

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE – UNICENTRO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA SANÍTARIA
E AMBIENTAL

JHENIFER SPLIETHOFF

**BARREIRAS VEGETAIS VERDES COMO ATENUADORAS DO RUÍDO
AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM IRATI-PR**

IRATI - PR

2022

JHENIFER SPLIETHOFF

**BARREIRAS VEGETAIS VERDES COMO ATENUADORAS DO RUÍDO
AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM IRATI-PR**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção de grau de Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental, Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da Unicentro.

Orientador: Prof. Dr. Paulo C. de Oliveira Filho

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a. Juliana De Conto

IRATI - PR

2022

Catálogo na Publicação
Rede de Bibliotecas da UNICENTRO

S761b

Spliethoff, Jhenifer

Barreiras vegetais verdes como atenuadoras do ruído ambiental : estudo de caso em Irati-PR / Jhenifer Spliethoff. -- Irati, 2022.

xx, 86 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento e Recursos Hídricos., 2022.

Orientador: Paulo C. de Oliveira Filho

Coorientadora: Dra. Juliana De Conto

Banca examinadora: Paulo Costa de Oliveira Filho; Viviane Fernandes de Souza; Izabel Passos Bonete

Bibliografia

1. Poluição sonora. 2. Conforto acústico. 3. Barreiras atenuadoras. 4. Floresta Ombrófila Mista Secundária. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

| CDD 628.4

TERMO DE APROVAÇÃO

Jhenifer Spliethoff

**Barreiras vegetais verdes como atenuadoras do ruído ambiental:
estudo de caso em Irati-PR**

Dissertação aprovada em 30/08/2022, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:



Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca



Dra. Viviane Fernandes de Souza
Centro Universitário Campo Real



Dra. Izabel Passos Bonete
Universidade Estadual do Centro-Oeste

Irati-PR, 30 de agosto de 2022.

DEDICATÓRIA

“Educação não transforma o mundo
Educação muda as pessoas
Pessoas mudam o mundo”

(Paulo Freire)

AGRADECIMENTOS

A Deus acima de tudo, pela vida, força e determinação para alcançar meus objetivos, pela sabedoria e discernimento, me proporcionando ser uma pessoa melhor a cada dia.

A minha família, meu alicerce de vida, Ivaldete Kovaleski Spliethoff, César Augusto Spliethoff, Jhonathan Spliethoff pelo apoio e amor incondicional.

Ao meu esposo Luis Lucas Paskonski, que esteve ao meu lado nessa árdua jornada, sempre incentivando com carinho, paciência e compreensão.

Aos professores Dr. Paulo Costa de Oliveira Filho e Dr^a. Juliana De Conto, orientador e coorientadora desta dissertação pelo incentivo e estímulos a pesquisa, pela liberdade concedida e por evidenciar a importância da pesquisa científica na construção do conhecimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”. (De acordo com a Portaria nº206, de 4 de setembro de 2018-CAPES).

RESUMO

Jhenifer Spliethoff. Barreiras vegetais verdes como atenuadoras do ruído ambiental: estudo de caso em Irati-Pr.

O presente estudo tem por finalidade avaliar o potencial da Floresta Ombrófila Mista Secundária como barreira vertical verde atenuadora de ruídos. A metodologia prevê a elaboração de uma análise de proximidade entre pontos amostrais de monitoramento omnidirecional do ruído a ser mensurado a diferentes distâncias de proximidade da fonte desde o início da barreira e dentro da floresta. Foi utilizada uma fonte sonora reproduzindo ruído rosa amplificado e uma estratégia experimental para comprovar a influência desse tipo de barreira vegetal verde como atenuadora de ruídos a medida em que se adentra ao interior de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, realizando medições sucessivas do nível de pressão sonora a distâncias de proximidade da fonte e a distâncias a partir da borda em direção ao interior da floresta que possam comprovar a função atenuadora deste tipo de barreira vertical verde. De fato, as análises realizadas para LZeq A e Z (dB), confirmam uma correlação significativa para distância da fonte independentemente da amplitude sonora para medições realizadas fora da barreira (frente a fonte, 6 metros atrás da fonte, 6 metros a frente da fonte) atenuação do ruído ocorre à medida que há a propagação sonora. Contudo, as análises dentro da barreira (12m, 18m e 24m) apresentam correlação negativa para distância, confirmando a hipótese de eficácia da atenuação pela barreira vegetal.

Palavras-Chave: Poluição sonora, Conforto acústico, Barreiras atenuadoras, Floresta Ombrófila Mista Secundária

ABSTRACT

Jhenifer Spliethoff. Green plant barriers as attenuating environmental noise: a case study in Irati-pr.

The present study aims to evaluate the potential of the Secondary Mixed Ombrophilous Forest as a vertical noise-attenuating green barrier. The methodology foresees the elaboration of an analysis of proximity between sampling points of omnidirectional monitoring of the noise to be measured at different distances of proximity to the source from the beginning of the barrier and inside the forest. A sound source reproducing amplified pink noise was used. In this research, it was An experimental strategy was used to prove the influence of this type of green plant barrier as a noise attenuator as one enters the interior of a fragment of Mixed Ombrophilous Forest, carrying out successive measurements of the sound pressure level at distances from the proximity of the source and the distances from the edge towards the interior of the forest that can prove the significant attenuating function of this type of green vertical barrier. In fact, the analyzes performed for LZeq A e Z (dB) confirm a significant correlation for distance from the source regardless of the sound amplitude for measurements performed outside the barrier (in front of the source, 6 m behind the source, 6 meters in front of the source) noise attenuation occurs as the sound propagates. However, the analyzes inside the barrier (12m, 18m and 24m) present a negative correlation for distance, confirming the hypothesis of effectiveness of the attenuation by the vegetal barrier.

Keywords: Noise pollution, Acoustic comfort, Attenuating barriers, Secondary Mixed Ombrophilous

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. A) Séries temporais caracterizadas por ruído branco, ruído rosa e ruído vermelho e b) respectivos espectros de potência.

Figura 2. Mecanismos mais significativos de atenuação sonora ao ar livre

Figura 3. Localização geográfica do município de Irati – Paraná.

Figura 4. Localização geográfica dos pontos de coleta e foto em frente da barreira vegetal.

Figura 5. Representação dos pontos de coleta A1, A2, A3, A4, A5 e A6 na barreira vegetal.

