

A EFICIÊNCIA DA VEGETAÇÃO URBANA NA ATENUAÇÃO DO RUÍDO PROVENIENTE DO TRÁFEGO RODOVIÁRIO

Maria Elisa Diniz Bucci¹
Luiz Felipe Silva²
Luciana Botezelli³
João Paulo de Lima Braga⁴

Resumo: A vegetação urbana contribui para a qualidade ambiental, para a saúde coletiva e bem-estar social. O objetivo deste estudo foi investigar a eficiência da vegetação urbana em relação à atenuação do ruído em uma área urbana. Os níveis sonoros foram avaliados em duas seções: uma ao longo de rodovia, com ruído de tráfego importante e outra, uma via arborizada com tráfego local, onde a vegetação foi caracterizada. Foram comparados os valores entre os níveis medidos e os estimados pelo modelo de predição. Verificou-se a associação entre as características dos indivíduos arbóreos e o ruído de tráfego. Os níveis sonoros foram 73,7 dB(A) e 62,5 dB(A) nas áreas contíguas à rodovia e ao corredor arborizado, respectivamente. Na mesma ordem, pelo modelo aplicado, os níveis foram 77,5 dB(A) e 68,4 dB(A). A circunferência dos troncos apresentou associação positiva significativa com os níveis sonoros.

Palavras-chave: Corredores verdes; Poluição sonora; Cidades; Saúde Pública

THE EFFICIENCY OF URBAN VEGETATION IN ATENUATING NOISE FROM ROAD TRAFFIC

Abstract: Urban vegetation contributes to environmental quality, collective health and social well-being. The aim of this study was to investigate the effectiveness of urban vegetation in attenuating noise in an urban area. Sound levels were assessed in two sections: one along a highway with significant traffic noise and the other, a tree-lined road with local traffic, where the vegetation was characterized. The values between the measured levels and those estimated by the prediction model were compared. The association between the characteristics of the trees and the traffic noise was verified. The sound levels were 73.7 dB(A) and 62.5 dB(A) in the areas adjacent to the highway and the wooded corridor, respectively. In the same order, with the model applied, the levels were 77.5 dB(A) and 68.4 dB(A). The circumference of the trunks showed a significant positive association with sound levels.

¹ Doutoranda em Demografia no Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais (CEDEPLAR/UFMG). Email: maelisdiniz@gmail.com

² Professor Associado no Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Email: lfelipe@unifei.edu.br

³ Docente da Universidade Federal de Alfenas, Campus Poços de Caldas (MG). Email: luciana.botezelli@gmail.com

⁴ Mestre em Biodiversidade em Unidades de Conservação pela Escola Nacional de Botânica Tropical (ENBT, RJ). Email: braga.joao@gmail.com

Keywords: Green corridors; Noise pollution; Cities; Public health

INTRODUÇÃO

O intenso fluxo de tráfego de veículos automotores é uma realidade predominante nos centros urbanos, sendo considerado como uma fonte relevante de ruído associado ao incômodo gerado, como tem sido objeto em estudos no Brasil (Paz; Ferreira; Zannin, 2005) e no Canadá (Ragetti *et al.*, 2015), em que os autores encontraram uma sobreposição do incômodo causado pelo tráfego rodoviário se comparado com as demais fontes emissoras de ruído.

A exposição ao ruído é um importante problema de saúde coletiva, já que pode trazer agravos auditivos e não auditivos (Who, 2011). Assim, morar perto de áreas barulhentas pode causar incômodo, irritabilidade e angústia, afetando diretamente no comportamento destes habitantes (Guski; Schreckenberg; Schuemer, 2017). Isto posto, a vegetação presente no meio urbano acaba por contribuir positivamente para a atenuação desta exposição. Seu funcionamento como barreira sonora, sua capacidade de afetar na percepção individual da diminuição do incômodo causado pelo ruído (Koprowska *et al.*, 2018), atuando como “buffer” psicológico em áreas com elevada poluição sonora (Dzhambov; Dimitrova, 2015) são funcionalidades importantes deste recurso.

Todavia, para que a vegetação funcione como barreira acústica e haja uma atenuação nos níveis de ruído, é necessário que haja um planejamento em conjunto, considerando a existência deste recurso e as demais características do meio urbano, como as características das vias, dos edifícios e dos demais tipos de construção (Margaritis; Kang, 2016; Sakieh *et al.*, 2017). Para além disso, existem características intrínsecas dos indivíduos arbóreos que contribuem na diminuição da poluição sonora, como altura (Porto; Jesus; Prereira Junior, 2018; Oliveira *et al.*, 2018; Pathak; Tripathi; Mishra, 2011; Avsar; Gonullu, 2005; Van Renterghem *et al.*, 2012), espécie (Fang; Ling, 2003), dimensão foliar (Pathak; Tripathi; Mishra, 2011; Karbalaei *et al.*, 2015) e densidade da copa (Islam *et al.*, 2012).

Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi investigar a eficiência da vegetação urbana em relação à atenuação do ruído sonoro presente em uma área de vasto tráfego rodoviário, a rodovia BR-459, no município de Itajubá, sul de Minas Gerais.

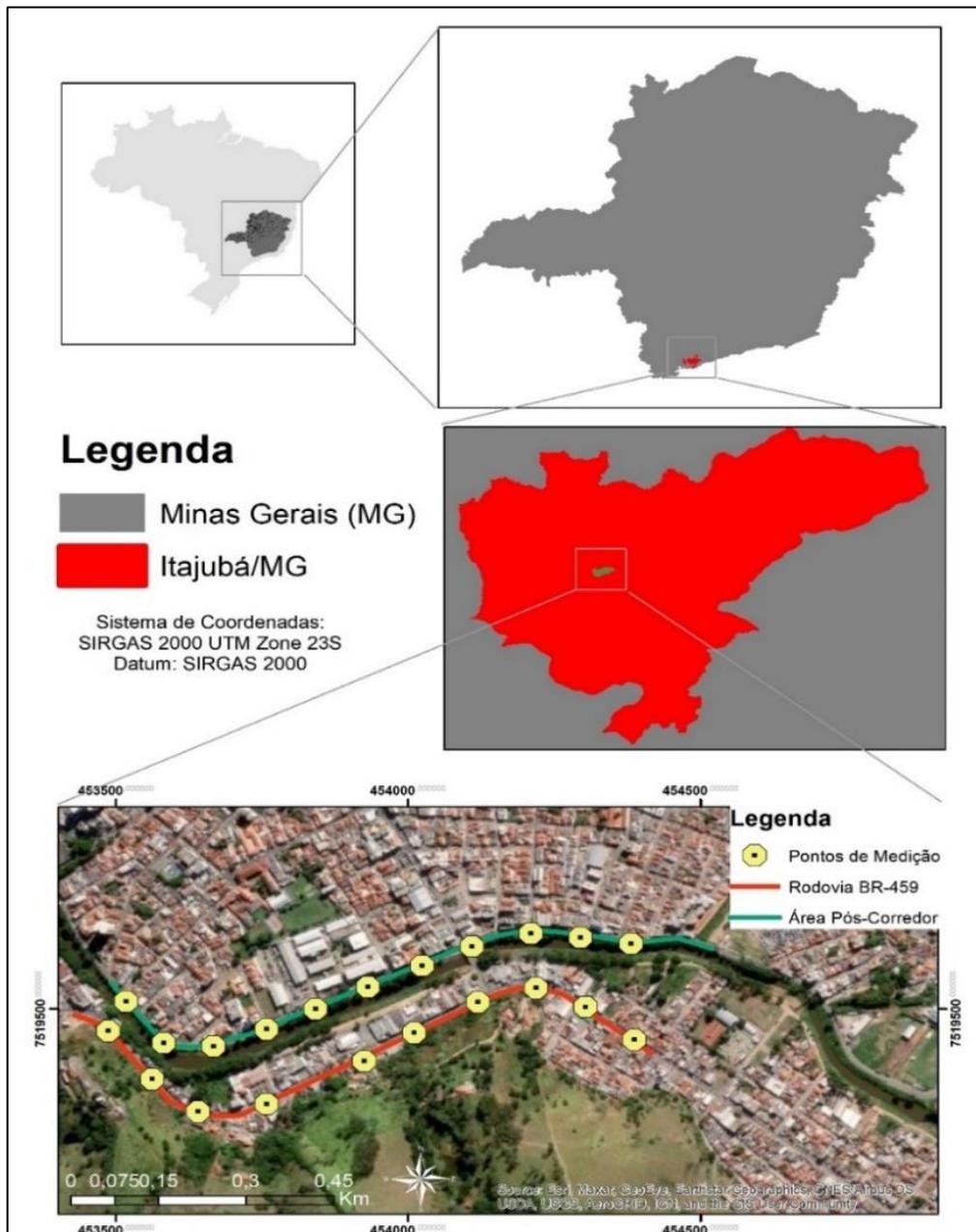
PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

