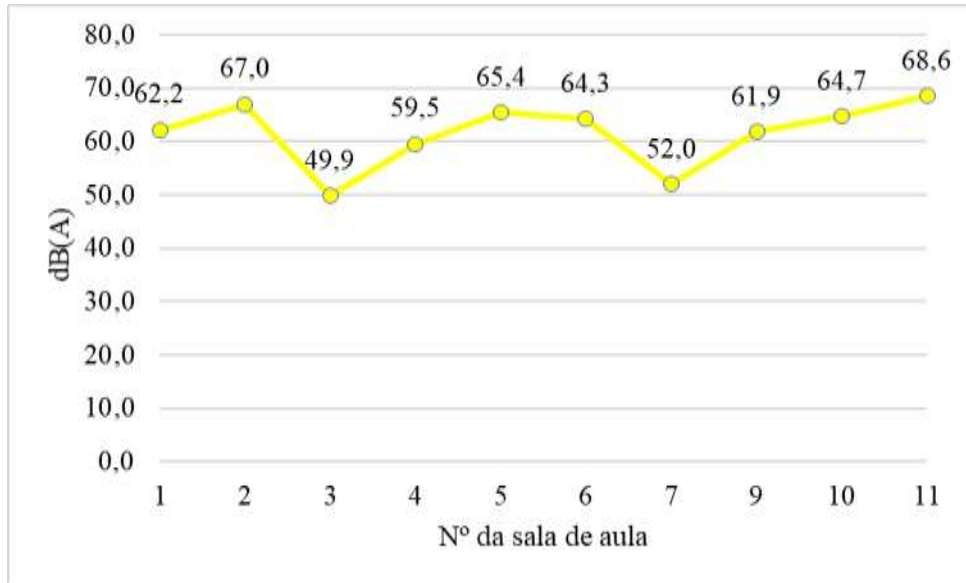
Nesta estimativa, se o isolamento sonoro for de 35 dB, a inteligibilidade / capacidade de entendimento do que está se falando, torna-se claramente audível, ou seja, ouve e entende. Se o isolamento for de 40 dB, se torna audível, porém, ouve e entende com dificuldade. Se o isolamento for de 45 dB, se torna audível, no entanto, não é possível entender. O isolamento sonoro acima de 50 dB, não é audível (CBIC, 2013).

Costa et al (2018) apresentou em seus estudos que o nível de ruído nas salas de aula está acima do limite para conforto estabelecido pela NBR10152, diante disso, apresentou o ruído como um risco ergonômico para a saúde do professor e sugere medidas de controle, com intuito de preservar a saúde do professor.

No estudo realizado por De Castro et al (2019) foram abordadas as questões em relação à saúde e o bem-estar de alunos e professores que ficam expostos a altos níveis de ruído, observou-se que os entrevistados da sua pesquisa relataram cansaço mental, falta de concentração, estresse e dificuldades do raciocínio, ou seja, de forma geral, o ruído interfere negativamente na realização das atividades escolares.

No Gráfico 2, apresenta os dados das medições transformadas em *Leq* durante a execução de atividade letiva das salas de aula.

**Gráfico 2.** Média das medições acústicas realizadas em dois períodos diferentes em salas de aula, (dentro do horário de atividade letiva) com os dados transformados em *Leq*.

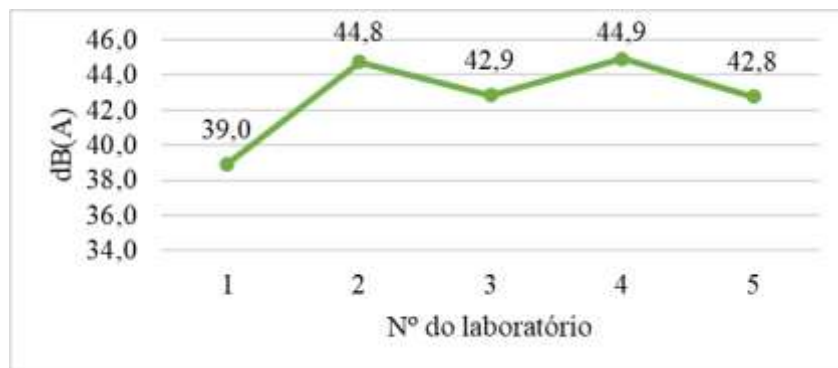


Fonte: Autores (2021).

