

**Avaliação da Poluição Sonora no Campus Jardim Botânico da UFPR em
Tempos de Pandemia**

Igor Santiago de Castro Vasconcelos

Mestre em Engenharia Ambiental, UFPR, Brasil
igorsantiago@ufpr.br

João Ricardo Boeing de Souza

Mestrando de Engenharia Ambiental, UFPR, Brasil.
jrboeing@ufpr.br

Paulo Henrique Trombetta Zannin

Prof. Titular Dr.-Ing. UFPR, Brasil.
paulo.zannin@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a poluição sonora no campus Jardim Botânico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), no município de Curitiba-PR, durante a pandemia de Coronavírus (SARS-CoV-2), por meio de medições acústicas e análise estatística dos dados medidos em campo em comparação com medições realizadas antes da Pandemia no estudo de Vieira (2018). Para desse modo, identificar se houve impacto significativo nas condições acústicas da área estudada em função das medidas restritivas impostas para enfrentamento da emergência de saúde pública. Os procedimentos metodológicos pautaram-se na caracterização da área de estudo, definição dos pontos de amostragem, coleta de dados em campo, avaliação da poluição sonora conforme as normas NBR 10.151/2020 e Lei Municipal de Curitiba nº 10.625/2002 e análise estatística dos dados, verificando-se a normalidade com o teste Shapiro-Wilk e a relação dos níveis sonoros antes e durante a pandemia por meio de uma análise de variância e teste post hoc de Tukey, com nível de significância (α) de 0,05. Nos resultados e discussões são abordados os valores obtidos e pontuados as localidades onde os valores extrapolaram o limite de tolerância, sendo denotadas as possíveis causas e soluções para controle do ruído de acordo com a literatura. Concluiu-se que nenhum dos pontos avaliados apresentava níveis de pressão sonora dentro do limite recomendado pela NBR 10151/2020, indicando uma situação de poluição sonora no local. Observou-se que os valores mínimos e médios foram afetados pela pandemia, registrando valores inferiores quando comparados com aqueles registrados antes da mesma ($p < 0,05$), já para o nível máximo (L_{max}), os valores foram similares entre si ($p > 0,05$).

PALAVRAS-CHAVE: Ruído ambiental. Poluição sonora. Ruído em tempos de covid-19.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização em rápida expansão em todo território mundial apresenta um fator em comum, o agravamento da poluição ambiental - das emissões de gases, poluição da água e poluição sonora. Atualmente, a exposição ao ruído urbano é um dos maiores problemas enfrentados pela população mundial, sendo considerada uma questão de saúde pública, podendo comprometer a qualidade de vida, e produzir efeitos adversos nos seres humanos e animais, tanto em nível auditivo, quanto extra auditivo, a depender das características do ruído, do tipo de exposição e da susceptibilidade do indivíduo exposto. (WHO, 2018).

Os efeitos nocivos da poluição sonora envolvem alterações do aparelho auditivo, destacando-se a perda auditiva induzida por ruído (PAIR) (ARAUJO, 2002; GANIME et al., 2010; BASNER et al., 2014; MUNZEL et al., 2014) e podem comprometer órgãos, aparelhos e funções do organismo, causando perturbação no sono, irritabilidade, cansaço e dificuldade de concentração, elevação dos níveis de estresse, pressão arterial e a secreção de hormônios como adrenalina e cortisol, que influencia diretamente no desempenho intelectual (CAVALCANTE; ANDRADE, 2007; MUNZEL et al., 2018).

De acordo com as avaliações recentes publicadas pela Agência Europeia do Meio Ambiente, o tráfego rodoviário é o principal componente da poluição sonora (EEA, 2020). O aumento deste poluente está ligado diretamente ao alto índice de crescimento demográfico da população urbana e o consequente aumento das fontes geradoras tais como, aumento das atividades de construção civil e o aumento do número de veículos em circulação (ZANNIN et al., 2008; CALIXTO et al., 2008).

Em Curitiba, segundo levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) entre os anos de 2011 e 2020 a população cresceu 10,43%, passando de 1.764.541 de habitantes para 1.948.626. Por sua vez, o número de veículos cadastrados no município aumentou 18,78%, passando de 1.232.991 para 1.464.535, ou seja, quatro carros

para cada cinco habitantes, conforme dados do Departamento de Trânsito do Paraná (Detran-PR), o que demonstra uma situação preocupante na cidade (DENTRAN, 2020).

No contexto dos ambientes educacionais níveis elevados de ruído afetam não somente o comportamento e a compreensão dos alunos, mas também dificultam a aprendizagem. Atividades de ensino, pesquisa e extensão exigem um elevado nível de conforto acústico, devido ao alto grau de concentração necessário para realização das mesmas. Existem diversos estudos que evidenciam que a exposição ao ruído pode provocar a diminuição do desempenho cognitivo, com redução da concentração, dificuldades de comunicação, aumento da excitação, irritação, além de distúrbios do sono, afetando diretamente no desempenho escolar (WHO, 2001; HAGEN et. al., 2002; ZANNIN et al. 2013; TZIVIAN, 2017; SCHITTINI, 2020).