LOCAL DE ESTUDO

Geograficamente, Itajubá é um município localizado na mesorregião Sul/Sudoeste do Estado de Minas Gerais, fazendo divisa apenas com municípios mineiros (IBGE, 2014). Este município possui uma área de 294,835 km² e conta com uma população estimada de 96.869 habitantes. Seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,787 (IBGE, 2019), sendo considerado superior ao brasileiro (PNUD, 2021) e ao mineiro (IBGE, 2021). O bioma do município é a Mata Atlântica, que é considerado um *hotspot* mundial com alto grau de vulnerabilidade devido ao alto grau de endemismo e diversidade de suas espécies, abrigando de 1 a 8% da biodiversidade mundial (MMA, 2000). Estimava-se que 50,1% das vias públicas do município fossem arborizadas em 2010 (IBGE, 2019). A vegetação presente na área urbana do município de Itajubá é mais fortemente observada na forma de mata ciliar do rio Sapucaí, tendo sido observados poucos indivíduos arbóreos presentes nas vias e em algumas praças locais.

A área analisada encontra-se entre os bairros Porto Velho, Varginha e São Sebastião. A escolha se justifica pelo fato de a área ser dotada tanto de uma barreira sonora constituída por vegetação arbórea como também por um logradouro com grande movimento de tráfego rodoviário urbano, isento deste atributo. Os pontos de medição foram nomeados em ordem crescente iniciando-se da esquerda para a direita (Figura 1). A via sem vegetação é compreendida pela BR-459, uma rodovia federal que contribui para a existência do tráfego rodoviário entre as unidades federativas de São Paulo e Minas Gerais. Apesar de a área analisada ser predominantemente residencial, existem algumas atividades comerciais ou industriais ao longo da sua extensão.

Figura 1. Localização da área estudada



Fonte:

adaptada de IBGE, 2014

MAPEAMENTO ACÚSTICO E NÍVEL SONORO EQUIVALENTE

A elaboração de mapas acústicos contribui com o zoneamento adequado do solo urbano, sendo ferramentas úteis no planejamento urbano, uma vez que avaliam os impactos decorrentes do ruído presente na área analisada e contribuem por estratégias mais eficientes e otimizadas do tráfego rodoviário nas cidades (Brito, 2017). Ainda conforme Brito (2017), a importância da elaboração de mapas acústicos vai além do planejamento urbano, englobando, inclusive, questões relacionadas à saúde coletiva, posto que áreas residenciais e de descanso precisam ficar localizadas distante de locais de entretenimento e barulhentos.

Para a elaboração do mapa acústico para a área de estudo do município de Itajubá/MG foi utilizada a versão demo do *software SoundPLANessential*® 5.0, tendo ferramentas aptas para uma visualização melhor em relação ao nível de ruído presente na área. O mapa acústico foi, então, confeccionado levando em consideração os valores da estimativa de fluxo diário em um período de 16 horas, entre 6 h às 22 h, sendo: 10.291 veículos utilitários (carros, vans, micro-ônibus, etc), 3.526 motocicletas e 1.718 veículos considerados pesados (ônibus, caminhões, máquinas etc). Este período de 16 horas se deve ao fato de a coleta dos dados ter sido realizada apenas presencialmente, havendo restrições quanto à segurança da pesquisadora.

As medições foram realizadas entre duas semanas de janeiro de 2021 em dois períodos distintos, considerando a ABNT 10.151/2020 (ABNT, 2020), sendo o período diurno (7h às 19h) e noturno (19h até às 23h). As medições na faixa de horário das 23h às 7h foram inviabilizadas por questões de segurança do pesquisador. Foi utilizado o medidor de nível sonoro modelo DEC-490 fabricado pela *Instrutherm* classe 2 para caracterizar o nível sonoro das áreas.

Dessa forma, foram realizadas 11 medições na via protegida pelo corredor de vegetação e dez medições na rodovia, como é possível ser visualizado na Figura 1 apresentada anteriormente. Os dados foram levantados de domingo à segunda-feira, considerando pontos aleatórios de medição espaçados de modo uniforme entre um e outro, considerando uma distância aproximada de 100 metros. Pontos de medição onde houvesse alguma interferência de ruído de outras fontes, que não a do tráfego rodoviário, foram desconsiderados. Cada medição de ruído teve a duração de 15 minutos e os dados de localização, umidade relativa e temperatura do ar foram registrados.

Os níveis sonoros equivalentes de cada ponto foram determinados conforme estabelece a norma NBR 10.151/2020 (ABNT, 2020). Além dos níveis sonoros equivalentes, também foram determinados outros parâmetros estatísticos, L_{10} , L_{50} e L_{90} , que representam o nível de pressão sonora excedido em porcentagem durante 10, 50 e 90% do tempo, respectivamente. Após determinar os níveis sonoros, foram calculados os valores das médias e os respectivos erros-padrão, considerando o erro do equipamento utilizado de 2 dB(A) (Behar; Plener, 1984).

CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO

Para realizar o levantamento da caracterização e da composição florística dos indivíduos arbóreos presentes no local estudado, foi feito um levantamento das coordenadas geográficas com o auxílio de um equipamento *Global Positioning System* (GPS). Além disso, visitas diárias foram realizadas nos locais de estudo durante duas semanas para levantar as características dos indivíduos arbóreos (porte, circunferência do tronco, largura das folhas e da copa) e sua composição florística (família, nome

científico, nome vulgar e origem). Não foi realizada supressão da vegetação durante a coleta de dados

As medições de porte e de copas foram feitas de modo visual, considerando os indivíduos de porte pequeno aqueles com até 6 metros de altura, os de porte médio de 7 a 10 metros e os de porte grande aqueles com altura entre 10 e 15 metros (UNESP, 2017). Já para as larguras para as copas, foram consideradas pequenas aquelas com até 6 metros de largura, médias de 6 a 12 metros, e grandes aquelas com valores superiores a 12 metros (PMC, 2016). Para as medições da circunferência do tronco e da largura das folhas foi utilizado uma trena.

Os aspectos da composição florística foram levantados por meio de consultas a especialistas na área e livros, *websites* de universidades e jardins botânicos, a ferramenta *online* disponibilizada pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro, o *Flora do Brasil Online 2020* (FBO, 2020), e o banco de dados *The Plant List* (TPL, 2013). Para aqueles indivíduos que não forem prontamente identificados foram realizados registros fotográficos e posterior identificação com auxílio de especialistas na área.