Nas dez salas, o NPS variou entre 49,9 e 68,6 dB (A) sendo o valor médio das salas de 61,5 dB(A). Do total, 90% das salas apresentaram NPS superior ao permitido pela NBR10.152, chegando a mais de 18 dB(A) na sala 11. A sala 03, foi a única que mostrou estar de acordo com a NBR, porque no dia da medição a turma presente na sala estava desenvolvendo atividade avaliativa. Nos estudos desenvolvidos por Hans (2001) foi observado que independentemente do turno, todos os valores encontrados estavam acima dos valores máximos estipulados pela norma.

O Gráfico 3, demonstra o resultado do monitoramento acústico nos laboratórios de informática, sem a realização de aula. Neste caso, em todas as medições, o NPS variou entre 39 e 44,9 dB (A) demonstrando estar abaixo do estabelecido pela NBR 10152.

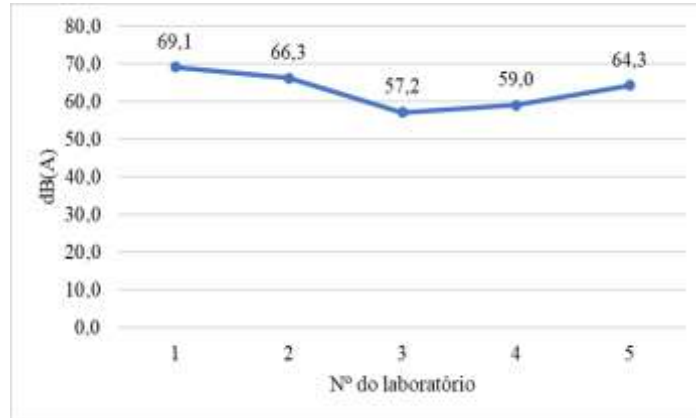
**Gráfico 3.** Média das medições acústicas realizadas em dois períodos diferentes nos laboratórios de informática (fora do horário de atividade letiva), com os dados transformados em *Leq*.



Fonte: Autores (2021).

O Gráfico 4 apresenta as medições transformadas em *Leq* durante o horário regular de aula nos laboratórios de informática. Nota-se que o nível de pressão sonora variou entre 59 e 69,1 dB(A), ficando todos os laboratórios acima do permitido pela norma. A maior diferença encontrada foi de 19,1 dB(A) no laboratório 1.

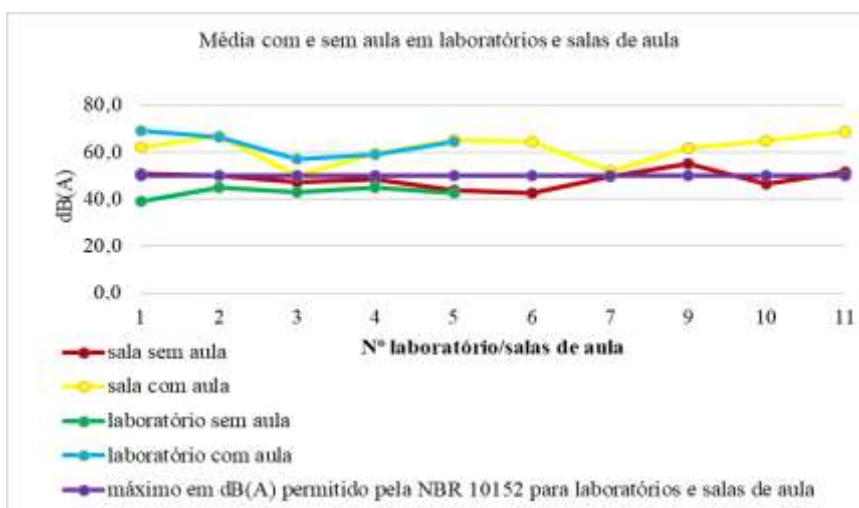
**Gráfico 4.** Média das medições acústicas realizadas em dois períodos diferentes nos laboratórios de informática (dentro do horário de atividade letiva), com os dados transformados em *Leq*.