Figura 6. Esquema localizando a caixa acústica, respectivos pontos observados e suas distâncias

Figura 7. a) Analisador NPS b) Caixa acústica Roland.

Figura 8. Valores médios de $L_{zeq A}$ em (dB) para diferentes distâncias da fonte e amplitudes da caixa.

Figura 9. Valores médios de $L_{zeq Z}$ em (dB) para diferentes distâncias da fonte e amplitudes da caixa.

Figura 10. Gráficos das atenuações para $L_{zeq A}$ (dB) pela barreira vegetal

Figura 11. Gráficos das atenuações para $L_{zeq Z}$ (dB) pela barreira vegetal

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente conforme NR 15.

Tabela 2. Níveis de ruídos recomendados para conforto acústico

Tabela 3. Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.

Tabela 4. Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas em fragmento de FOM na UNICENTRO pelo método de parcelas múltiplas

Tabela 5. Atenuações para $L_{zeq A}$ (dB) pela barreira vegetal

Tabela 6. Atenuações para $L_{zeq Z}$ (dB) pela barreira vegetal

Tabela 7. Valores de atenuação média e de $L_{zeq A}$ em dB para diferentes distâncias da fonte e volumes de caixa.

Tabela 8. Agrupamento das variáveis A e Z em função de diferentes distancias e volumes.

Tabela 9 Avaliação dos efeitos da amplitude e distância isoladamente.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Cfc	Clima oceânico subpolar
dB	Decibéis
dB(A)	Decibéis ponderação A
FOM	Floresta Ombrófila Mista
f	Frequência
Hz	Hertz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
L_{Aeq}	Nível Sonoro Equivalente Ponderado no filtro A
L_{zeq}	Nível Sonora sem ponderação
NC	Nível de conforto acústico
NBR	Norma Brasileira
NHO	Norma Higiene Ocupacional
NIS	Nível de intensidade sonora
NPS	Nível de pressão sonora
NR	Norma Regulamentadora
α	Coefficiente de absorção sonora
λ	Comprimento de onda sonora

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
3. REFERENCIAL TEORICO.....	16
3.1 RUÍDO	16
3.1.2 RUÍDO CONTINUO OU INTERMITENTE	16
3.1.2 RUÍDO DE IMPACTO OU IMPULSIVO	16
3.1.2 RUÍDO ROSA	18
3.2 PRESSÃO, INTENSIDADE E POTÊNCIA SONORA	19
3.2.1 NÍVEL DE INTENSIDADE SONORA – NIS.....	19
3.2.2 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (dB)	19
3.2.2 IMPACTOS CAUSADOS PELO RUÍDO	20
3.4 EFEITOS DOS RUÍDOS NO HOMEM	20
3.5 EFEITOS DOS RUÍDOS NOS ANIMAIS	24
3.6 ATENUAÇÃO DO RUÍDO	25
3.7 BARREIRAS ACÚSTICAS	26
3.7 BARREIRAS VEGETAIS.....	27
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	29
4.2 ÁREA DE ESTUDO	32
4.3 COLETA DE DADOS	33
4.4 CONDIÇÕES CLIMATICAS DA ÁREA DE ESTUDO	37
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6. CONCLUSÕES	47
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	48
8. ANEXOS.....	55

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade associado ao progresso econômico e social permitiu o avanço na qualidade de vida e melhoramento da infraestrutura, como resultado disso, cerca da metade da humanidade vive em média em grandes concentrações urbanas, portanto a mudança nesse cenário trouxe consigo problemas ambientais e efeitos adversos a saúde do homem (DE QUEIROZ et al., 2018).

Assim, o ruído ambiental caracteriza-se como um dos principais poluentes da sociedade moderna, sendo causado, principalmente, pelo tráfego veicular, pelas atividades industriais, de construção e recreativas, e incidindo diretamente sobre o bem-estar da própria população (Chávez et al., 2009) e de componentes da fauna (KUNC E SCHMIDT, 2019).

Conforme Silva et al. (2017), é de conhecimento científico que altos níveis de ruídos são prejudiciais à saúde auditiva humana, podendo trazer danos permanentes à audição. O mapeamento de ruídos provenientes de tráfego e outras fontes emissoras podem servir como ferramentas conceituais e definitivas para melhorias no estudo da gestão ambiental e planejamento urbano de uma cidade. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1980), mensurar as consequências do ruído sobre a saúde e a qualidade de vida das pessoas é difícil, pois os fatores são diversos. Apesar disso, a entidade afirma ser necessário estudar o ruído já que esta situação atinge a população mundial em grande escala.

No Brasil, a exemplo de outros países no mundo, pesquisas acontecem no sentido de qualificar e quantificar o ruído urbano. A presença dos ruídos nas cidades é diretamente proporcional ao crescimento populacional, esta exposição é provocada por diferentes tipos de fontes sonoras, sendo um dos grandes responsáveis por problemas de saúde física e mental, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS). Nesse sentido, o estudo da acústica é significativo, abrangendo diversas áreas do conhecimento, em que, tem como finalidade beneficiar a sociedade (MAGALHÃES e BARBOSA, 2017).

Bistafa (2011) descreve que uma fonte sonora qualquer emite uma dada potência sonora, que gera níveis sonoros, que exhibe mecanismos de atenuação do ruído, o que depende da trajetória de propagação das ondas em direção ao receptor. Portanto, um mecanismo para atenuar os ruídos são as barreiras acústicas, que apresentam várias tipologias, como a barreira vegetal. Botari et al. (2013) afirma que, geralmente, esse tipo de barreira não garante uma redução sonora eficiente, em comparação as barreiras de concreto e outros materiais acústicos, embora esses parâmetros demonstrem eficiência, a escolha dessas barreiras não visam o bem-estar e qualidade de vida das pessoas, e sim para os aspectos físicos da poluição sonora (Bento

Coelho et al, 2016; Van Kempen et al, 2016), diferentemente dos aspectos das barreiras de vegetação que possibilitam um conforto visual por ocultar a fonte de ruído, e como psicoacústica, o que propicia a sensação de atenuação do ruído ambiental.

Entretanto, Ow e hosh, 2017 mostraram que barreiras vegetativas moderadas a densas à beira da estrada podem reduzir o ruído do tráfego em 9 a 11 dB (ponderado A). Outros trabalhos sobre atenuação de ruído por cinturões verdes podem ser encontrados na literatura, por exemplo, Pathak et al, 2008; Fang e Ling, 2003; Gulia e Gupta, 2016.