O campus Jardim Botânico da UFPR, tem grande importância tanto para os alunos e docentes, quanto para a população em geral, exercendo papel fundamental nas atividades de ensino, pesquisa e extensão desenvolvidas no estado do Paraná e no Brasil. O campus está localizado em um bairro residencial sendo tangenciado pela rodovia BR-476 (linha verde) e pela Av. Prof. Lothário Meissner. O estabelecimento foi construído estrategicamente na região sudeste da cidade de Curitiba no Paraná, com acessos diretos ao sistema intermodal de transportes, caracterizado pela adjacência às rodovias (sistema rodoviário) que dão acesso direto ao aeroporto internacional (sistema aeroviário).

Com a pandemia do COVID-19 (Sars-CoV-2), medidas restritivas de quarentena e isolamento social foram impostas e diversos estudos indicaram uma redução significativa no ruído ambiental (ASENSIO et al., 2020; ANDRADE et al.,2020). Assim, a comunidade científica na área de acústica foi mobilizada, aproveitando-se desta rara situação para realizar medições sonoras em diferentes locais, com o objetivo de entender e monitorar as mudanças no ruído ambiental em função das ações tomadas para o enfrentamento da emergência de saúde pública.

Este trabalho se justifica pela necessidade de avaliação constante e controle da poluição sonora em ambientes escolares, não só para a melhoria no desempenho do aprendizado, mas também para garantir a qualidade de vida dos alunos e professores. Embora existam diversos estudos realizados no mundo todo sobre a poluição sonora em ambientes educacionais, nenhum avaliou o impacto da pandemia de Coronavírus (SARS-CoV-2) nas condições acústicas destes ambientes.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a poluição sonora no campus Jardim Botânico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), no município de Curitiba-PR, durante a pandemia de Coronavírus (SARS-CoV-2), por meio de medições acústicas e análise estatística dos dados medidos em campo em comparação com medições realizadas antes da Pandemia no estudo de Vieira (2018). Para desse modo, identificar se houve impacto significativo nas condições acústicas da área estudada em função das medidas restritivas impostas para enfrentamento da emergência de saúde pública.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Impactos da Poluição Sonora na Aprendizagem

A aprendizagem está ligada a intercâmbios dentro da língua falada. Métodos de ensino modernos, com o uso de novas mídias ou uma variedade de estímulos de

aprendizagem, são especialmente dependentes de alta qualidade da comunicação oral. Altos níveis de pressão sonora aumentam a interferência na comunicação e interpretação da fala, impondo automaticamente um esforço adicional por parte dos professores e alunos, causando exaustão mais cedo do que se poderia esperar, consumindo recursos cognitivos que seriam mais efetivamente gastos na compreensão dos conteúdos, e no pensamento. (LUBMAN D, SUTHERLAND LC, 2001; KLATTE, 2002).

A capacidade de ler, entender e extrair informações é um pré-requisito fundamental para o sucesso do aprendizado. Podemos, assim, supor que uma boa atmosfera de escuta não influencia apenas a aquisição da linguagem, mas também a aprendizagem da leitura e da escrita. O excesso de ruídos em ambientes de ensino causa dificuldade em manter a atenção e concentração podendo levar a uma aprendizagem exaustiva (ARELT ET. AL, 2001; ZANNIN et al. 2013; TZIVIAN, 2017; SCHITTINI, 2020)

Falar com a voz elevada para abafar o ruído não é apenas uma causa de problemas de voz e garganta dos professores, mas também impede a qualidade das declarações, tornando-as mais curtas e simples, a velocidade da fala é mais lenta, a entonação fica monótona. No geral é menos ensinado. A aprendizagem fica cada vez menos interessante e motivadora (LUBMAN D, SUTHERLAND LC, 2001; TIESLER, 2002; GILAVAND E JAMSHIDNEZHAD, 2015).

Chiang e Lai (2008) relata os efeitos nocivos do ruído no bem-estar mental e físico dos alunos como parte de seu estudo. De uma infinidade de efeitos demonstráveis, os seguintes resultados negativos foram relatados especificamente no contexto de uma sala barulhenta: cansar-se facilmente, redução na eficiência das atividades; aumento da frequência cardíaca; dispepsia; pouco apetite; insônia; dor de cabeça zumbido e palidez facial

Podemos também destacar os distúrbios do sono causados pelo efeito do ruído ambiental, que afetam diretamente no desempenho escolar. Todas as funções do cérebro e do organismo em geral são influenciadas durante o sono, sendo que o sono ininterrupto com qualidade é conhecido por ser um pré-requisito para o bom funcionamento fisiológico e mental das pessoas saudáveis (HAGLER, 2007). Estes efeitos incluem a redução da qualidade percebida do sono, o aumento do cansaço, as alterações de humor, do estado de depressão e do bem-estar e a diminuição do desempenho nas atividades diárias (WHO, 2001; HAGEN et. al., 2002).

2.1 Impactos da Pandemia de COVID-19 na Poluição Sonora

O SARS-CoV-2 se originou no mercado de animais de Wuhan na China, em dezembro de 2019 e se espalhou pelo mundo infectando mais de 200 milhões de pessoas até julho de 2021 (WHO, 2021; Wang et al., 2020). A Organização Mundial da Saúde (OMS) a nomeou como doença Coronavírus 2019 (COVID-19) e o Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus (ICTV) deu a nomenclatura como SARS-CoV-2 (Serve Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2) para o novo Coronavírus (KANDEEL ET AL., 2020).

Com um aumento exponencial no número de casos da doença em 2020, diversas medidas de restrição foram iniciadas em muitos países. Durante o bloqueio, várias atividades humanas e industriais permaneceram suspensas para minimizar a interação entre humanos. Desta forma, vários efeitos positivos do bloqueio devido ao COVID-19 no meio ambiente,

como redução da poluição do ar, melhoria na qualidade da água e poluição sonora, foram observados (GHOSH, 2020).