Fonte: Autores (2021).

E, por último, o Gráfico 5 demonstra os níveis de pressão sonora obtidos nas salas de aula e laboratórios de informática durante o horário de aula, no período sem atividade letiva e, os compara com o valor estabelecido pela NBR 10152. Foi possível observar que nos respectivos recintos, os níveis de pressão sonora (durante o horário de aula) estão acima do permitido, e isso, pode interferir na inteligibilidade do professor, e conseqüentemente um prejuízo no processo de ensino-aprendizagem dos alunos (Dreossi; Momensohn-Santos, 2004).

**Gráfico 5.** Comparação dos monitoramentos acústicos (transformados em *Leq*) das salas de aula e laboratórios de informática com as diretrizes impostas pela NBR 10152.



Fonte: Autores (2021).

Os valores de NPS para as salas de aula com e sem atividade letiva estão bem próximos dos encontrados no estudo de Guidini (2012). Em relação aos resultados obtidos para os laboratórios de informática com aulas, observa-se que são compatíveis com os estudos de Tavares (2017) que encontrou valores superiores a norma NBR 10152.

Cabe ressaltar que todo problema de controle de ruído interno engloba a identificação de uma fonte sonora, a trajetória de transmissão do som e o receptor. Evidentemente, o método mais eficaz de controlar o ruído é eliminar ou minimizar a sua incidência já na origem, mas isso nem sempre é possível ou viável. Portanto, normalmente o controle de ruído recai sobre a trajetória de transmissão. Isso envolve uma série de possibilidades de soluções, a qual depende do tipo de problema detectado. No caso específico de maquinários, uma boa alternativa é o enclausuramento da fonte; já em casos mais gerais, pode-se adotar barreiras acústicas e tratamento com materiais de absorção sonora – proporcionando condicionamento acústico ao ambiente –, adoção de silenciadores, entre outros (Bistafa, 2018).

A dinâmica que envolve o controle do ruído é uma tecnologia multidisciplinar, que almeja obter um nível de ruído aceitável em determinado ambiente (conforme sua destinação), consistente com aspectos legais, econômicos, operacionais, de saúde, psicológicos, culturais, entre outros (Bistafa, 2018).

Para o emprego de tal dinâmica em recintos fechados, algumas variáveis complexas devem ser consideradas, tais como: a forma geométrica do espaço; a presença ou não de elementos de absorção acústica; reflexões e difrações das várias paredes e elementos internos do ambiente; tipos de fontes sonoras, com respeito a sua posição, seus espectros e direção de propagação; efeito das aberturas no ambiente; etc. (Gerges, 1992).

Em consideração à geometria do ambiente, Gerges (1992) ressalta que nas salas irregulares (com paredes não paralelas), a distribuição do campo sonoro é mais aleatória, por isso, quanto menos uniforme for o recinto, mais distribuída será a energia acústica e, conseqüentemente, melhor será a sua característica sonora interna. Para as salas retangulares (como é o caso das salas de aula e laboratórios analisados neste estudo), a amplitude da pressão sonora de todas as ondas possuirá um máximo na extremidade do ambiente. Portanto, se a fonte sonora estiver no canto, será possível excitar todos os modos em sua extensão completa. Por este motivo, se o microfone de medição também estiver posicionado no canto, ele permitirá o monitoramento dos picos de pressão sonora de todos os modos excitados. A posição dos sonômetros deste estudo se baseou nesta aceção.

Esta explanação permite concluir que o método mais efetivo para a redução da intensidade sonora de um modo particular da sala é dispor os materiais absorventes nos locais de pressão máxima deste modo. Assim, a colocação desses materiais nas extremidades de uma sala é duas vezes mais efetiva do que em qualquer outra posição (Gerges, 1992).