A atuação da vegetação presente na barreira é capaz de amenizar os ruídos, pelo absorvimento do som (elimina o som pela absorção), pelo desvio (altera a direção do som), pela reflexão (as ondas sonoras mudam de direção ao redor de um objeto) ou por ocultamento (cobrem o som indesejado com outro mais agradável) (BOTARI ET AL., 2013).

Salas López e Castillo (2016) elaboraram um estudo sobre os níveis de ruído ambiental no *campus* da Universidade Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, no Peru, e com uso de técnicas de mapeamento dos níveis de pressão sonora, encontraram em todo o perímetro do *campus* níveis de ruído acima de 50 dB (A), devido a atividades de construção, fluxo de veículos, entre outras. Mamani et al. (2017) utilizaram técnicas de geoestatística para mapear ruídos em uma exposição cultural de cunho religioso com uso de 56 pontos medidos e utilizados em modelagem e interpolação. O estudo apresentou, ao final, um mapa em cinco classes de ruído na área investigada.

O estudo da vegetação ou áreas verdes como barreira aos efeitos da poluição sonora está relacionado às suas vantagens funcionais como barreira acústica. Sabe-se que a vegetação possui boa capacidade de absorção e boa integração paisagística, ou seja, apresenta pouco impacto visual se comparado a outros tipos de barreiras como concreto, metal ou vidro. O presente estudo se justifica por utilizar equipamento omnidirecional de última geração na medição de ruído ambiental, e tem por finalidade avaliar o potencial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundária como barreira vertical verde atenuadora de ruídos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem por finalidade avaliar o potencial de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Secundária como barreira vertical verde atenuadora de ruídos.

2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar a densidade do fragmento florestal;
- Testar diferentes proximidades da barreira vegetal: 0 metros, 6 metros atrás, 6 metros a frente, 12 metros, 18 metros e 24 metros;
- Testar diferentes níveis de amplitude sonora 2, 6 e 10.
- Avaliar a capacidade atenuadora da barreira e capacidade de atuação interna a diferentes distâncias da borda;
- Avaliar maiores interferências em diferentes amplitudes sonoras ou a diferentes distâncias.
- Relacionar os NPS encontrados nas diferentes distâncias da barreira verde com possíveis alterações auditivas e extra auditivas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 RUÍDO

Por definição os ruídos são quaisquer sons indesejáveis com a capacidade de reduzir a inteligibilidade da fala (Advíncula et al., 2013), o canto dos pássaros (Kleist, et al., 2016), a imagem de aparelhos eletrônicos, ou dados, como também, o som produzido por caixas acústicas (Valente, 1999). Porém, essa definição não se aplica a todos os tipos de ruído, também, pode-se tornar uma ferramenta útil devido à sua riqueza espectral, exemplo a utilização para terapia sonora. Esse tipo de terapia sonora abrange a indução do sono e a Tinnitus Retraining Therapy (TRT), processos em que ocorre o mascaramento do ruído, proporcionando melhora no sono, percepção da atividade sensorial, funções cognitivas e memória, déficit de atenção e reduções de zumbido auditivo. (Riedy et al., 2021); (Angwin et al., 2017); (Afshar, et al., 2016); (Herweg e Bunzeck, 2015) (Jastreboff e Jastreboff, 2000).]

Para Bistafa (2018), é necessário definir o que é som e ruído. O som é a vibração que se propaga pelas partículas do ar até chegar e ser capturada pelas estruturas do ouvido, como por exemplo a corda de um instrumento musical, que ao ser tocada pelo músico emite vibrações, ou seja, valores entre 20Hz a 20kHz; em termos de sensibilidade auditiva, acima desses valores (>20kHz), é considerado de ultrassom e abaixo infrassom (<20Hz). O ruído é um som indesejável, de modo que as exposições continuadas, intermitentes ou de impactos, que apresentam níveis elevados, trazem consigo problemas na qualidade de vida, implicando riscos potencial a surdez e subsequentes desenvolvimento de outras doenças. Assim, por exemplo, em uma obra, que apesar do ruído ser necessário para instalação, gera incomodo para a vizinhança.

3.1.1 RUÍDO CONTINUO OU INTERMITENTE

A fim de avaliar o tipo de ruído no ambiente de trabalho, a NR-15 (atividades e operações insalubres), e a NHO-01 estabelecem uma classificação de ruído contínuo ou intermitente em função de seus níveis e variação no tempo. A caracterização do ruído contínuo é aquele cujos níveis de pressão sonora atingem 3 dB durante um período longo com máxima exposição diária (mais que 15 minutos) e ruído intermitente como aquele cujos níveis de pressão sonora também atingem 3 dB, porém em períodos curtos (menos de 15 minutos ou superior a 0,2 segundos), (Tabela 1). (SALIBA, 2021).

Tabela 1. Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente conforme NR 15.

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85 dB	8 horas
86 dB	7 horas
87 dB	6 horas
88 dB	5 horas
89 dB	4 horas e 30 minutos
90 dB	4 horas
91 dB	3 horas e 30 minutos
92 dB	3 horas
93 dB	2 horas e 40 minutos
94 dB	2 horas e 15 minutos
95 dB	2 horas
96 dB	1 hora e 45 minutos
98 dB	1 hora e 15 minutos
100 dB	1 hora
102 dB	45 minutos
104 dB	35 minutos
105 dB	30 minutos
106 dB	25 minutos
108 dB	20 minutos
110 dB	15 minutos
112 dB	10 minutos
114 dB	8 minutos
115 dB	7 minutos

Fonte: Norma Regulamentadora 15 – Anexo 1 (1978)

3.1.2 RUÍDO DE IMPACTO OU IMPULSIVO

São definidos como picos de energia acústica de duração inferior a 1 segundo, e intervalos superiores a 1 segundo, como exemplo a explosão para demolição de um prédio. O nível de impacto é avaliado próximo ao ouvido, com medidor de nível de pressão sonora NPS dados em decibéis (dB), os limites de tolerância para ruídos de impacto é 130 dB (linear) e trabalhadores expostos sem proteção adequada a níveis de superiores a 140 dB (linear), (SALIBA, 2021).