Um estudo realizado pela Associação Brasileira para a Qualidade Acústica, em meio à quarentena imposta pela pandemia de covid-19, mostrou que em áreas da região central da cidade de São Paulo o nível sonoro reduziu em até 10 dB(A), em relação a medições anteriores. Esse valor corresponde à metade (50%) da sensação sonora percebida nesses locais normalmente (PROACÚSTICA, 2020).

Asensio et al. (2020) monitorou a redução da poluição sonora de março a junho de 2020 na cidade de Madrid na Espanha. Os resultados demonstraram que o nível de ruído foi reduzido de 4-6 dB durante o período de bloqueio em comparação com o período de desbloqueio.

Em Dublin, na Irlanda do Norte a poluição sonora foi monitorada em 12 estações de monitoramento entre os meses de janeiro a maio de 2020. Entre estas, em 80% das estações foi observado 60% de redução de ruído no período de bloqueio em comparação com a situação normal (BASU ET AL., 2021).

Curovic et al. (2021) também investigaram o efeito do bloqueio pelo COVID-19 na poluição sonora. Os autores analisaram dados de pressão sonora em várias áreas de tráfego na cidade de Koper, Eslovênia em janeiro de 2018 (antes da pandemia), fevereiro de 2020 e abril de 2020, e os autores relataram a redução da poluição sonora de 2,2 dB e 5,7 dB na pandemia.

3 METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho foi avaliar a poluição sonora no campus Jardim Botânico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), durante a pandemia de Coronavírus (SARS-CoV-2), por meio de medições acústicas e análise estatística dos dados medidos em campo em comparação com medições realizadas antes da Pandemia no estudo de Vieira (2018). Para desse modo, identificar se houve impacto significativo nas condições acústicas da área estudada em função das medidas restritivas impostas para enfrentamento da emergência de saúde pública.

Os procedimentos metodológicos pautaram-se na caracterização da área de estudo, definição dos pontos de amostragem, coleta de dados em campo, avaliação da poluição sonora conforme as normas NBR 10.151/2020 e Lei Municipal de Curitiba nº 10.625/2002 e análise estatística dos dados, verificando-se a normalidade com o teste Shapiro-Wilk e a relação dos níveis sonoros antes e durante a pandemia por meio de uma análise de variância e teste post hoc de Tukey, com nível de significância (α) de 0,05.

Os equipamentos e softwares utilizados foram: Analisador sonoro (Brüel & Kjaer 2238) com capacidade de realizar análise em frequências, (classe 1 segundo IEC 60651); Calibrador modelo BK 4231; Tripé regulável; e Software estatístico R para comparação dos resultados.

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A Universidade Federal do Paraná (UFPR) é a universidade mais antiga do Brasil e símbolo da cidade de Curitiba, referência no ensino superior para o Estado e para o Brasil. A

Universidade oferece cursos de graduação, especialização, mestrado e doutorado, com atividades de ensino, pesquisa e extensão (UFPR, 2020).

O Campus Jardim Botânico, está localizado no bairro Jardim Botânico em Curitiba. Nele estão inseridos o Setor de Ciências Sociais Aplicadas, que compreende os cursos de Administração, Ciências Contábeis, Ciências Econômicas e Gestão da Informação.

A Linha Verde (BR 476) e a Avenida Prefeito Lothário Meissner são as principais rodovias localizadas no entorno ao campus. A BR 476, possui 6 faixas de 3,6 metros cada e velocidade permitida de 70 km/h, enquanto a Avenida Prefeito Lothário Meissner possui 4 faixas de 3,6 metros e velocidade de 60 km/h. Em frente ao Campus está localizado o Parque Jardim Botânico também tangenciado pela Av. Prefeito Lothário Meissner. O campus possui uma área total de 455.184,49 m², com área construída de 56.408,84 m² sendo 22 edificações.

Segundo o Zoneamento Urbano de Curitiba, com base na Lei 9800/2000 e decretos 188/2000, 733/2001 e 992/2004, a área de estudo é classificada como Zona Especial Educacional (ZE-E). Entretanto, de acordo com as classificações na Lei Municipal 10.625/02, mesmo a área de estudo estando localizada em uma ZE-E, a classificação mais adequada pelas características do local seria de Zona Sensível à Ruído - hospitais, escolas, bibliotecas públicas.

A Lei Municipal 10625/02, define os limites de tolerância para valores de pressão sonora de Zona Educacional Especial em 60 dB(A) para o período diurno (07h01min às 19h:00min), 55 dB(A) para o período vespertino (19h01min às 22h00min) e 50 dB(A) para o período noturno (22h01min às 07h00min). Porém para Zona Sensível à Ruído ou Zona de Silêncio o limite diurnos é 55 dB(A), vespertino 50 dB(A) e noturno 45 dB(A).

3.2 Definição dos Pontos de Amostragem

A definição dos pontos de amostragem foi determinada estrategicamente considerando as ruas com maior volume de tráfego, principalmente entradas e saídas de pedestres e veículos, sendo avaliadas 5 ruas internas e 2 rodovias que contornam o campus, totalizando 12 pontos de amostragem. Os pontos selecionados foram os mesmos analisados conforme o estudo de Vieira (2018) realizado antes da pandemia para melhor padronização e comparação dos resultados.