Gerges (1992) também ressalta que o nível de intensidade acústica e seu crescimento até o estado estacionário em uma sala são controlados pela absorção proporcionada pelas paredes e demais elementos internos significativos. Se a energia absorvida é grande, obviamente, o estado estacionário estabiliza-se rapidamente. Roth (2017) apresenta dois modos essenciais para que essa energia seja absorvida: através de uma grande massa, capaz de assimilar o movimento das ondas do som sem grande deslocamento, ou por meio de um material acusticamente esponjoso e resiliente. No caso específico deste trabalho, não foi possível considerar a primeira recomendação, já que os painéis divisórios possuem pequena espessura e, desta forma, não são capazes de impedir a propagação das ondas. Cabe então, a recorrência ao segundo parâmetro: a adoção de materiais acusticamente apropriados.

Tratar acusticamente um ambiente interno é fornecer condições adequadas para que haja uma boa audibilidade em suas dependências, barrando os ruídos externos que possam causar incômodo, bem como, bloqueando os possíveis sons gerados internamente (para que eles também não se propaguem ao entorno imediato). Isso caracteriza o condicionamento acústico do recinto.

Neste sentido, duas possibilidades primordiais são apresentadas: redução da reverberação do ambiente por meio da adoção de elementos de absorção acústica e mecanismos que promovam uma melhor distribuição do som dentro do recinto. Já foi relatado que diversos fatores contribuem para a propagação do som no ambiente, como a geometria do espaço, o tipo das superfícies refletoras, a localização da fonte sonora etc. Quando o recinto possui superfícies muito refletoras para o som (como é o caso do mármore, ladrilho cerâmico e outras superfícies rígidas) o som emitido é gradativamente reverberado de volta, e aos poucos vai perdendo sua energia para as superfícies presentes. O tempo necessário para este procedimento ocorrer caracteriza o chamado tempo de reverberação (Roth, 2017). Escolher um tempo que seja considerado ótimo para a reverberação depende da finalidade do recinto (sala de aula, auditório, teatro, entre outros). Os fatores que estabelecem o tempo de reverberação são: o volume e a forma do ambiente, bem como o tipo e a distribuição dos materiais absorventes (Gerges, 1992).

Materiais fibrosos e porosos são bons absorventes acústicos. Nos materiais fibrosos, a energia acústica entra pelos interstícios das fibras, fazendo-as vibrar com o ar. Ela se dissipa por transformação em energia térmica por atrito, entre as fibras excitadas. Como as fibras são frágeis, tais materiais precisam de proteção. No que diz respeito aos materiais porosos, a energia acústica penetra pelos poros e dissipa-se por reflexões múltiplas e atrito viscoso, transformando-se em energia térmica. Os materiais porosos exigem selagem, porque são facilmente contamináveis (Gerges, 1992).

Os materiais mais tipicamente usados para absorver o som são: espuma, lã de vidro ou de rocha, chapas de lã mineral, chapas de fibra de madeira, chapas a base de vermiculita, tecido, entre outros. O coeficiente de absorção dos materiais absorventes pode ser aprimorado pela adequada instalação, obtendo-se grande eficácia quando o espaçamento entre o material e a parede (ou teto) é igual a um quarto do comprimento da onda acústica. Quando a área de instalação é grande, geralmente, os painéis são subdivididos em tamanhos menores, facilitando o sistema de montagem e manutenção (Gerges, 1992).

Além da incorporação de materiais absorventes nas superfícies, o tempo de reverberação pode ser melhorado dotando o ambiente com outros elementos de absorção. No caso específico de salas escolares, a caracterização dos seus materiais componentes se apresenta como um ponto estratégico para o condicionamento acústico: um piso altamente reverberante pode receber algum material absorvente (como tapete, carpete, revestimento emborrachado, entre outros.), assim como é importante que a separação entre as salas aconteça por meio de paredes, permitindo que a espessura da vedação absorva boa parte da energia acústica. Se ainda assim, o ruído de uma sala interferir nas demais, suas paredes podem ser revestidas com materiais absorventes. O próprio posicionamento das portas das salas de aula, de modo que não sejam instaladas frente a frente ou uma ao lado da outra, também é uma prática que pode surtir efeito positivo. As cadeiras devem ser estofadas e, assim como as carteiras, possuírem proteção nos pés de apoio. Para minimizar o impacto de ruídos de origem externa ao recinto, as janelas podem receber algum tipo de tratamento antirruído ou cortinas de tecido grosso (Dreossi, Momensohn-Santos, 2005).