3.1.3 RUÍDO ROSA

Vários pesquisadores se concentraram em uma versão mais suave e refinada do ruído branco, chamada de “som rosa”, detectado a partir de inúmeros sinais gerados por vários processos naturais e artificiais, esse som rosa ou ruído rosa, também conhecido por flicker noise, pink noise, ruído $1/f$ ou ruído fraccionário, tem características intermediárias do ruído branco $1(f)$ e o ruído vermelho $(2/1 f)$.

O termo ruído branco, ruído rosa, ruído vermelho derivam do espectro de luz, no caso da Luz branca refere a um modelo estatístico da combinação de intensidade branca em todas as cores, e no caso do ruído branco a combinação da intensidade igual para todas frequências (f) do espectro acústico, em outras palavras o sinal contém potência igual dentro de uma largura de banda fixa em qualquer frequência central (RIEDY et al., 2021).

O ruído rosa apresenta dominância em baixas frequências, o som é caracterizado baixo e profundo, e o ruído branco em altas frequências, como segue na Figura 1 (MOREIRA 2013).

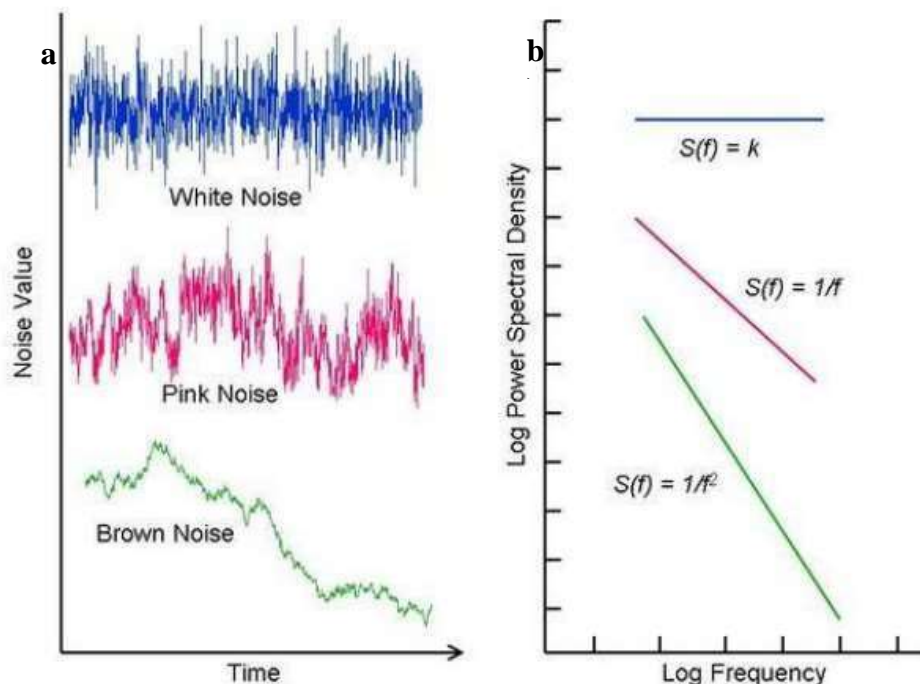


Figura 1 – a) Séries temporais caracterizadas por ruído branco, ruído rosa e ruído vermelho e b) respectivos espectros de potência [Ward e Greenwood, 2007].

A utilização do ruído rosa para testes em campo com fins ambientais, ainda é escasso, mas podem ser verificados em (Lisot e Soares, 2008); (Matsunaga e Watanabe, 2012); (Freire et al., 2014); (Potvin et al., 2016); (Sousa, 2017).

3.2 PRESSÃO, INTENSIDADE E POTÊNCIA SONORA

Bistafa (2018) ressalta que pressão sonora (N/m^2) é a grandeza mais pertinente, está relacionada com a intensidade do som, ou seja, nada mais é que a pressão da vibração que o som exerce no ouvido humano. Fantini-Neto (2016), destaca que intensidade sonora (W/m^2) é um indicador de magnitude de energia, usada para medir a direção e sentido da propagação da onda sonora em uma área unitária. Potência sonora (W) é uma propriedade independente das condições ambientais (FANTINI-NETO, 2016).

3.2.1 NÍVEL DE INTENSIDADE SONORA – NIS

O nível de intensidade sonora expressa (em dB) pode ser expressada pelas formulas das equações 1 e 2:

$$NIS = \lg (I/ I_0) \text{ (Bel – B)} \quad (\text{Eq. 1})$$

ou

$$NIS = 10 \lg (I/ I_0) \text{ (decibel – dB)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: I_0 = corresponde à mínima intensidade captável pelo ouvido humano, ou seja, $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Bel = Nível de potência: $= \log_{10} (a/b)$ [Bel]. Decibel (dB) = nada mais é do que a décima parte de um Bel, ou seja, 0,1 Bel.

3.2.2 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (dB)

O nível de pressão sonora- NPS, é a relação entre a pressão sonora medida e outra de referência, é dado em dB expressada pela equação 3:

$$\text{NPS} = 20 \log_{10} (p/p_0) \text{ (dB)} \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde: NPS é o valor que é realmente medido quando um sonômetro é colocado em um campo sonoro, p = pressão sonora sendo medida, p_0 = a mínima pressão sonora perceptível pelo ouvido humano, ou seja, $p_0 = 0,00002 \text{ N/m}^2$ a uma frequência de 1.000 Hz. Decibel (dB) = nada mais é do que a décima parte de um Bel, ou seja, 0,1 Bel.

3.3 IMPACTOS CAUSADOS PELO RUÍDO

Segundo a NBR ISO 14001, impacto ambiental é qualquer modificação que ocorre no meio ambiente resultante de atividades antrópicas, sejam elas positivas ou negativas. À medida que essas normas são seguidas, e fiscalizadas de forma adequada é possível prevenir ou eliminar impactos já causados ou impactos futuros.

Neste contexto, a poluição causada por ruído gera impactos ambientais, afetando a saúde humana. De acordo com Duarte et al. (2015), os efeitos podem ser físicos, fisiológicos e psicológicos, com as respectivas consequências:

- I. Efeitos físicos: redução ou perda auditiva temporária ou permanente;
- II. Efeitos fisiológicos: dificuldade respiratória, aumento da pressão arterial, distúrbios circulatórios, distúrbios do sono.
- III. Efeitos psicológicos como estresse, distúrbios de sono, raiva, ansiedade, depressão e dificuldade de concentração.