A localização dos pontos de amostragem foi estabelecida por meio de suas coordenadas geográficas em termos de latitude e de longitude conforme Tabela 1.

Figura 1 - Localização dos Pontos de Amostragem



Fonte: Google Earth (2022).

Tabela 1 – Coordenadas dos Pontos de Amostragem

Pontos de medição	Latitude	Longitude
P1	25°26'39.57"S	25°26'39.57"S
P2	25°26'39.55"S	49°14'22.95"O
P3	25°26'41.10"S	49°14'24.90"O
P4	25°26'40.86"S	49°14'21.86"O
P5	25°26'42.67"S	49°14'19.39"O
P6	25°26'41.09"S	49°14'18.99"O
P7	25°26'46.42"S	49°14'18.34"O
P8	25°26'48.11"S	49°14'19.21"O
P9	25°26'43.85"S	49°14'14.42"O
P10	25°26'53.29"S	49°14'16.60"O
P11	25°26'53.95"S	49°14'14.77"O
P12	25°26'51.78"S	49°14'13.42"O

3.3 Coleta dos Dados em Campo

A coleta dos dados em campo foi realizada conforme os procedimentos descritos na NBR 10151:2019 - Avaliação de Ruído em Comunidades e recomendações das normas ISO 1996 partes 1 e 2 – Acústica - Descrições, medições e avaliação do ruído ambiental.

O analisador de nível de pressão sonora utilizado foi o B&K 2238, classificado como de terceira geração e de primeira classe. Este equipamento atende aos padrões da IEC (International Electrotechnical Commission) e o ANSI (American Standards Institute) e a norma brasileira NBR 10151/19. Os equipamentos foram calibrados pelo B&K 4231 e configurados no modo de resposta fast e avaliação na curva de ponderação A, em uma faixa dinâmica de 30 a

110 dB. Os níveis sonoros foram medidos por meio dos indicadores de nível equivalente com ponderação na escala “A”, LAeq, níveis máximo e mínimos, L_{Amax} e L_{Amin} respectivamente.

Os analisadores foram posicionados a uma distância mínima de 2 m de superfícies refletoras de som, como muros e edificações e a uma altura de 1,2 m do solo.

As medições foram realizadas em dias com condições climáticas favoráveis, com ausência de fontes sonoras atípicas, tais como chuva e vento forte entre os meses de julho e dezembro de 2021 em período diurno (09:30 – 11:00 horas e 13:30 – 17:00 horas), nos mesmos dias da semana, mês e horário realizados no estudo comparativo - Vieira (2018).

O tempo de medição foi definido em 15 minutos (MURPHY e KING, 2011; SOARES, 2013; ZANNIN et. al., 2013a; SUÁREZ e BARROS, 2014; BRITO, 2017; VIEIRA, 2018, PAIVA;

CARDOSO; ZANNIN, 2019). A calibração dos instrumentos utilizados foi feita antes do início das medições com um calibrador BK 4231.

A contagem de veículos nos pontos próximo a rodovias e ruas foi realizada durante o tempo de medição, como auxílio de uma planilha de apoio. Em seguida, os dados foram transferidos para uma tabela eletrônica com demais dados importantes dos pontos de medições.

3.4 Avaliação dos dados coletados

Para a avaliação da poluição sonora, foi realizada uma comparação dos níveis de pressão sonora equivalente (Leq) coletados em campo, com os valores estabelecidos pela NBR 10.151/2020, que estabelece as condições exigíveis para aceitabilidade do ruído em comunidades no Brasil, a qual define para o período diurno (50 dB), para áreas residenciais urbanas ou de hospitais ou de escolas e pela legislação municipal de Curitiba, que rege sobre as imissões sonoras o ambiente urbano para Zona Educacional Especial (60 dB) e para Zona Sensível à Ruído ou Zona de Silêncio (55 dB), classificação mais adequada pelas características do local de estudo que engloba hospitais, escolas, bibliotecas públicas e similares.

3.5 Análise Estatística

Os dados coletados em campo foram comparados por estatística, verificando-se a normalidade através do teste de Shapiro-Wilk e a relação dos níveis sonoros medidos antes e durante a pandemia, com o objetivo de avaliar o impacto deste evento nos valores de pressão sonora encontrados. Além disso, foi realizada uma correlação entre os níveis sonoros e o número de veículos para verificar se há uma inter-relação entre os diferentes veículos e o nível de pressão sonora observado. Os testes estatísticos foram desenvolvidos no software estatístico R (R CORE TEAM, 2020).

3.5.1 Relação dos níveis sonoros antes e durante a pandemia

Para a avaliação da poluição antes e durante a pandemia, são esperadas que as medidas de um mesmo ponto de medição apresentem similaridades, enquanto que as medidas de pontos distintos sejam diferentes. Dessa forma, as observações de um mesmo ponto de medição são dependentes, o que faz com que o uso dos testes usuais de comparação

de duas ou mais amostras não sejam adequados, uma vez que existe violação da suposição de independência das observações.

Então, para verificar a diferença entre as medições antes e durante a pandemia, a variável de interesse é numérica, devendo ser comparadas com o valor do mesmo ponto de medição, com o objetivo de verificar se existe diferença significativa dessa variável entre dois grupos de interesse. Assim, foi adotado como efeito fixo o momento de avaliação (antes e durante a pandemia), sendo o efeito aleatório o ponto onde foram registradas por meio de uma análise de variância mista.