ANÁLISE DE DADOS

MODELOS DE CÁLCULO DE NÍVEL SONORO EQUIVALENTE

A análise de redução de ruído foi feita por meio da comparação entre a estimativa obtida por meio da aplicação do algoritmo proposto pela *Federal Highway Administration* dos Estados Unidos (Equações 2 e 3) (Fhwa, 1998; Steele, 2001) e o valor real obtido por meio das medições realizadas nas áreas estudadas, a rodovia BR-459 e a via protegida pelo corredor de vegetação, e determinado pela Equação (1) proposta pela norma brasileira NRR 10.151 (ABNT, 2020). A comparação deu-se levando em consideração o $L_{Aeq(total)}$ obtido para ambas as áreas. Dessa forma, tem-se:

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T_n} \sum_{t=1}^t 10^{L_i/10} \cdot t_i \quad (1)$$

$$L_{Aeq(1h,i)} = L_{5s,z} + 10 \log \left(\frac{n}{vt} \right) + 10 \log \left(\frac{15}{d} \right)^{1+\alpha} + A_{combinada} - 13 \quad (2)$$

$$L_{Aeq(total)} = \sum_{i=1}^i 10 \log \left(10^{\left(\frac{L_{Aeq,i}}{10} \right)} \right) \quad (3)$$

em que:

L_{Aeq} : nível sonoro equivalente ponderado na escala A [dB(A)];

T_n : número total de leituras realizadas;

L_i : nível de ruído medido ponderado na escala A [dB(A)];

t_i : tempo das medições realizadas (s);

$L_{Aeq(1h,i)}$, $L_{5s,z}$: nível sonoro equivalente no período de uma hora e 5 segundos por categoria de veículo [dB(A)];

n : número de veículos que transitam por hora, para a categoria de veículo considerada;

v : velocidade do veículo (50 km/h);
 t : tempo de análise (1 h);
 d : distância entre o ponto de análise e o centro da via (5 m);
 α : coeficiente que considera o tipo de solo, no caso, α corresponde a zero;
 $A_{combinada}$: atenuação combinada (dB);
 $L_{Aeq(total)}$: nível sonoro equivalente total [dB(A)].

O fluxo horário de veículos nas áreas analisadas foi contabilizado em cada medição de 15 minutos, sendo necessária realizar uma estimativa destes valores para o período de uma hora (Tabela 1).

Tabela 1. Estimativa do fluxo horário de veículos que trafegam pela BR-459 e pela via protegida pelo corredor de vegetação.

TIPO DE VEÍCULO	VEÍCULOS/HORA BR-459	VEÍCULOS/HORA CORREDOR
Veículos utilitários (automóveis, vans, micro-ônibus etc.)	643	159
Motocicletas	220	43
Veículos pesados (ônibus, caminhões, máquinas etc.)	107	10

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

TESTE DE CORRELAÇÃO DO RANQUEAMENTO DE SPEARMAN

Para investigar a correlação existente entre as características dos indivíduos arbóreos levantados com a possível atenuação do ruído, foi utilizado o teste de correlação do ranqueamento de *Spearman*. Este teste é feito de modo a estimar a existência de uma correlação entre duas variáveis aleatórias, que não necessariamente estão relacionadas de modo linear (Crawshaw; Chambers, 2001). Assim sendo, para a realização desta análise, foram utilizados os dados obtidos em cada ponto de medição da via protegida pelo corredor de vegetação dispostos de forma ranqueada e em ordem decrescente, sendo eles: porte, largura das folhas e das copas, circunferência do tronco e o nível sonoro.

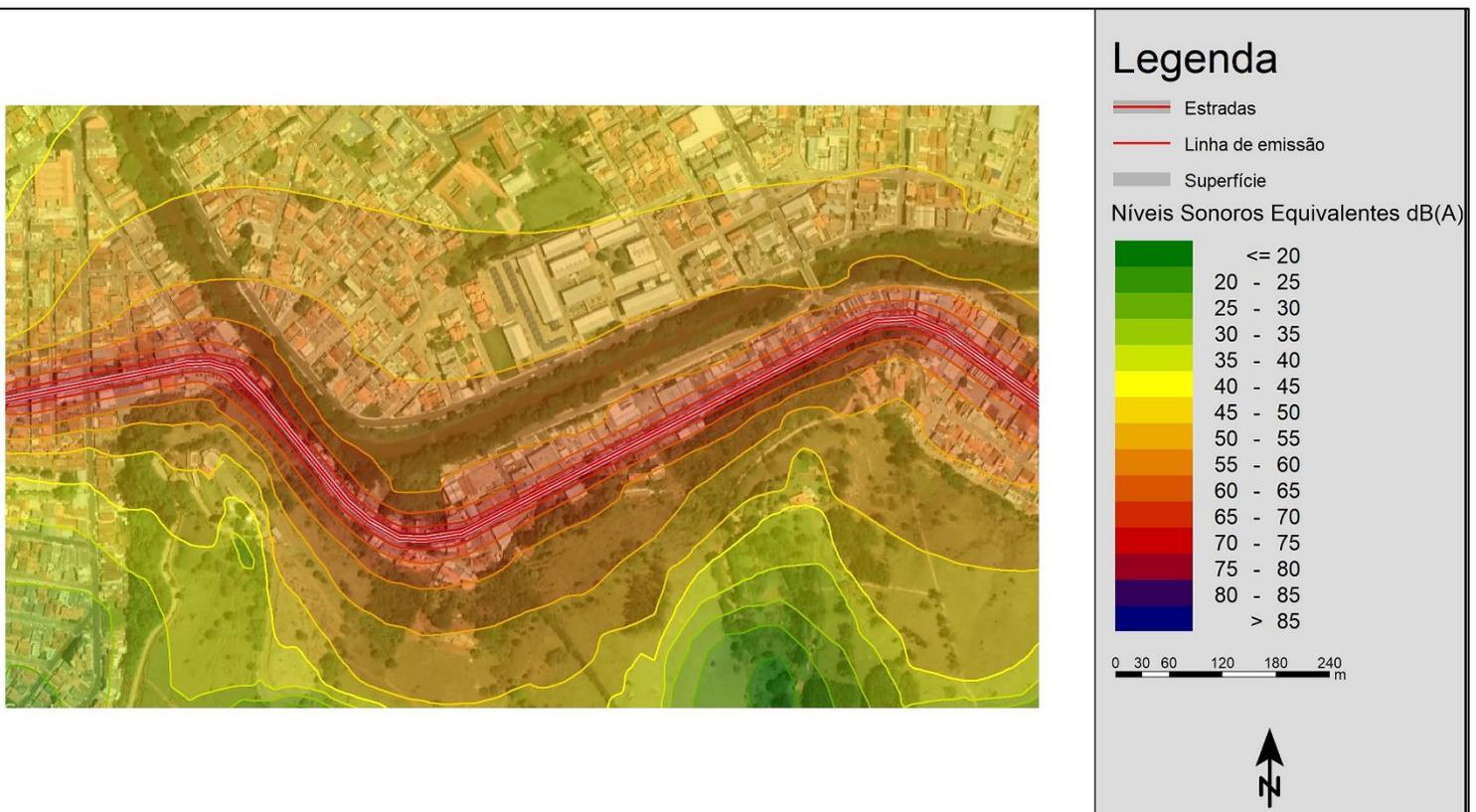
RESULTADOS E DISCUSSÃO

MAPA ACÚSTICO

A aplicação do modelo por mapeamento demonstrou que as áreas de maiores valores de nível sonoro equivalente estão localizadas próximas aos trechos da Rodovia BR-459, tendo valores superiores a 70 dB(A) durante o período diurno e expressos em uma tonalidade mais avermelhada no mapa acústico confeccionado (Figura 2). Estes valores ultrapassam aqueles estipulados pela norma ABNT 10.151/2020 (ABNT, 2020), o que poderia vir a causar danos à saúde da população residente na área. É válido destacar que, apesar de ser uma rodovia federal e com ocupação predominantemente comercial, ainda há residências ao longo desta via, tornando necessária a mitigação dos danos ambientais causados pela elevada poluição sonora local causada pelo intenso fluxo de veículos automotores. Os resultados encontrados corroboram os achados de pesquisa realizada em São Carlos/SP, onde os autores, além de encontrarem valores de nível sonoro superiores a aqueles encontrados na norma (ABNT, 2020), ainda

pontuaram que a população fica fortemente exposta ao ruído, sendo necessária a adoção de medidas mitigatórias que visem a qualidade de vida da comunidade (Suriano; Souza; Silva, 2015). Valores elevados de nível sonoro também foram encontrados no mapeamento acústico realizado em uma avenida do município de Aracaju/SE, chegando a ultrapassar 70 dB(A) no período diurno (Guedes; Bertoli, 2014), assim como encontrado no presente estudo. Em 18 bairros do município de Belém/PA foram encontrados valores elevados de nível sonoro, ultrapassando 80 dB(A) em algumas áreas analisadas (Miranda; Macedo, 2014). Os autores ainda constataram que intensidade sonora e calor são variáveis independentes, ou seja, apesar de serem elementos que garantam conforto ambiental, não possuem relação entre si. Em um estudo realizado em um distrito da cidade de Jeddah, na Arábia Saudita, o autor encontrou valores elevados de níveis sonoros equivalentes não apenas durante o dia, como, também, durante a noite (Zytoon, 2016). Tal resultado foi encontrado devido ao intenso tráfego de veículos e a atividade recreativa da população que reside na área. O autor supracitado ainda demonstrou a existência de um elevado nível de incômodo da comunidade com o ruído proveniente do tráfego veicular, o que configuraria um problema de saúde pública.