Estudo realizados pela Organização Mundial de Saúde na União Europeia, relatou que 200.000 pessoas entram em óbito todos os anos devido a doenças induzidas pelo ruído (OMS, 2009).

Esses impactos também afetam diretamente a vida animal que quando expostos a poluição sonora por longo tempo, desenvolvem comportamentos de vigia, apresentando maior agressividade, abandonando atividades como construção de ninhos (Gil e Brumm, 2014) e defesa de território (ZWART ET AL., 2016).

3.4 EFEITOS DOS RUÍDOS NO HOMEM

A revolução industrial permitiu o desenvolvimento tecnológico, a construção de ferrovias, de carros, motos, aeronaves melhorando a vida socioeconômica e promovendo o

êxodo rural, mas conseqüentemente trouxe o acelerado crescimento das metrópoles e a elevada poluição sonora expando, permanentemente, os indivíduos aos elevados níveis de ruído. Contudo, a humanidade enfrenta problemas com a poluição sonora desde a Roma antiga, problema esse constituído de 2.500 anos, que sobreveio aos sons produzidos pelos veículos puxados por animais e aos estalos produzidos pelos chicotes, trazendo incomodo aos moradores dentro de suas residências (COSTA et al, 1994).

A preocupação sobre os efeitos na saúde do homem teve início no final do século XVII com a publicação do estudo de Bernadino Ramazzini sobre enfermidades dos trabalhadores em bronze descrevendo a surdez nos bronzistas (Ramazzini, 2016). Logo observa-se que as preocupações com a saúde humana não pararam por aí, em meados de 1938, Waldemir Salem médico militar publicou o primeiro estudo brasileiro sobre perda auditiva de pilotos de aviação induzida por barulho (AZEVEDO, 2004).

Atualmente, a poluição sonora ocupa a segunda posição entre as maiores fontes poluidoras perdendo apenas para a poluição do ar segundo a Organização Mundial da Saúde, as principais causas decorrente de uma exposição repetida inclui incomodo, distúrbios do sono, comprometimento do aparelho auditivo induzindo a perda auditiva, aumento da mortalidade, efeitos negativos na fala, nos sistemas cardiovasculares e perda do desempenho cognitivo (Basner et al., 2014; Duarte et al., 2015; Eulalia Peris et al., 2020) de maneira geral, todos esses fatores influenciam na redução da qualidade de vida, comprometendo as atividades físicas, fisiológicas e psicossocial do indivíduo.

Segundo a NBR 10.152 - Norma Brasileira para o Conforto Acústico (1987), conforme (Tabela 2) em ambientes internos, ruídos produzidos na faixa entre 30 dB a 50 dB não apresentam desconforto acústico, ruídos com níveis até 65 dB são considerados como inoportunos e incomodativos e acima de 85 dB são nocivos à saúde.

Tabela 2 – Níveis de ruídos recomendados para conforto acústico

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35-45	30-40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40-50	35-45

Serviços	45-55	40-50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35-45	30-40
Salas de aulas, Laboratórios	40-50	35-45
Circulação	45-55	40-50
Hotéis		
Apartamentos	35-45	30-40
Restaurantes, Salas de estar	40-50	35-45
Portaria, Recepção, Circulação	45-55	40-50
Residências		
Dormitórios	35-45	30-40
Salas de estar	40-50	35-45
Auditórios		
Salas de concretos, Teatros	30-40	25-30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes	40-50	35-45
Escritórios		
Salas de reunião	30-40	25-35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35-45	30-40
Salas de computadores	45-65	40-60
Salas de mecanografia	50-60	45-55
Igrejas e Templos	40-50	35-45
Locais para esportes		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000).

Para ambientes externos conforme a norma ABNT NBR 10.151, a classificação dos níveis de pressão sonora conforme os tipos das áreas habitadas, ficam para períodos diurnos entre 40 a 70 dB e para período noturno entre 35 a 60 dB (Tabela 3).

Normas e legislações referentes à poluição sonora ajudam a entender o contexto ao qual o ruído está inserido na sociedade. É possível verificar estudos sobre proteção do bem estar e do sossego público em locais como na capital do Estado do Paraná, pela LEI Nº 10.625 que estabelece limites que variam entre 55-70 dB(A) no período diurno, 50-60 dB(A) em períodos vespertinos e 45-60 dB(A) durante a noite para atividades industriais, comerciais, religiosas, sociais e recreativas. Para atividades de construção civil são permitidos somente de segunda a sexta-feira com limite de 90 dB(A) (Curitiba, 2002). Outros municípios como Apucarana, Morretes, Paranaguá, Guaratuba também dispõem de legislações em seu plano diretor para o controle da poluição sonora.

Tabela 3 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.

Tipos de áreas habitadas	Limites de níveis de pressão sonora (dB).	
	Diurno	Noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

FONTE: ABNT NBR 10.151 (2019)

No município de Irati/Paraná não foi identificada uma legislação específica a respeito da poluição sonora. Existe apenas um adendo com relação a poluição, de forma geral, sem especificar períodos e os limites máximos de ruído que podem ser emitidos, no código de conduta do Plano Diretor Municipal (Irati, 2016).

3.5 EFEITOS DOS RUÍDOS NOS ANIMAIS

A poluição sonora é um problema no que diz respeito a saúde e as funções auditivas dos animais. Conforme relatado por Duarte et al., (2015), os animais apresentam esses efeitos adversos, incluindo lesões auditivas pela superexposição, até possíveis limitadores ou inibidores da comunicação, ocasionando efeitos negativos, visto que a comunicação de diferentes animais ocorre através de sinais sonoros e que através desses sinais vivem em harmonia com o ambiente (Potvin e MacDougall-Shackleton, 2015; Bee e Swanson, 2007).

Entre as consequências do mascaramento da comunicação, inclui-se respostas ao estresse, implicando a integridade do DNA através de processos químicos e neurais, desencadeando mutações (Samson et al., 2005; Kight e Swaddle, 2011; Mancera et al., 2017), atraso do crescimento da prole (Zollinger et al., 2019), implicam a reprodução e defesa, uma vez que muitas espécies dependem de sinais acústicos para atrair parceiros para o acasalamento (Gerhardt e Huber, 2003, defender o território (Zwart et al., 2016) e detecção de predadores.