Uma vez encontrada variação estatística significativa ($p < 0,05$) foi aplicado o teste post hoc de Tukey. Esse teste de comparações múltiplas é bastante difundido e utilizado e se destaca por ser poderoso ao fazer comparações entre todos os pares e também por ser de fácil aplicação. É conhecido como Teste de Tukey HSD (Teste de Tukey da Diferença Honestamente Significativa). O valor calculado foi comparado com o tabelado, a um determinado nível de significância (α) de 0,05 utilizado o software estatístico R (R CORE TEAM, 2020).

3.5.1 Correlação entre os níveis sonoros e o número de veículos

A correlação entre duas variáveis (Leq e número de veículos) em um mesmo ponto de medição foi calculada com o intuito de verificar se existe inter-relação entre essas variáveis. A correlação negativa indica que o crescimento de uma das variáveis implica, em geral, no decréscimo da outra. A correlação positiva indica, em geral, o crescimento ou decréscimo concomitante das duas variáveis consideradas.

Para verificar a correlação entre os níveis sonoros e número de veículos foi utilizada a correlação de Pearson, esse coeficiente de correlação é um teste que mede a relação estatística entre duas variáveis contínuas. O cálculo da correlação de Pearson foi desenvolvido no software estatístico R (R CORE TEAM, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise dos Níveis de Pressão Sonora Equivalente (Leq)

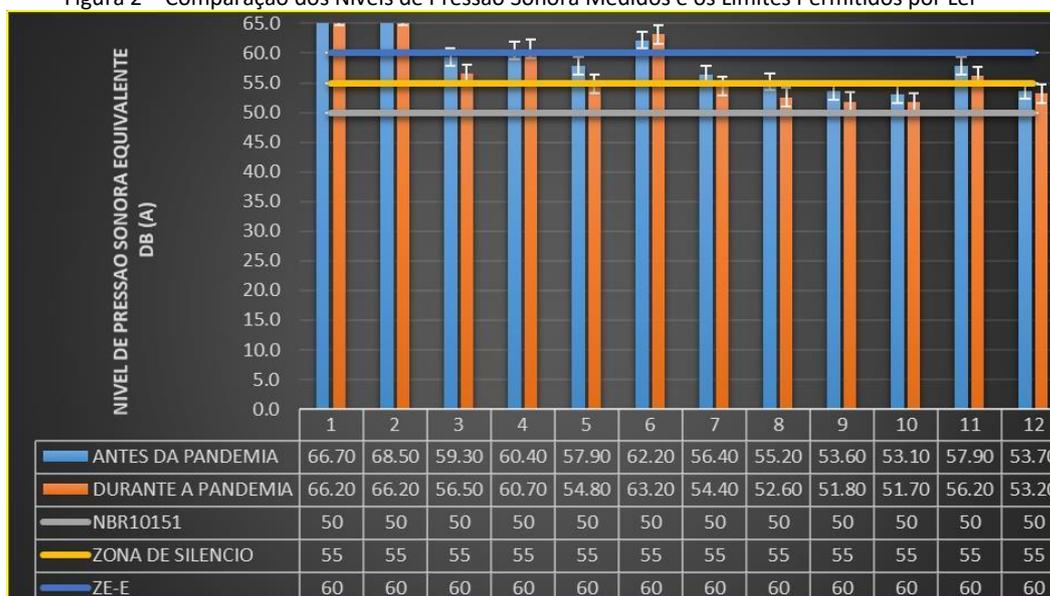
A avaliação dos níveis de pressão sonora equivalente (Leq) foi realizada para cada um dos 12 pontos de medição em comparação com o valor máximo permitido pela legislação vigente. Dentre as quais: NBR 10151 de 2020 que estabelece 50 dB (A) para áreas urbanas com escolas e hospitais; Lei Municipal de Curitiba nº 10.625 de 2002 de 60 dB (A) para Zona Educacional Especial (ZE-E); e de 55 dB (A) definido para Zona de Silêncio, classificação mais adequada para a área em que o campus universitário se encontra.

Tabela 2 – Apresentação dos dados medidos em campo e a legislação vigente

Pontos de medição	Antes da pandemia (Leq)	Durante a pandemia (Leq)	NRB 10151	Lei Municipal Zona de Silêncio	Lei Municipal Zona Educacional Especial
P1	66.70	66.20	50	55	60
P2	68.50	66.20	50	55	60
P3	59.30	56.50	50	55	60
P4	60.40	60.70	50	55	60
P5	57.90	54.80	50	55	60
P6	62.20	63.20	50	55	60
P7	56.40	54.40	50	55	60
P8	55.20	52.60	50	55	60
P9	53.60	51.80	50	55	60
P10	53.10	51.70	50	55	60
P11	57.90	56.20	50	55	60
P12	53.70	53.20	50	55	60

A partir dos valores encontrados do nível de pressão sonora equivalente (Leq) das medições realizadas em campo, foi possível avaliar a conformidade com as exigências legais e caracterizar as condições acústicas. A Figura 2 apresenta o gráfico dos níveis de pressão sonora equivalente (Leq) cortado pelas três linhas conforme NBR 10151 (linha cinza), Legislação Municipal – Zona de Silêncio (linha amarela) e Zona Educacional Especial (linha azul).