Figura 2. Mapa acústico diurno para o trecho localizado entre os bairros Porto Velho, Varginha e São Sebastião no município de Itajubá/MG.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

Além disso, os valores do nível sonoro equivalente tendem a diminuir consideravelmente com o aumento do distanciamento da rodovia, podendo chegar a valores inferiores a 20 dB(A) e sendo representados pela tonalidade amarela à verde no mapa acústico elaborado e anteriormente apresentado (Figura 2). Por mais que exista uma diminuição dos valores, é importante ressaltar que, apesar da velocidade veicular do trecho ser de 40 km/h, não foram feitas coletas de dados de velocidade dos veículos

que passavam pela área. Isto pode ser uma limitação do presente estudo, já que o aumento da velocidade em uma superfície lisa pode aumentar a exposição ao ruído que a população sofrerá (ECE *et al.*, 2018).

CARACTERIZAÇÃO DOS NÍVEIS SONOROS

Foram encontrados resultados menores de níveis sonoros na via protegida pelo corredor de vegetação se comparado à rodovia, que é livre deste atributo, por meio da aplicação da Equação (1) (Tabela 2). Os níveis sonoros medidos caracterizam bem o ambiente, pois os valores de erros-padrão encontrados estão abaixo do limite estabelecido de 2 dB(A). Ainda assim, o fluxo de veículos nas duas áreas é distinto, sendo mais fortemente observado na rodovia BR-459, se comparado com a via protegida pelo corredor de vegetação. Apesar de existirem estudos que correlacionem a existência de uma faixa de vegetação e a diminuição do nível sonoro (ISLAM *et al.*, 2012; KARBALAEI *et al.*, 2015), os resultados encontrados ainda se mostraram incipientes, uma vez que as áreas possuíam volumes de tráfego rodoviário distintos.

Tabela 2. Caracterização dos níveis sonoros da área em dB(A) na rodovia BR-459 e na via posterior ao corredor de vegetação, em que FS representa os horários coletados aos finais de semana (das 13h às 19h) e DU os horários de coletas realizadas nos dias úteis, sendo D o período entre às 07h e 13h, V aquele das 13h às 19h e, por fim, N seria das 19h até às 22h.

PONTO DE MEDIÇÃO	PERÍODO	RODOVIA BR-459				CORREDOR			
		L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L _{Aeq}	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L _{Aeq}
1	FS	57,8	66,7	74,0	73,7	52,3	58,9	67,8	64,0
	DU D	60,3	68,7	76,7	74,1	49,1	54,2	65,2	63,8
	DU V	56,1	66,8	75,3	73,3				
	DU N	53,8	62,4	73,4	73,4				
2	FS					47,2	51,5	61,5	58,7
	DU D	62,4	70,0	76,8	74,6	49,9	54,5	63,8	61,2
	DU V	59,3	69,1	77,9	75,3	48,4	53,6	64,7	65,5
	DU N					49,0	55,4	64,4	60,8
3	FS	56,8	66,9	75,4	72,4				
	DU D	62,4	69,4	77,5	76,8	49,3	53,4	62,4	60,2
	DU V	60,5	70,6	77,8	75,6	49,3	54,3	64	61,6
	DU N	53,0	65,2	75,9	73,7				
4	FS					50,3	53,0	59,8	57,1
	DU D	59,4	67,2	75,1	79,0	51,9	56,2	62,4	61,9
	DU V	58,1	67,8	75,7	74,8	49,0	53,5	62,4	63,4
	DU N					48,2	52,8	61,3	59,0

continua...

...conclusão.

PONTO DE MEDIÇÃO	PERÍODO	RODOVIA BR-459				CORREDOR			
		L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L _{Aeq}	L ₉₀	L ₅₀	L ₁₀	L _{Aeq}
5	FS	56,9	63,1	70,9	70,3				
	DU D	60,4	66,6	74,4	72,3	48,3	52,2	61,6	61,9
	DU V	62,8	67,1	74,9	72,5	48,7	53,2	64,4	63,3

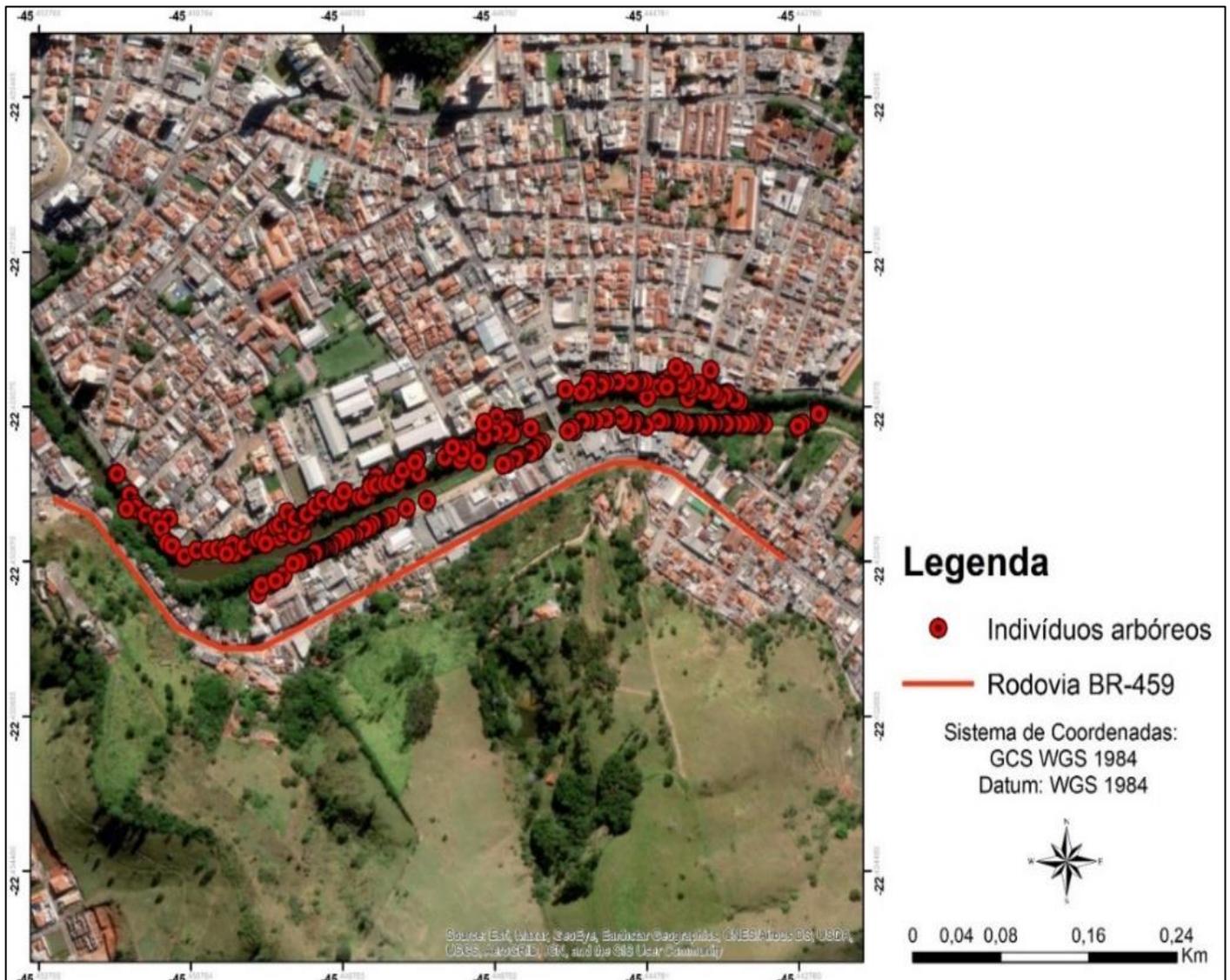
	DU N	57,9	64,9	74,5	73,5				
	FS					48,2	50,4	58,8	57,8
6	DU D	57,2	66,3	74,1	71,6	46,7	50,3	61,0	66,6
	DU V	59,5	67,5	75,6	73,7	47,9	54,2	63,0	64,1
	DU N					46,2	52,1	61,1	59,2
	FS	54,9	62,0	70,2	69,8				
7	DU D	61,3	67,0	75,1	73,7	51,1	54,3	63,0	63,5
	DU V	59,7	66,9	75,7	74,1	49,7	54,2	62,7	65,7
	DU N	57,5	65,5	78,6	83,0				
	FS					50,7	56,0	64,0	60,7
8	DU D	61,0	66,5	72,4	69,9	55,6	60,9	66,2	65,9
	DU V	61,4	67,0	72,9	70,5	53,0	58,4	65,4	64,4
	DU N					50,9	56,9	65,5	62,7
	FS	54,3	64,6	72,1	68,8				
9	DU D	59,1	66,3	73,4	71,3	49,5	56,6	64,6	64,5
	DU V	64,5	69,1	75,5	74,8	48,5	55,4	64,6	61,8
	DU N	56,4	65,2	74,3	72,2				
	FS					48,0	52,6	62,2	58,3
10	DU D	61,6	69,1	77,5	77,6	50,3	57,5	65,2	68,3
	DU V	64,4	69,4	75,3	74,1	49,9	56,4	65,2	62,1
	DU N					48,4	53,9	61,9	58,3
	FS								
11	DU D					50,4	56,5	67,9	68,8
	DU V					52,9	58,3	68,5	65,3
	DU N								
	FS								
	Média	59,0	66,8	75,0	73,7	49,7	54,7	63,6	62,5
	Erro Padrão	1,1	0,8	0,8	1,1	0,7	0,9	0,8	1,1