Através de uma comparação de ruído de tráfego com ruído rosa, com o objetivo de verificar se os efeitos do ruído são específicos para sons específicos ou gerais para ruído em uma faixa de frequência específica em aves, verificou-se regiões cerebrais responsáveis pelo aprendizado musical foram afetadas (Potvin et al., 2016). Diante dessas implicações os animais encontraram estratégias a esses efeitos negativos causados pelo ruído, incluindo alterações nos parâmetros do canto (Cunnington e Fahrig, 2010; Vélez et al., 2013), como também, anfíbios, aumentaram a amplitude e frequência (Alloush et al., 2011; Roca et al., 2016).

Em outros estudos realizados com mamíferos marinhos observou esse mesmo parâmetro de reajuste de frequências e amplitude da vocalização (PARKS et al., 2007). Todos os estudos apontam para a conclusão de que a poluição sonora afeta o custo energético das espécies, podendo gerar consequências ao crescimento em nível individual e populacional. As mudanças na distribuição das espécies, afetam negativamente a saúde

ambiental, visto que, cada ser tem um papel fundamental no equilíbrio da natureza. Nesse contexto, a poluição sonora deve ser considerada um aspecto importante no requisito de extinção de espécies.

3.6 ATENUAÇÃO DE RUÍDO

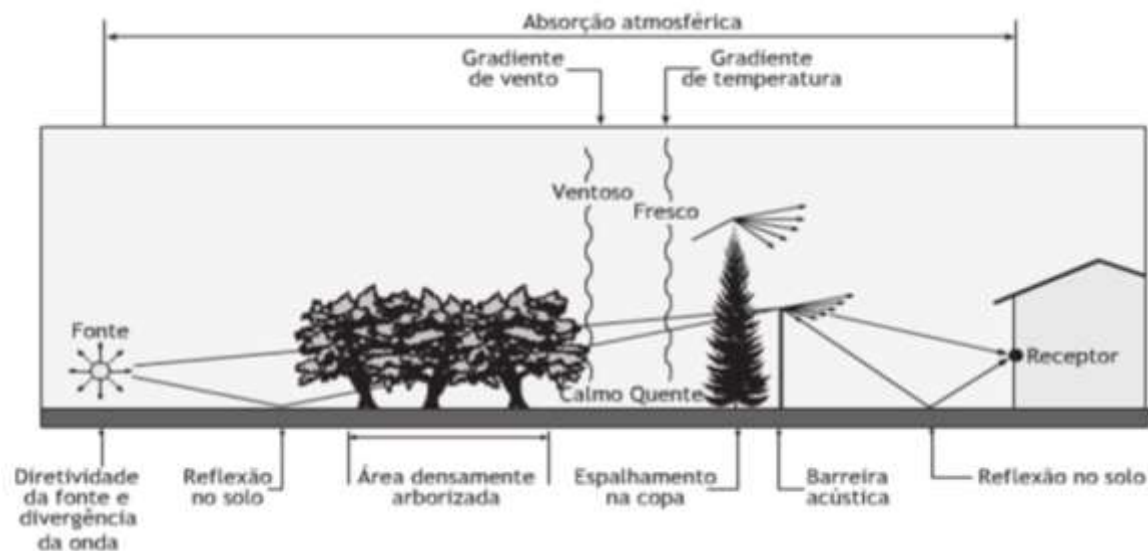
Quando se pretende reduzir o incômodo causado pelo ruído, a intervenção pode ser realizada em qualquer etapa, desde a fonte até a percepção do ouvinte, no meio de propagação ou no receptor (De Medeiros, 2022). O controle do ruído na fonte emissora é o mais eficaz, pois permite reduzir a poluição sonora diretamente, melhorando a qualidade ambiental. Essa redução em caso de indústrias pode ocorrer através do isolamento acústico, impedindo a transmissão da onda sonora de um ambiente para outro, em caso de tráfego veicular, Giannini et al. (2012), sugerem o controle veicular, implantação de rotas para caminhões e regulamentar horários de tráfego. Em casos de construções e obras as medidas para o controle é a construção de equipamento que produzem menos ruídos, ou seja, mais silenciosos e a utilização de equipamentos de proteção pessoal considerando fonte e receptor (BIES E HANSEN, 2003).

Ao longo da fonte e receptor (figura 2), o nível sonoro é atenuado a medida que o som se propaga, isso ocorre devido ao aumento da distância, frequências consideráveis altas, apresentam atenuação maior, ao atingirem distâncias menores. Atenuação através da absorção pelo ar atmosférico ao longo da trajetória, depende das frequências, da umidade relativa do meio, pressão atmosférica e temperatura e, através da reflexão pelo solo. Do mesmo modo, também é possível intervir na fase da propagação do som colocando, por exemplo, obstáculos como barreiras naturais ou artificiais interferindo na propagação do som, atenuando o seu nível de intensidade (BISTAFA, 2018); (ARBETARSKYDDSFONDEN, 1986).

Dentre as barreiras acústicas existem fatores que podem influenciar o seu desempenho, entre esses fatores como o tipo de material que a compõe, classificados em materiais convencionais de uso comum para construções civis como (bloco de concreto; bloco de silico calcário; blocos cerâmicos; madeira; vidro) e inovadores (lã de rocha; lã de vidro; espumas elastoméricas; vermiculita; fibra de coco e áreas arborizadas). Outros fatores incluem a altura, o comprimento, a distância à fonte e ao receptor, a frequência da emissão

do ruído e a perda de transmissão do som através da barreira (Barbosa, 2015; Carneiro, 2018; Salvador, 2001; Oliveira, 2004; Senhoras, 2004).

Figura 2. Mecanismos mais significativos de atenuação sonora ao ar livre



Fonte: Bistafa, 2018.

3.7 BARREIRAS ACÚSTICAS

Atualmente, as barreiras acústicas são elementos fundamentais na atenuação de ruídos em ambientes internos e externos, situadas entre a fonte e um receptor, funcionando como um obstáculo impedindo a livre propagação do som, e, portanto, ao ruído, levando em conta que as ondas se propagam em linha reta, as ondas sonoras ao atingir a barreira, tem parte de sua energia absorvida, refletida, transmitida, e parte decifrada (GERGES, 2000).