Figura 2 – Comparação dos Níveis de Pressão Sonora Medidos e os Limites Permitidos por Lei



4.2 Avaliação da Poluição Sonora

Realizada a comparação entre os dados obtidos em campo e os valores máximos permitidos pela legislação, foi constatado que o nível sonoro equivalente (Leq) nos pontos (P1, P2, P4, P6) encontrava-se acima do limite exigido conforme a Lei Municipal de Curitiba nº

10.625 de 2002, para as imissões sonoras em Zonas Educacionais Especiais para período diurno de 60 dB. Estes pontos estão localizados em frente ao Setor de Ciências da Saúde e Setor de Ciências Sociais Aplicadas.

Os referidos pontos apresentam valores elevados, pois são locais com maior exposição a Av. Professor Lothário Meissner. Essa avenida apresenta um tráfego intenso de veículos, além disso, em frente ao portão de acesso ao Campus há um semáforo junto a um retorno, por onde centenas de caminhões fazem o retorno diariamente, para acessar a BR 277 ou para acessar a BR 476 (linha verde). Nestes pontos é possível verificar a situação de poluição sonora.

Embora a área de estudo esteja localizada em uma ZE-E, a classificação mais adequada pelas características do local seria de Zona Sensível à Ruído ou Zona de Silêncio, que engloba hospitais, escolas, bibliotecas públicas e similares. Em relação à Zona de Silêncio (55 dB), apenas os pontos (9, 10 e 12) apresentavam valores dentro do limite permitido, ou seja, 75% dos pontos medidos estavam acima do limite. Configurando, portanto, uma situação de poluição sonora nestes ambientes.

Em relação à NBR 10151 - Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas, a qual define (50 dB) para áreas residenciais urbanas ou de hospitais ou de escolas. A análise indicou o pior cenário, tendo em vista, que nenhum dos pontos medidos apresentou valores dentro do padrão para a referida norma. Portanto, indicando poluição sonora em todos os pontos.

Esses resultados estão de acordo com os valores encontrados nos trabalhos de Paz e Zannin (2012) e Soares et. al. (2014) e Viera (2018) nos quais em todos os pontos, os níveis de pressão sonora equivalentes apresentavam não conformidade com o estipulado pela norma

Para verificar se houve influência da pandemia de Coronavírus (Sars-CoV-2) nos níveis de pressão sonora no campus Jardim Botânico da UFPR, foi aplicada uma análise de variância com um modelo linear misto. Nele, adotou-se como efeito fixo o momento de avaliação (antes e durante a pandemia), sendo o efeito aleatório o ponto onde foram registradas.

Uma vez encontrada variação estatística significativa ($p < 0,05$) foi aplicado o teste post hoc de Tukey. Prévio à dada análise, os dados obtidos nos equipamentos em campo foram submetidos a uma análise de normalidade pelo teste de Shapiro- Wilk, encontrando que os valores máximos e mínimos demonstraram normalidade ($p > 0,05$), já o valor médio da Leq não demonstrou normalidade ($p < 0,05$) e aplicou-se, portanto, uma transformação hiperbólica ($1/\gamma$) para obter normalidade ($p > 0,05$).

Observou-se que os valores mínimos e médios foram afetados pela pandemia, registrando valores inferiores quando comparados com aqueles registrados antes da mesma ($p < 0,05$), já para o nível máximo (L_{max}), os valores foram similares entre si ($p > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Media e Desvios Padrões da Pressão Sonora Equivalente (Leq) Mínima, Média e Máxima, Antes e Durante a Pandemia CoronaVírus Sars-Cov-2 no Campus Jardim Botânico da UFPR, Paraná, Brasil 2021 (N=12).

Valor de (Leq)	Antes da Pandemia	Durante a Pandemia
Mínimo	51,92 ± 6,02a	47,35 ± 2,79b
Médio	58,74 ± 5,02a	57,29 ± 5,41b
Máximo	75,22 ± 9,48a	76,94 ± 5,81a

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey

Por outro lado, observaram-se correlações positivas e significativas entre os valores mínimo, máximo e médio, sugerindo que qualquer um deles pode ser um critério para avaliação da poluição sonora em ambientes educacionais. Observou-se também, que o valor mínimo (Lmin), demonstrou correlação baixa a não significativa ($p > 0,05$) com a quantidade de veículos e motos (Tabela 3).

Tabela 4. Correlação De Pearson Entre os Valores da Pressão Sonora Equivalente (Leq) Mínima, Média E Máxima, antes e durante a Pandemia de Sars- Cov-2 no Campus Jardim Botânico da UFPR, Paraná (N=12).

	Médio	Máximo	Mínimo	Veículos leves	Veículos pesados
Máximo	0,65 (0,003)*				
Mínimo	0,52 (0,026)*	0,46 (0,054)			
Veículos leves	0,61 (0,002)*	0,48 (0,045)*	-0,03 (0,921)		
Veículos pesados	0,64 (0,001)*	0,56 (0,015)*	0,30 (0,229)	0,76 (<0,001)*	
Motos	0,57 (0,003)*	0,65 (0,003)*	-0,05 (0,829)	0,91 (<0,001)*	0,73* (<0,001)

*Valores com significância estatística ($p < 0,05$).