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO URBANA

Foram contabilizados 273 indivíduos arbóreos (Figura 3) no trecho analisado entre os bairros Porto Velho, Varginha e São Sebastião em Itajubá/MG, os quais podem favorecer uma possível atenuação do ruído na área (Tiagy; Kuma; Jain, 2006), posto que, conforme resultados encontrados por Oliveira *et al.* (2018), quanto maior a densidade de vegetação presente em uma área, maior será sua capacidade de atenuar o ruído.

Figura 3. Indivíduos arbóreos que fazem parte do corredor de vegetação analisado no trecho analisado no município de Itajubá/MG.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

Dentre os indivíduos arbóreos contabilizados na área, duas espécies tiveram destaque em relação à sua frequência, a *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit e a *Pleroma granulosa* (Desr.) D. Don, que contabilizaram juntas cerca de 38,09% os dados coletados (Tabela 3). Não foram encontrados estudos que correlacionassem as duas espécies com a diminuição da poluição sonora. No entanto, Pathak, Tripathi e Mishra (2007) demonstraram a eficiência da *Murraya paniculata* (L.) Jack na redução do ruído, espécie que está presente na composição florística do local, contudo, com uma frequência bem reduzida (2,56%) (Tabela 3). Outro estudo também demonstrou a atenuação de 6 a 10 dB(A), este ocasionado pela *Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco (Fang; Ling, 2003), que corresponde a 1,47% dos indivíduos levantados (Tabela 3). O plantio de *Murraya paniculata* é proibido no estado de São Paulo por serem hospedeiras de um inseto transmissor da praga do *Greening*, que prejudica a citricultura (ALSP, 2008).

Tabela 3. Dados da composição florística do trecho analisado, em que N representa o número absoluto e (%) a frequência em porcentagem das espécies.

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR	ORIGEM	N (%)
Agavaceae	<i>Yucca</i> sp.	iuca	Exótica	4 (1,47)
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	mangueira	Exótica	5 (1,84)
	<i>Schinus molle</i> L.	aroeira-salsa	Nativa	1 (0,37)
	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	aroeira-pimenteira	Nativa	1 (0,37)
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.	espirradeira	Exótica	1 (0,37)
Araucariaceae	<i>Araucaria heterophylla</i> (Salisb.) Franco	araucaria-de-Norfolk	Exótica	4 (1,47)
Asparagaceae	<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	dracena, peregum	Exótica cultivada	3 (1,1)
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.DC.) Mattos	ipê-amarelo	Nativa	4 (1,47)
	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-roxo-bola	Nativa	5 (1,84)
	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	jacarandá-mimoso	Exótica	4 (1,47)
	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	espatódea, tulipeiro-da-África	Exótica	2 (0,74)
	<i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton	ipê-de-El-Salvador	Exótica	8 (2,94)
	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	ipê-branco	Nativa	2 (0,74)
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	mamoeiro	Naturalizada	1 (0,37)
Clusiaceae	<i>Garcinia cochinchinensis</i> (Lour.) Choisy	mangostão-amarelo	Exótica	1 (0,37)
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	cipreste	Exótica	1 (0,37)
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch	poinsétia	Exótica	2 (0,74)
Fabaceae	<i>Bauhinia variegata</i> L.	pata-de-vaca	Exótica	2 (0,74)
	<i>Cenostigma pluviosum</i> var. <i>peltophoroides</i> (Benth.) Gagnon & G.	sibipiruna	Nativa	2 (0,74)

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR	ORIGEM	N (%)
Fabaceae	<i>Erythrina verna</i> Vell.	mulungu	Nativa	1 (0,37)
	<i>Inga edulis</i> Mart.	ingá	Nativa	7 (2,57)
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	leucena	Exótica invasora	72 (26,38)
	<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	pau-Brasil-verdadeiro	Nativa	1 (0,37)
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	canafístula	Nativa	1 (0,37)
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	guapuruvu	Nativa	2 (0,74)
	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	amendoim-acácia	Exótica	1 (0,37)
	<i>Zygia inundata</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	-----	Nativa	1 (0,37)
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	abacateiro	Exótica	5 (1,84)
Magnoliaceae	<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	magnólia-amarela	Exótica	2 (0,74)
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i> D C.	acerola	Exótica	1 (0,37)
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	paineira	Nativa	1 (0,37)
Melastomataceae	<i>Pleroma granulosum</i> (Desr.) D. Don	quaresmeira	Nativa	32 (11,73)
Meliaceae	<i>Melia azedarach</i> L.	mélia, amargoseira	Exótica invasora	24 (8,8)
Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	figueira-benjamim	Exótica	2 (0,74)
	<i>Ficus variegata</i> Blume	ficus, figueira	Exótica	5 (1,84)
	<i>Morus nigra</i> L.	amora-negra	Exótica	8 (2,94)
Myrtaceae	<i>Eugenia uniflora</i> L.	pitangueira	Nativa	5 (1,84)
	<i>Psidium guajava</i> L.	goiabeira	Naturalizada	4 (1,47)
	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	jambo-rosa	Exótica	1 (0,37)
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i> Choisy	primavera	Nativa	8 (2,94)
Pandanaceae	<i>Pandanus</i> sp.	pândano	Exótica	6 (2,2)
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	nespera, ameixa-	Exótica	5 (1,84)

amarela

continua...

conclusão.