O controle de ruído por barreiras tem se tornado uma medida comum de proteção ambiental e para isso se faz necessário o entendimento das tipologias das barreiras acústicas. Barbosa (2015) e Carneiro (2018), citam diferentes sistemas estruturais, conforme seguimento abaixo:

- **Barreiras de Concreto:** São consideradas o sistema estrutural mais utilizado, apresentando facilidade de instalação e baixa manutenção, contendo boas propriedades acústicas.
- **Barreiras de Madeira:** Esse sistema normalmente apresenta propriedade de reflexão e absorção, geralmente associadas a outras estruturas para aumento de sua eficiência chegando a 90% de absorção do som.

- Barreiras de Metal: Comparada ao concreto, traz leveza e facilidade no sistema de instalação, sua principal propriedade é absorvente. Há três tipos de metais utilizados, sendo eles: aço, alumínio e aço inox.

- Barreiras de Vidro: Sua principal característica é o impacto visual, sendo esteticamente atraente e sofisticado, equilibrando a luminosidade e o sombreamento. Seus materiais são vidro temperado e chapas acrílicas e, sua principal desvantagem é o alto custo e baixa eficiência aos ruídos.

Outros estudos avaliando o potencial de atenuação pelas barreiras acústicas foi verificado por (Lisot & Soares, 2008) utilizando uma fonte sonora pontual emitindo ruído rosa, com uma redução de até 13dB.

3.8 BARREIRAS VEGETAIS

Outro tipo de barreira é a vegetal, discussões ecologicamente sustentáveis ocorrem desde 1968, visando a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado no uso eficiente de recursos e em princípios ecológicos. Desde 2012, é obrigatório no Brasil, a proteção da vegetação nativa, incluindo áreas de preservação permanente (APP) e Reserva Legal (RL), através da Lei 12.651, de 25 de maio 2012, visando o controle, proteção e prevenção contra exploração florestal e aproveitamento dos solos para fins econômicos e comerciais (BRASIL, 2012).

A presença das barreiras vegetais, além de ser esteticamente atraente, oferecem condições térmicas, criando microclimas, uma vez que aumentam os índices de umidade do ar que as circunda, sua composição de substrato, vegetação e camada drenante, influenciam no balanço hídrico, permitindo reter uma grande parte das águas pluviais, prevenindo eventuais inundações, apresentam capacidade de purificação do ar através dos processos fotossintéticos, filtrando as partículas poluentes que se encontram no ar, melhorando significativamente a sua qualidade, intervém na direção dos raios solares sobre as pessoas, propiciando o ecossistema e habitats e principalmente a amenização da poluição (BOTARI et al., 2013).

Contudo, o conhecimento prévio da arborização em seus parâmetros estéticos é indispensável, sobretudo nas regiões urbanas. Segundo Bonametti (2020) o modo que a paisagem é projetada reflete não só a relação do homem com a natureza, mas também os aspectos culturais. Há fortes evidências da disposição da vegetação como barreira,

impedindo o contato direto com a fonte poluidora, que segundo Kurze (1974) causa consideráveis efeitos psicológicos, o qual resulta na falsa sensação da redução do ruído. Mas, debatendo essa evidência com outros estudos realizados utilizando barreiras vegetais, como Cook e Haverbeke, (1974), Fang e Ling, (2003) analisaram parâmetros de densidade, altura, comprimento e largura o qual constataram os fatores mais eficazes na redução do ruído, chegando a aproximadamente 10 dB.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram determinados experimentalmente a atenuação sonora por barreiras com espécies vegetais. Conforme na descrição da revisão bibliográfica optou-se pela utilização de uma floresta ombrófila mista secundária, por sua característica única de abrigar a conífera mais expressiva da vegetação brasileira – *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e por sua ecologia, apresentando dois estratos formados pelas copas. Atualmente, a legislação florestal brasileira (NARVAES et al., 2005) estabelece a conservação e regeneração natural sendo imprescindível com a elaboração de planos de manejo sob regime sustentado. Desta forma, é possível esperar que, este venha se tornar uma alternativa ecológica em locais onde há necessidade de atenuação de ruído juntamente com o intuito de preservar a flora e fauna locais.

Para comparação e caracterização da estrutura espacial e densidade da área verde da área estudada foi analisado o estudo de Roque et al. (2017) o qual consistiu o levantamento fitossociológico do fragmento de estudo proposto neste trabalho, situado na Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO), Campus Irati.

O critério para elaboração da metodologia de Roque et al. (2017) seguiu com a utilização do método de parcelas múltiplas que consiste na escolha de diversas parcelas com tamanhos pré-estabelecidos onde dentro das unidades experimentais analisou-se circunferência à altura do peito (CAP) e o diâmetro à altura do peito (DAP). Para análise dos parâmetros fitossociológicos, foram determinados por a Frequência absoluta (FA), frequência relativa (FR), densidade absoluta (DA), densidade relativa (DR), dominância absoluta (DoA), dominância relativa (DoR) e índice de valor de importância (IVI).

Conforme as equações abaixo: Frequência absoluta $FA = (k_i/k)$, onde k_i = número de unidades amostrais (UAs) onde a espécie (i) ocorreu e k = número total de UAs; Frequência relativa $FR = (FA/\sum FA)*100$, onde FA = frequência absoluta; Densidade Absoluta $DA = (n/ha)$, onde n/ha = número de árvores de cada espécie por hectare; Densidade Relativa $DR = DA/N/ha*100$, onde DA = densidade absoluta e N/ha = somatório de todas as espécies por hectare; Dominância absoluta $DoA = (g/ha)$, onde g/ha = área transversal de cada espécie por hectare (m^2/ha) e Dominância relativa $DoR = DoA/G/ha*100$, onde G/ha a

área basal por hectare (m^2/ha) e $IV_i = (Ar_i + Dr_i + Fr_i)$, onde Ar_i = abundância, Fr_i = frequência Dr_i = dominância relativas de cada espécie da associação vegetal.