4.3 Possíveis Medidas de Controle da Poluição Sonora na Área Estudada

Segundo Annecke e Zimmerman (2008) o fluxo de veículos na via, ou seja, a quantidade de veículos são fatores determinantes em relação ao ruído gerado. Maiores fluxos de veículos significam consequentemente maiores ruídos emitidos. Para uma maior quantidade de veículos teremos um aumento de 3 dB no ruído emitido cada vez que dobra a quantidade de veículos trafegando. Portanto, uma possível solução para redução no número de veículos em circulação seria a implantação de um rodizio de placas, como é feito na cidade de São Paulo.

Outro fator relevante em relação ao ruído de tráfego é a velocidade dos veículos, um aumento na velocidade média do tráfego aumenta de forma significativa o ruído ambiental, pois aumenta a rotação do motor, ruído do sistema de exaustão, ruído devido à interação pneu pavimentação, ruídos de acelerações e desacelerações e possíveis ruídos de freadas. Desta forma, com a redução da velocidade dos veículos é possível a redução do ruído emitido. Com uma redução de 50% na velocidade média do transito é possível uma redução em até 6 dB sobre nível geral de ruído emitido (ANNECKE; ZIMMERMAN, 2008; ELLEBJERG, 2007).

Visando mitigar o ruído gerado nas rodovias na interação pneu-pavimento na Europa,

nos Estados Unidos e no Japão tem sido adotado a solução combinada de pavimentos silenciosos e barreiras acústicas e, em alguns casos, um pavimento silencioso pode ser mais efetivo para reduzir o ruído do tráfego do que as barreiras acústicas, de acordo com Ulf Sandberg, professor- adjunto do Swedish National Road and Transport Research Institute (VIT) e da Chalmers University of Technology da Suécia, Revista *Téchne* (2007).

Em um estudo conduzido por Aps e Bernucci (2020), foi avaliada a redução nos níveis de ruído em um trecho da rodovia Mario Covas (Rodoanel) em São Paulo com a utilização de pavimentos silenciosos com camadas de rolamento asfálticas do tipo CPA (camada porosa de atrito) utilizando ligantes modificados por polímeros e por borracha moída de pneus, uma vez que esse tipo de mistura apresenta um grande volume de vazios interligados, condição essencial para que haja a absorção das ondas sonoras na própria camada. Os resultados demonstraram que houve uma redução de 8,1 dB(A) nos níveis de ruído gerado.

Outra solução bastante utilizada no Japão, nos Estados Unidos e em países da Europa é a implantação de barreiras acústicas nas margens das rodovias. Estes dispositivos funcionam como obstáculos entre as fontes geradoras e os receptores. Segundo estudo de Costa (2013) pode-se observar uma redução de mais de 4 dB(A) nos níveis de pressão sonora com a implantação de barreiras acústicas.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por motivação, o fato de que a poluição sonora é um dos principais problemas enfrentados pela população mundial, sendo considerada uma questão de saúde pública, podendo comprometer a qualidade de vida e produzir respostas adversas nos seres humanos e animais. Além disso, ambientes educacionais muito ruidosos são desfavoráveis para o aprendizado e tornam o ensino exaustivo. Níveis sonoros elevados afetam não somente a qualidade verbal da comunicação, mas também contribuem para sérios problemas no desenvolvimento intelectual dos estudantes.

Com a realização deste estudo foi possível avaliar a poluição sonora no campus Jardim Botânico da UFPR, durante a pandemia do (Sars-CoV-2), por meio de medições do nível de pressão sonora em conformidade com a legislação vigente e realizando a comparação dos níveis medidos de ruído antes e durante a pandemia foi possível verificar a influência desse evento nas condições acústicas do campus. Neste quesito, observou-se que os valores de pressão sonora foram reduzidos em função das medidas adotadas para o controle da pandemia.

Foi possível observar que, apesar da redução dos níveis de ruído ocorrido em função da pandemia, muitos pontos avaliados ainda apresentam valores acima dos níveis permitidos, demonstrando uma situação preocupante em relação à poluição sonora no local. Acredita-se que isso deve-se ao fato de que, apesar das atividades do campus estarem suspensas devido a pandemia, houve um retorno gradual das atividades na cidade e avanço da vacinação.

Resultados como os deste trabalho podem assessorar projetistas e gestores públicos a compreender quais ambientes precisam de intervenções prioritárias, e podem contribuir para a elaboração de cronogramas de ações de curto e médio prazo, com o objetivo de adequar o ambiente para oferecer melhores condições de ensino e maior qualidade de vida da população.

A redução da velocidade permitida das vias, instalação de radares eletrônicos, redução no número de veículos com rodízio de placas além de intervenções de engenharia como barreiras acústicas e asfaltos silenciosos são apenas algumas das possíveis soluções para reduzir a poluição sonora urbana. (ANNECKE; ZIMMERMAN, 2008; ELLEBJERG, 2007; COSTA, 2013; APS E BERNUCCI 2020). No entanto, para Zannin (2013) apenas soluções em conjunto e políticas públicas podem fazer a cidade pensar no controle do ruído de uma forma global.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, Erik de Lima. **Covid-19 Ruído Ambiental: Influência da pandemia nos níveis de pressão sonora externa de um hospital público**. Simpósio Brasileiro online de Gestão Urbana. São Paulo 2020.

ANNECKE, R., ZIMMERMAN, U. Examples of using traffic management measures on noise in cities - Munich¹ in Ellebjerg, L. (ed) Suíça, 2008.

APS, Marcia Liedj; BERNUCCI, Légi Bariani. **Mitigação do ruído proveniente do tráfego de rodovias por meio da implantação do revestimento asfáltico do tipo camada porosa de atrito – CPA: Caso Brasileiro**, São Paulo, 2020.