#### **4. Considerações Finais**

Em respeito à NBR 10152, o nível máximo de pressão sonora de recintos escolares é de 50 decibéis. Mas o monitoramento acústico realizado nas salas de aula e laboratórios de informática do bloco didático nº 2 do IFPR, campus Umuarama, apresentou índices mais elevados, no período de realização das atividades letivas. Após o tratamento dos dados obtidos nos respectivos laboratórios, verificou-se que os valores de NPS, em horário regular de aula, ultrapassaram, em média, 63 decibéis, representando aproximadamente 26% acima do permitido pela norma. Nas salas de aula (também durante as atividades letivas), a média dos dados coletados superou os 61 decibéis, ou seja, aproximadamente 22% acima do limite imposto pela diretriz brasileira. Mesmo no monitoramento em horário sem aula, algumas salas de aula, apresentaram índices maiores que o permitido, chegando a atingir 55 decibéis.

Como esta edificação está posicionada em local distante da cidade, da rodovia de acesso à instituição e do ginásio de esporte, isso permite pensar que as divisórias navais utilizadas para separar os respectivos recintos não possuem boa propriedade de absorção sonora, contribuindo para os dados coletados. Se por um lado, tais painéis permitem dinamizar a utilização das salas, podendo acomodar um número maior de pessoas, em um evento institucional, por exemplo, por outro, dificultam o conforto ambiental dos recintos, principalmente em relação à acústica. Deste modo, o indivíduo que está em determinada sala de aula, em horário regular de atividades de ensino, pode ouvir os ruídos advindos das salas vizinhas.

Apesar de cada sala e laboratório já possuir cadeiras estofadas e persianas, uma das possibilidades para amenizar os ruídos nos ambientes investigados, seria a substituição das divisórias existentes por um tipo de painel divisório confeccionado com material mais adequado acusticamente, que possuísse propriedades de alta absorção, como os fibrosos ou porosos. Ou mesmo, o revestimento dessas divisórias com materiais absorventes. Além disso, seria importante a adoção de medidas que diminuíssem a reverberação dentro dos recintos. Neste sentido, poderiam ser inclusos novos elementos absorventes, como tapetes e cortinas em tecido grosso e a retirada dos revestimentos cerâmicos presentes até meia altura nas paredes de alvenaria de todas as salas. O sistema de climatização também poderia ser substituído por dispositivos mais silenciosos.

Em outra vertente, a disposição das mesas e cadeiras nas salas de aula e laboratórios também poderia ser pensada de forma a colaborar para a escuta dos discentes, uma vez que as salas são pensadas para acomodar entre 30 e 40 alunos e é inviável que todos estejam alocados próximos do docente.

Com a adoção de medidas de adequação acústica é possível amenizar a incidência de ruídos em ambientes escolares, contribuindo para a melhor inteligibilidade da comunicação oral dentro de sala de aula e, conseqüentemente, aumento do rendimento escolar.

Por fim, este estudo desenvolveu-se antes do período de pandemia do Sars-covid. Estes recintos ficaram sem receber atividades letivas por 18 meses. Durante este período foi desenvolvido atividades remotas e cada indivíduo, aluno e professor, teve que conviver com seu ambiente residencial. Cada um, teve experiência diferenciada de acordo com as suas condições de moradia, geometria do ambiente, presença de familiares na residência, entre outros. Além destas questões de ruído proveniente dos ambientes residência, tem as condições dos equipamentos para acompanhar as aulas, sejam eles, computadores, tablet ou celulares, que nem sempre tem uma boa qualidade na emissão do som. Este período de atividades remotas, gerou diversos prejuízos, físicos, psicológicos, emocionais, entre outros.

Para trabalhos futuros sugere-se desenvolver pesquisas sobre a exposição ao ruído dos alunos e professores, no seu próprio ambiente residencial, bem como avaliar as questões relacionadas à saúde e bem-estar, antes, durante e pós-pandemia. Outra possibilidade de estudos é avaliar as questões do ruído em outros ambientes escolares, tais como, biblioteca, quadra poliesportiva, refeitório, entre outros.