FAMÍLIA	NOME CIENTÍFICO	NOME VULGAR	ORIGEM	N (%)
Rutaceae	<i>Citrus</i> sp.	limoeiro	Exótica	3 (1,1)
	<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack	murta	Exótica	7 (2,57)
Salicaceae	<i>Salix babylonica</i> L.	chorão	Exótica cultivada	1 (0,37)
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	sabão-de-soldado	Nativa	1 (0,37)
Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	Indeterminada	13 (4,77)

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

ANÁLISE DE REDUÇÃO DE RUÍDO

MODELOS DE CÁLCULO DE NÍVEL SONORO EQUIVALENTE

Por meio da aplicação das Equações 1, 2 e 3, os valores obtidos em campo foram 73,7 dB(A) e 62,5 dB(A) para as áreas contíguas à rodovia e ao corredor de vegetação, respectivamente. Na mesma ordem, segundo o modelo aplicado, os valores dos L_{Aeq} foram s 77,5 dB(A) e 68,4 dB(A). Os resultados distintos demonstraram que o valor estimado corresponde, em energia, a 2,4 vezes o verificado na medição, enquanto que para o corredor este valor equivale a 3,9 vezes, representando uma diferença de 55% e 97%, respectivamente. Possivelmente, a maior diferença do valor estimado deve-se pela atenuação combinada da área devido a presença da vegetação urbana, uma vez que as áreas são semelhantes e distinguem-se apenas pela presença deste atributo e do fluxo de veículos. Tal achado pode demonstrar a relação entre a existência de uma faixa de vegetação e a diminuição do nível sonoro (Karbalaei *et al.*, 2015; Tiagy; Kuma; Jain, 2006; Oliveira *et al.*, 2018).

TESTE DE CORRELAÇÃO DO RANQUEAMENTO DE SPEARMAN

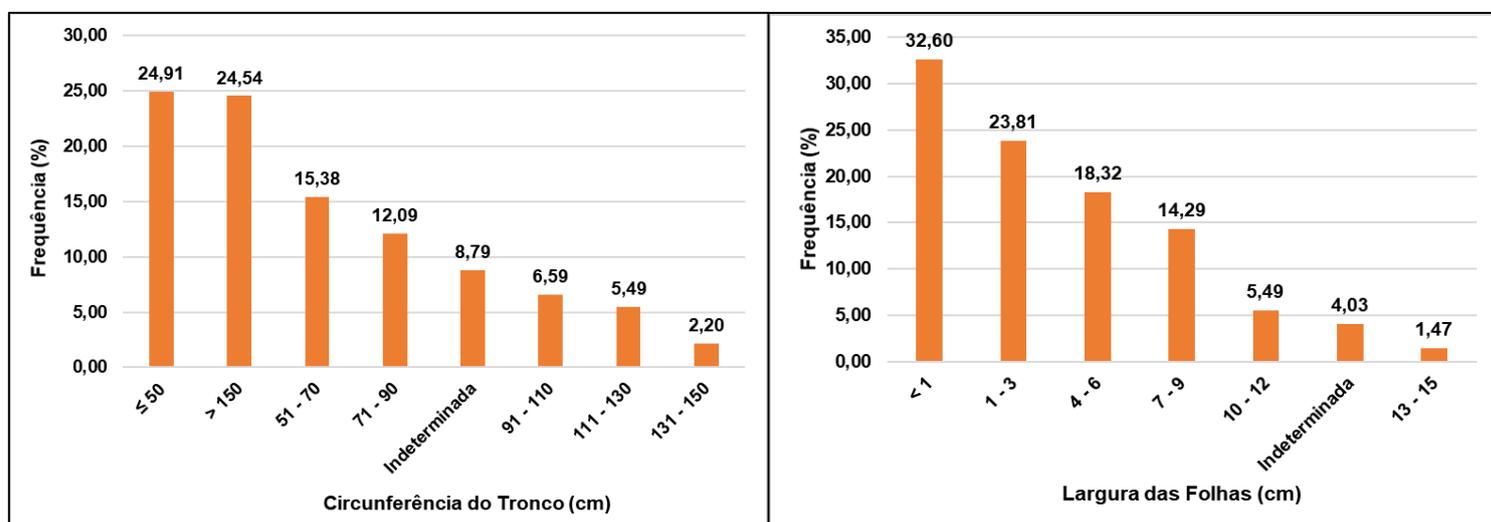
A altura pode estar diretamente correlacionada com a atenuação do ruído, sendo que indivíduos arbóreos mais altos proporcionam uma maior diminuição dos valores de nível sonoro (Oliveira *et al.*, 2018; Porto; Jesus; Pereira Junior, 2018). Serão mais eficientes aqueles indivíduos arbóreos que forem capazes de desviar a onda sonora para cima, isto é, aqueles que tenham alturas maiores que a da fonte emissora de ruído e superiores em relação ao corpo receptor, no caso, o ouvinte (Pathak; Tripathi; Mishra, 2011). Apesar de ser considerada uma redução de ruído limitada pelos autores, os indivíduos arbóreos entre 8 e 9 metros existentes no meio urbano tendem a absorver de 3 a 4 dB(A) (Avsar; Gonullu, 2005). Van Renterghem *et al.* (2012) demonstraram a boa eficiência de indivíduos com alturas menores, sendo essencial o uso de várias barreiras para otimizar o efeito da atenuação do ruído.

Os resultados encontrados neste estudo referente ao porte demonstraram que 45,05% dos indivíduos arbóreos da área estudada eram do porte pequeno, 37,36% de porte grande e 17,58% de porte médio, não possuindo relação com o aumento do nível

de ruído, já que não foi encontrada uma associação significativa ($\rho = 0,5$; $p > 0,05$) entre indivíduos arbóreos de porte maiores e valores maiores de pressão sonora.

Em relação ao tronco, existem algumas propriedades que estão correlacionadas com a absorção do ruído, como, por exemplo, a rugosidade da sua casca (Li *et al.*, 2020) e madeiras consideradas como sendo mais esponjosas (Madhav, 2011). Apesar de Ow e Ghosh (2017) destacarem que, quanto maior a espessura do tronco, melhor a eficiência das barreiras vegetativas, Oliveira *et al.* (2018) encontraram resultados contrários, contendo, inclusive uma correlação negativa. Os valores encontrados no presente estudo (Figura 4) demonstraram uma associação significativa entre a circunferência do tronco e os valores dos níveis sonoros existentes na área ($\rho = 0,7$; $p < 0,05$), demonstrando que o corredor de vegetação estudado pode funcionar como uma barreira reflexiva do ruído existente, sendo necessário, assim, a realização de novos estudos na área que possam investigar tal associação.

Figura 4. Frequência em porcentagem da circunferência do tronco e da largura das folhas dos indivíduos arbóreos encontrados no trecho analisado.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024

Além disso, existem evidências de que plantas com folhas muito grandes possuem a capacidade de absorver poluentes (Pathak; Tripathi; Mishra, 2011). Existem diferenças de absorção entre as diversas estações do ano, sendo que no verão árvores de folhas mais largas absorvem mais o ruído do que aquelas consideradas como sendo coníferas e, conseqüentemente, de folhas mais finas, já no outono e inverno este papel se inverte devido à queda de folhas pelos indivíduos que possuem este atributo como sendo mais largo (Karbalaei *et al.*, 2015). A quantidade de indivíduos com folhas consideradas pequenas supera a de folhas mais largas (Figura 4), atendendo uma parcela de 56,41% dos dados levantados. Tal resultado não teve associação significativa ($\rho = 0,0$; $p > 0,05$) com o aumento da pressão sonora.

Apesar de não terem encontrado correlação entre o diâmetro da copa e a redução do ruído (Porto; Jesus; Pereira Junior, 2018), alguns estudos buscam demonstrar tanto que corredores de vegetação com larguras maiores possuem maior capacidade de atenuar o ruído – Karbalaei *et al.* (2015) constataram que 100 metros de largura em uma faixa verde promoviam maior atenuação do ruído – como também que a maior densidade das copas é um fator preponderante na atenuação do ruído e na absorção de poluentes atmosféricos (Islam *et al.*, 2012). Além disso, a maior densidade foliar pode demonstrar maior eficiência na atenuação do ruído (Ozer; Irmak; Yilmaz, 2007), podendo

ser correlacionada com o porte do indivíduo de modo a otimizar tal funcionalidade, como, por exemplo, indivíduos com maior densidade e maior altura tende a atenuar as ondas sonoras (Fang; Ling, 2003). Os achados demonstraram uma maior frequência de indivíduos arbóreos que continham copas consideradas pequenas (74,36%), 21,61% deles tinham copas médias e 4,03% eram grandes, não tendo uma associação significativa entre este parâmetro e o aumento dos níveis de pressão sonora ($\rho = 0,3$; $p > 0,05$).