ARAUJO, Simone Adad. **Perda Auditiva Induzida por Ruído em Trabalhadores de Metalúrgica**. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rboto/a/SGH79Wv6CCKspLhy45ZnNzt/?lang=pt&format=pdf>. Acessado em 22/04/2020.

ARELT, C, STANAT, P, SCHNEIDER, W, SCHIEFELE, U. Competência de Leitura: Concepção de Teste e Resultados. Competências Básicas dos Alunos estudantes em uma comparação internacional. Alemanha, 2001.

ASENSIO C., PAVON I., DE ARCAS G. **Mudanças nos níveis de ruído na cidade de Madrid durante o bloqueio COVID- 19 em 2020**. *J. Acoust. Soc. Sou. Madri E2020*;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT (Brasil). NBR-10151: **Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o Conforto da Comunidade**, 2020.

BASNER, M., BABISCH, W., DAVIS, A., BRINK, M., CLARK, C., JANSSEN, S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. **The Lancet**, v. 383, n. 9925, p.1325-1332, 2014.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H. **Guidelines for community noise**. Geneva: World Health Organization: Protection of the Human Environment, 1999.

CAVALCANTE, Taciana Luce de Oliveira; ANDRADE, Wagner teobaldo Lopes. **Efeitos Auditivos e Extras Auditivos Decorrentes do Ruído na Saúde do Dentista 2007**. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/rbcs/article/view/11869/7304> Acessado em 22/04/2020.

Chiang C, Lai C. **Acoustical environment valuation of joint class- rooms for primary schools in Taiwan**. Build. Environ Taiwan, 2008;

CORTINO, Fabiana R. Dall, **Metodologia Para Definição De Estratégia De Controle E Avaliação De Ruído Ocupacional**. 2011. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ELLEBJERG, L. Effectiveness and Benefits of Traffic Flow Measures on Noise Control WP H.1 Methods for Noise Control by Traffic Management SILENCE, SILENCE_H.D1_20070105. 2007.

FIEDLER, P. E. K. **Poluição Sonora nos Eixos Estruturais de Transportes da Cidade de Curitiba-PR**. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental), Universidade Federal do Paraná, 2013.

GILAVAND; JAMSHIDNEZHAD, **The Effect of Noise in Educational Institutions on Learning and Academic Achievement of Elementary Students in Ahvaz**, SouthWest of Iran. Iran 2015.

HAGEN, M.; HUBER, L.; KAHLERT, J. Acoustic school easing. In: **Proc. Of the Int. Forum Acusticum Sevilla**, Sevilla, 2002.

KAHLERT, J. **Boas maneiras na escola. Reflexões sobre o valor pedagógico de escuta na escola projetada acusticamente**, Alemanha, 2000.

KAHLERT, J. **Escolas de design de forma auditiva. Audição e promoção da escuta como foco de um desenvolvimento escolar pedagogicamente orientado**. Gestão Escolar, Alemanha, 2002.

LUBMAN D, SUTHERLAND LC. **Uma boa acústica em sala de aula é um bom investimento**. In: Congresso Internacional de Acústica ICA, Roma, Itália; 2001.

MUNZEL, T., GORI, T., BABISCH, W., BASNER, M. Cardiovascular effects of environmental noise exposure. **European Heart Journal**, v. 35, n. 13, p.829-836, 2014.

MUNZEL, T., SCHMIDT, F.P., STEVEN, S., HERZOG, J., DAIBER, A., SORENSEN, M. Environmental Noise and the Cardiovascular System. **Journal Of The American College Of Cardiology**, v. 71, n. 6, p.688-697, 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA – PMC, SECRETARIA MUNICIPAL DO MEIO AMBIENTE – SMMA. Lei nº 10.625, de 19 de fevereiro de 2002: **Dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem estar e do sossego público e dá outras providências**. Curitiba, 2002.

SATTLER, M. A. **Ruído de tráfego rodoviário: estimativas a partir do fluxo de veículos**. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMATIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 519-522.

SCHITTINI, Gabrielle Kaminski. **Avaliação Objetiva e Subjetiva do Ruído Ambiental do Campus Politécnico da UFPR**. 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal do Paraná, 202

TZIVIAN, L.; JAKISCH, M.; WINKLER, A.; WEIMAR, C.; HENNIG, F.; SUGIRI, D.; SOPPA, V. J.; DRAGANO, N.; ERBEL, R.; JÖCKEL, K.H.; MOEBUS, S. **Associations of long-term exposure to air pollution and road traffic noise with cognitive function - An analysis of effect measure modification**. Environment International, v. 103, p.30-38, 2017.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION, Environmental Noise Guidelines for the European Region, **WHO Regional Office for Europe**, Copenhagen, Denmark, 2018. Disponível em: <http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>. Acesso em: 05 set. 2021.

WHO Coronavirus (COVID-19) painel. **Situação por país, território e área. 2021**. Disponível em: <https://covid19.who.int/table>. Acessado em 19 de julho de 2021.

VIEIRA, THOMAS JEFERSON. **Avaliação Da Poluição Sonora Nos Campi Centro Politécnico E Jardim Botânico Através De Medições E Mapas De Ruído**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2018.

ZANNIN, P. H. T.; ENGEL, M. S.E.; FIEDLER, P. E. K.; BUNN, F. **Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil**. Cities, v. 31, p. 317- 327, 2013.