## Agradecimentos

Agradecimento à PROEPPI e ao CNPq pela concessão da bolsa Pibic- Jr.

## Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000). NBR 10151: Avaliação do Ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento. Rio de Janeiro, 2000, 4 p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987). NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico. 1987, 4 p.
- Bentler, R. A (2000). List equivalency and test-retest reliability of the speech in noise test. *American Journal of Audiology*, 9(2), 84-100. <https://pubs.asha.org/>
- Bistafa, S. R (2018). *Acústica aplicada ao controle do ruído*. (3a ed.), Edgard Blucher.
- Brandão (2016). E. *Acústica da sala: projeto e modelagem*. Edgard Blucher.

- Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2013). CBIC. *Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013*. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.
- Costa, M. T. D., Martins, Éder J., Rocha, A. C., Garcia, D. C. N., Oliveira, I. de, Lima, P. P. de S., & Silva, V. R. da (2018). O impacto ergonômico do ruído em docentes da rede pública. *Research, Society and Development*, 7(5), e775160. [10.17648/rsd-v7i5.249](https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/249), <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/249>.
- De Castro, A. C. L., Fontes, K. D. de S. A., & Ferreira, T. E. D., Gontijo, H. M. (2019) Abordagem do impacto do ruído ambiental nas escolas públicas do município de João Monlevade - MG. *Research, Society and Development*, 8(3). e1683716. [10.33448/rsd-v8i3.716](https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/716), <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/716>.
- Dreossi, R. C. F. & Momensohn-Santos, T. M (2000). A interferência do ruído na aprendizagem. *Revista Psicopedagogia*, 21(64), 38-47. <https://pubs.asha.org/>
- Dreossi, R. C. F. & Momensohn-Santos, T. M (2005). O Ruído e sua interferência sobre estudantes em uma sala de aula: revisão de literatura. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 17(2), 251-258, <https://www.scielo.br/pdf/pfono/v17n2/v17n2a13.pdf>
- Fidêncio, V.L.D, Moret, A.L.M & Jacob, R.T.S (2014). *Measuring noise in classrooms: a systematic review*, *CoDAS*,26(2):155-8.
- Gerges, S. N. Y (1992). *Ruído, fundamentos e controle*. Biblioteca Universitária Feder.
- Gil, A. C (2009). *Como elaborar projetos de pesquisa*. (4a ed.), Ed. Atlas.
- Guidini, R. F., Bertocello, F., Zancheta, S. & Dragone, M. L.S (2012). Correlations between classroom environmental noise and teachers' voice. *Rev Soc Bras Fonoaudiol*. 17(4):398-404).
- Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J (2014). *Fundamentals of Physics*. (10th ed.), John Wiley & Sons.
- Hans, R. F (2001). Avaliação de ruído em escolas. *Revista tecnologia e tendências*. UFRSPROMEC.
- Okuno, E., Caldas, I. L., & Chow, C (1982). *Física para Ciências Biológicas e Biomédicas*. Harbra.
- Rabelo, A. T. V., Guimarães, A. C. F., Oliveira, R. C., Fragoso, L. B. & Santos, J. N (2015). Avaliação e percepção docente sobre os efeitos do nível de pressão sonora na sala de aula. *Distúrbios Comun*. 27(4): 715-724.
- Roth, L. M (2017). *Entender a arquitetura: seus elementos, História e Significado*. Joana Canêdo. Gustavo Gili.
- Silva, L. F. & Moraes, R. G (2009). Análise da qualidade acústica das salas de aula das escolas públicas municipais de Itajubá-MG. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, 30(2), 175-187.
- Souza, L. C. L, Almeida, M. G. & Bragança, L (2016). *Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura*. EduUFSCAR.
- Tavares, M. S. A, Silva, L. B & Souza, E. L (2017). Um panorama dos níveis de ruído para conforto acústico de ambientes de ensino com VDT em áreas das regiões brasileiras. *Revista Produção Online*. 17(4), 1402-1434.
- Tipler, P. A. & Mosca, G (2015). *Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e onda, termodinâmica*. (6a ed.).