Em relação aos indivíduos arbóreos do trecho analisado, foi observada a existência de algumas espécies capazes de atenuar o ruído, no entanto, com baixas frequências. Não foi observada associação significativa entre porte, larguras de copa e de folhas e o aumento dos níveis sonoros, podendo ser um indicativo de que estes fatores podem funcionar como atenuadores do ruído. A maior circunferência do tronco, contudo, possui associação significativa com o aumento dos níveis sonoros, indicando um provável funcionamento deste fator como barreira reflexiva de ruído.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A localização das áreas estudadas foi uma limitação do estudo, uma vez que, para realizar uma análise estatística que demonstrasse a associação entre o corredor de vegetação e a atenuação ao ruído, seria necessário utilizar áreas que tivessem o fluxo de veículos semelhantes. Apesar de haver um corredor de vegetação, o fluxo de veículos na via protegida por ele é inferior quando comparado ao da rodovia.

Ressalta-se ainda que as medições realizadas podem apresentar um viés de temporalidade e aferição, já que as medições foram realizadas durante o período de isolamento social causado pela pandemia da COVID-19. Sendo assim, os dados coletados poderiam sofrer modificação em um período de fluxo rodoviário normal, sendo capaz, inclusive, de apresentar valores superiores àqueles contabilizados.

Em relação aos indivíduos arbóreos levantados, para haver um isolamento dos seus atributos e das espécies levantadas em relação à eficiência da atenuação ao ruído, seria necessário realizar a coleta de dados em dois períodos distintos do ano, levando em consideração as estações seca e chuvosa e a existência de espécies caducifólias, que poderiam interferir nos resultados encontrados. Além disso, para a realização de estudos futuros sugere-se a utilização da área basal como medida de densidade do povoamento e da largura das folhas para avaliar o papel da vegetação urbana como atenuadora de ruído.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os níveis sonoros na região com maior trânsito de veículos e com inexistência de corredor de vegetação foram, naturalmente, superiores aos encontrados na área dotada de vegetação e com menor fluxo de veículos. Os indivíduos arbóreos na área de comparação foram identificados e catalogados.

Os resultados obtidos sobre a eficiência da vegetação apontaram alguns vieses, pois se observou que por um lado, as circunferências dos troncos na área arborizada podem estar se comportando como uma barreira sonora, estimulando a reflexão e, por outro lado, os valores encontrados na área arborizada, quando comparados com o modelo de predição, apontam para uma atenuação oferecida pelo corredor, sobretudo quando as duas áreas de estudo apresentarem configurações urbanas similares. Sendo assim, torna-se necessário a realização de novos estudos na área.

REFERÊNCIAS

- ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE SÃO PAULO. ALSP. **Aprovado projeto de lei que proíbe cultivo da murta.** 2008. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=260269>. Acesso em: 03 ago. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 10.151/2019. **Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2020.
- ASTELL-BURT, T.; FENG, X.; KOLT, G. S. Does access to neighbourhood green space promote a healthy duration of sleep? Novel findings from a cross-sectional study of 259 319 Australians. **BMJ Open**, [s.l.], v. 3, n. 8, p. e003094, ago. 2013.
- AVSAR, Y.; GONULLU, M. T. Determination of safe distance between roadway and school buildings to get acceptable school outdoor noise level by using noise barriers. **Building and Environment**, [s.l.], v. 40, n. 9, p. 1255-1260, set. 2005.
- BECHER, A. The concept of residual confounding in regression models and some applications. **Statistics in Medicine**, [s.l.], v. 11, p. 1747-1758, 1992.
- BEHAR, A.; PLENER, R. Noise exposure - sampling strategy and risk assessment. **American Industrial Hygiene Association Journal**, [s.l.], v. 45, n. 2, p. 105-109, 1984.
- BENSEÑOR, I. M.; LOTUFO, P. A. **Epidemiologia: abordagem prática.** 2ª ed. São Paulo: Sarvier; 2005. 400 p.
- BRITO, L. A. P. F. de. A utilização de mapas acústicos como ferramenta de identificação do excesso de ruído em áreas urbanas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p.1095-1107, 3 ago. 2017.
- COUTINHO, M. Princípios de epidemiologia clínica aplicada à cardiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s.l.], v. 71, n. 2, p. 109-116, ago. 1998.
- CRAWSHAW, J.; CHAMBERS, J. **A concise course in advanced level statistics with worked examples.** Cheltenham: Nelson Thornes. 2001.
- DZHAMBOV, A. M.; DIMITROVA, D. D. Green spaces and environmental noise perception. **Urban Forestry & Urban Greening**, [s.l.], v. 14, n. 4, p.1000-1008, 2015.
- ECE, M.; TOSUN, İ.; EKINCI, K.; YALÇINDAĞ, N. S. Modeling of road traffic noise and traffic flow measures to reduce noise exposure in Antalya metropolitan municipality. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 1-10, 16 abr. 2018.
- FALAVIGNA, A.; BEZERRA, M. L. de S.; TELES, A. R.; KLEBER, F. D.; VELHO, M. C.; SILVA, R. C. da; MAZZOCHIN, T.; SANTIN, J. T.; MOSENA, G.; BRAGA, G. L. de. Consistency and reliability of the Brazilian Portuguese version of the Mini-Sleep

Questionnaire in undergraduate students. **Sleep and Breathing**, v. 15, n. 3, p. 351-355, 2010.

FANG, C. F.; LING, D. L. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. **Landscape and Urban Planning**, [s.l.], v. 63, n. 4, p. 187-195, maio 2003.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. FHWA. **Traffic noise model, technical manual**. Washington: FHWA. 1998.

FLORA DO BRASIL ONLINE. FBO. **Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>. Acesso em: 16 maio 2019.

GUEDES, I. C. M.; BERTOLI, S. R. Mapa acústico como ferramenta de avaliação de ruído de tráfego veicular em Aracaju - Brasil. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 40-51, jul./dez. 2014.

GUSKI, R.; SCHRECKENBERG, D.; SCHUEMER, R. WHO environmental noise guidelines for the european region: a systematic review on environmental noise and annoyance. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s.l.], v. 14, n. 12, p.1539-1577, 8 dez. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Censo Demográfico 2000 CD 1.01 Questionário Básico**. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/censo/quest_basico.pdf. Acesso em: 10 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Itajubá**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itajuba/panorama>. Acesso em: 29 out. de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Minas Gerais**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pesquisa/37/30255?tipo=ranking>. Acesso em nov. de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Malhas territoriais municipais – MG e SP**. 2014. Disponível em: ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2014/MG/. Acesso em 12 nov. 2019.

ISLAM, M. N.; RAHMAN, K. S.; BAHAR, M. M.; HABIB, M. A.; ANDO, K.; HATTORI, N. Pollution attenuation by roadside greenbelt in and around urban areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, [s.l.], v. 11, n. 4, p. 460-464, jan. 2012.

KARBALAEI, S. S.; KARIMI, E.; NAJI, H. R.; GHASEMPOORI, S. M.; HOSSEINI, S. M.; ABDOLLAHI, M. Investigation of the traffic noise attenuation provided by roadside green belts. **Fluctuation and Noise Letters**, [s.l.], v. 14, n. 04, p. 1550036, 9 nov. 2015.

KELSEY, J. L.; THOMPSON, W. D.; EVANS, A. S. **Methods in observational epidemiology**. New York: Oxford University Press; 1986, 366 p.

KOCHTITZKY, C. S.; FRUMKIN, H.; RODRIGUEZ, R.; DANNENBERG, A. L.; RAYMAN, J.; ROSE, K.; GILLIG, R.; KANTER, T. Urban planning and public health at CDC. **Morbidity and Mortality Weekly Report (MMWR)**, [s.l.], v. 55, supl. 2, p.34-38, dez. 2006. Disponível em: <https://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/su5502a12.htm>. Acesso em: 14 mar. 2020.

KOPROWSKA, K; ŁASZKIEWICZ, E.; KRONENBERG, J.; MARCIŃCZAK, S. Subjective perception of noise exposure in relation to urban green space availability. **Urban Forestry & Urban Greening**, [s.l.], v. 31, p.93-102, abr. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866717304119>. Acesso em: 27 nov. 2019.

LI, H. N.; CHAU, C. K.; TANG, S. K. Can surrounding greenery reduce noise annoyance at home?. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 20, p. 4376-4384, 2010.

LI, M.; VAN RENTERGHEM, T.; KANG, J.; VERHEYEN, K.; BOTTELDOOREN, D. Sound absorption by tree bark. **Applied Acoustics**, [s.l.], v. 165, p. 107328, ago. 2020.

MADHAV, J. V. Evaluation of the environmental noise level of sangamner city, and the study of sound absorption coefficient of wood of select trees to control noise level (march 5, 2012). **The IUP Journal of Environmental Sciences**, v. 5, n. 2, p. 37-46, maio 2011.

MARGARITIS, E.; KANG, J. Relationship between urban green spaces and other features of urban morphology with traffic noise distribution. **Urban Forestry & Urban Greening**, [s.l.], v. 15, p.174-185, 2016.

MARICATO, E. Metr pole, legisla o e desigualdade. **Estudos Avan ados**, [s.l.], v. 17, n. 48, p.151-166, ago. 2003

MARICATO, E. Urbanismo na periferia do mundo globalizado: metrópoles brasileiras. **São Paulo em Perspectiva**, [s.l.], v. 14, n. 4, p.21-33, out. 2000.

MARKS, A.; GRIEFAHN, B. Associations between noise sensitivity and sleep, subjectively evaluated sleep quality, annoyance, and performance after exposure to nocturnal traffic noise. **Noise and Health**, [s.l.], v. 9, n. 34, p.1-7, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MMA. **Avalia o e a oes prioritárias para a conserva o da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Conservation International do Brasil/Funda o SOS Mata Atlântica/Funda o Biodiversitas/Instituto de Pesquisas Ecológicas/ Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo SEMAD/Instituto Estadual de Florestas-MG, Brasília, 2000. 45 p.

MIRANDA, R. S.; MACEDO, M. R. A. Mapa termo-acústico da região continental de Belém-PA: um instrumento de planejamento em busca da qualidade ambiental. **Revista Geoamazônia**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 85-95, 30 jun. 2014.

OLIVEIRA, J. D. de; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; REIS, A. R. N. dos; NESI, J. Atenua o do ruído de tráfego de vias urbanas pela vegeta o em Curitiba – Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arboriza o Urbana**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.13-26, 7 dez. 2018.

OW, L. F.; GHOSH, S. Urban cities and road traffic noise: reduction through vegetation. **Applied Acoustics**, [s.l.], v. 120, p. 15-20, maio 2017.

OZER, S.; IRMAK, M. A.; YILMAZ, H. Determination of roadside noise reduction effectiveness of *Pinus sylvestris* L. and *Populus nigra* L. in Erzurum, Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s.l.], v. 144, n. 1-3, p. 191-197, 25 out. 2007.

PAIVA, K. M.; CARDOSO, M. R. A.; ZANNIN, P. H. T. 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.

PATHAK, V.; TRIPATHI, B. D.; MISHRA, V. K. Dynamics of traffic noise in a tropical city Varanasi and its abatement through vegetation. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s.l.], v. 146, n. 1-3, p. 67-75, 18 dez. 2007.

PATHAK, V.; TRIPATHI, B. D.; MISHRA, V. K. Evaluation of anticipated performance index of some tree species for green belt development to mitigate traffic generated noise. **Urban Forestry & Urban Greening**, [s.l.], v. 10, n. 1, p. 61-66, jan. 2011.

PAZ, E. C. da; FERREIRA, A. M. C.; ZANNIN, P. H. T. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano. **Revista de Saúde Pública**, [s.l.], v. 39, n. 3, p.467-472, jun. 2005.

PORTO, M. L.; JESUS, E. dos S.; PEREIRA JUNIOR, A. Analysis of trends in the relationships between vehicle flow, afforestation, and noise intensity levels. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal - Enflo**, [s.l.], v. 5, n. 3, p. 87, 3 jan. 2018.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CARAGUATATUBA. PMC. **Cartilha de arborização urbana Estância Balneária de Caraguatatuba**. 2016. Disponível em: https://www.caraguatatuba.sp.gov.br/pmc/wp-content/uploads/2016/11/cartilha_arborizacao_meio_ambiente.pdf. Acesso em: 19 maio 2019.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. PNUD. **Ranking IDH Global 2021**. Disponível em: <https://www.undp.org/pt/brazil/desenvolvimento-humano/painel-idhm#:~:text=O%20valor%20do%20IDHM%20do,varia%C3%A7%C3%A3o%20de%20%2C7%25>. Acesso em nov. de 2023.

RAGETTLI, M. S.; GOUDREAU, S.; PLANTE, C.; PERRON, S.; FOURNIER, M.; SMARGIASSI, A. Annoyance from road traffic, trains, airplanes and from total environmental noise levels. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s.l.], v. 13, n. 1, p.90-102, 29 dez. 2015.

SAKIEH, Y.; JAAFARI, S.; AHMADI, M.; DANEKAR, A. Green and calm: Modeling the relationships between noise pollution propagation and spatial patterns of urban structures and green covers. **Urban Forestry & Urban Greening**, [s.l.], v. 24, p.195-211, maio 2017.

SCHÄFFER, B.; BRINK, M.; SCHLATTER, F.; VIENNEAU, D.; WUNDERLI, J. M. Residential green is associated with reduced annoyance to road traffic and railway noise but increased annoyance to aircraft noise exposure. **Environment International**, v. 143, p. 105885, 2020.

STEELE, C. A critical review of some traffic noise prediction models. **Applied Acoustics**, [s.l.], v. 62, n. 3, p. 271-287, 2001.

SURIANO, M. T.; SOUZA, L. C. L. de; SILVA, A. N. R. da. Ferramenta de apoio à decisão para o controle da poluição sonora urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s.l.], v. 20, n. 7, p. 2201-2210, jul. 2015.

THE PLANT LIST. TPL. **Version 1.1**. 2013. Disponível em: <http://www.theplantlist.org/>. Acesso em: 06 abr. 2020.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SÃO PAULO. UNESP. Guia de arborização urbana. Disponível em: <https://www.registro.unesp.br/Home/graduacao5111/2017-guia-de-arborizacao-urbana-do-municipio-de-registro.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2019.

VAN RENTERGHEM, T.; BOTTELDOOREN, D. View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads. **Landscape and Urban Planning**, v. 148, p. 203-215, 2016.

VAN RENTERGHEM, T.; BOTTELDOOREN, D.; HORNIKX, M.; JEAN, P.; DEFRANCE, J.; SMYRNOVA, Y.; KANG, J. *In...* European Conference on Noise Control, 2012, Praga. Road traffic noise reduction by vegetated low noise barriers in urban streets. República Tcheca: Praga, 2012 p. 944-948.

WELCH, D.; SHEPHERD, D.; MCBRIDE, D.; DIRKS, K.; MARSH, S. Road traffic noise and health-related quality of life: a cross-sectional study. **Noise and Health**, v. 15, n. 65, p. 224-230, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. **Urban planning essential for public health**. 2010. Disponível em: https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2010/urban_health_20100407/en/. Acesso em: 19 abr. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. **Burden of disease from environmental noise**: quantification of healthy life years lost in Europe. 2011. Disponível em http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf. Acesso em: 05 abr. 2019.

XIE, Y.; XIANG, H.; DI, N.; MAO, Z.; HOU, J.; LIU, X.; HUO, W.; YANG, B.; DONG, G.; WANG, C. Association between residential greenness and sleep quality in Chinese rural population. **Environment International**, [s.l.], v. 145, p. 106100-22, dez. 2020.

ZOMER, J.; PELED, R.; RUBIN, A. H.; LAVIE, P. Mini Sleep Questionnaire (MSQ) for screening large population for EDS complaints. *In*: KOELLA, W.P.; RUETHER, E., SCHULZ, H. (eds.). Sleep'84: proceedings of the 7. European Congress on Sleep Research; 3-7 Sep 1984; Munich, Germany. Basel: Karger; 1985; p.469-70.

ZYTOON, M. Opportunities for environmental noise mapping in Saudi Arabia: a case of traffic noise annoyance in an urban area in Jeddah city. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s.l.], v. 13, n. 5, p. 496, 13 maio 2016.