Pelo método de parcelas múltiplas obteve-se a amostragem de 34 indivíduos distribuídos em 15 espécies e 11 famílias (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros fitossociológicos das espécies amostradas em fragmento de FOM na UNICENTRO pelo método de parcelas múltiplas

Espécies	N	DA(n/ha)	DR%	DOA	DOR	FA	FR	IVI
<i>Allophylus edulis</i>	1	33	3%	0,041	3,40%	33%	4,70%	11%
<i>Araucaria angustifolia</i>	4	133	11%	0,734	60,50%	67%	9,60%	82%
<i>Casaeria decandra</i>	3	133	11%	0,004	0,30%	67%	9,60%	21%
<i>Casaeria lasiophylla</i>	1	33	3%	0,001	0,10%	33%	4,70%	8%
<i>Casaeria silvestris</i>	3	100	9%	0,004	0,30%	33%	4,70%	14%
<i>Cestrum sp.</i>	1	33	3%	0,001	0,10%	33%	4,70%	8%
<i>Cinnamodendron dinisii</i>	5	166	14%	0,252	20,80%	100%	14,30%	49%
<i>Cinnamomum camphora</i>	1	33	3%	0,005	0,40%	33%	4,70%	8%
<i>Cordyline spectabilis</i>	2	67	6%	0,003	0,30%	33%	4,70%	11%
<i>Hovenia dulcis</i>	4	133	11%	0,006	0,50%	67%	9,60%	22%
<i>Luehea divaricata</i>	2	67	6%	0,008	0,70%	33%	4,70%	11%
<i>Ocotea puberula</i>	1	33	3%	0,005	0,40%	33%	4,70%	8%
<i>Podocarpus lambertii</i>	4	133	11%	0,114	9,40%	67%	9,60%	30%
<i>Schinus terebinthifolius</i>	1	33	3%	0,032	2,60%	33%	4,70%	10%
<i>Vasconcellea quercifolia</i>	1	33	3%	0,003	0,20%	33%	4,70%	8%
TOTAL	34	1163	100%	1,213	100,00%	698%	100,00%	300%

FONTE: ROQUE et al. (2017)

As famílias mais representativas, em termos de números de indivíduos, foram Salicaceae (7), Canellaceae (5), Araucariaceae (4), Podocarpaceae (4) e Rhamnaceae (4), seguidas das famílias Lauraceae (2), Laxmaniaceae (2) e Malvaceae (2). Para as demais

famílias amostradas, Anacardiaceae, Caricaceae, Sapindaceae e Solanaceae, incluiu-se apenas um indivíduo em cada.

Como pode ser observado, a espécie *Cinnamodendron dinissi* esteve presente em todas as parcelas amostradas, apresentando os maiores valores de FA (100%) e FR (14,3%). Outras espécies com altos valores de frequências foram *Araucaria angustifolia*, *Casaeria decandra*, *Hovenia dulcis*, *Podocarpus lambertii*, tendo estas apresentado valores de frequência absoluta e relativa de 67% e 9,6%, respectivamente. As demais espécies apresentaram valores de FR inferiores a 5%.

A análise da estrutura horizontal da floresta, pelo método das parcelas, permitiu constatar que as espécies com maior valor de importância (IVI) são: *Araucaria angustifolia*, *Cinnamodendron dinissi*, *Podocarpus lambertii*, *Casaeria decandra*, *Hovenia dulcis*, *Casaeria silvestris*, *Allophylus edulis*, *Cordyline spectabilis*, *Luehea divaricata*, *Schinus terebinthifolius*, seguidos de espécies de menor valor de importância, sendo *Casaeria lasiophylla*, *Cestrum sp.*, *Cinnamomum camphora*, *Ocotea puberula*, *Vasconcellea quercifolia*.

As espécies com os maiores valores relativos de dominância (DoR), pelo método das parcelas múltiplas, foram *Araucaria angustifolia*, *Cinnamodendron dinissi* e *Podocarpus lambertii*. É possível atribuir estes resultados aos elevados valores de diâmetros observados para os indivíduos de tais espécies.

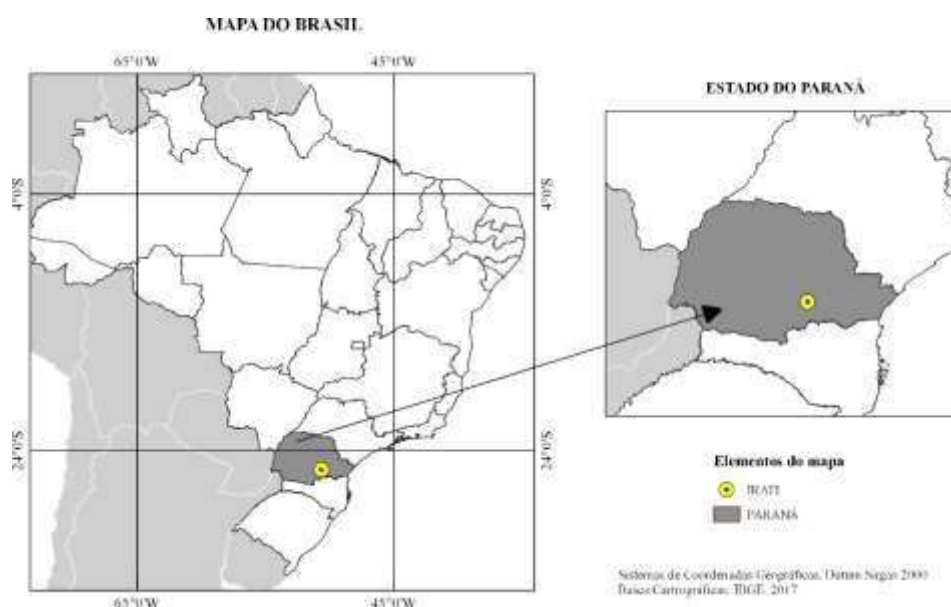
Já as espécies *Casaeria lasiophylla*, *Cestrum sp.*, *Cinnamomum camphora*, *Ocotea puberula*, *Vasconcellea quercifolia* são representadas por indivíduos de diâmetros menores, refletindo na redução de suas Dominâncias Relativas e conseqüentemente nos valores de IVI.

Os experimentos para obtenção dos níveis de ruído produzido pelo aplicativo pink noise foram regidos pela normativa ISO 9613-1: 1993 e ISO 9613-2: 1996 atenuação do som durante a propagação ao ar livre, que é a norma específica para obtenção do cálculo da absorção do som pela atmosfera e método geral de cálculo.

4.2 ÁREA DE ESTUDO

A presente pesquisa foi desenvolvida no município de Irati, localizada na região Centro-Sul do Estado do Paraná (Figura 3), tendo como limites os municípios de Fernandes Pinheiro, Imbituva, Prudentópolis, Rebouças, Rio Azul e Inácio Martins. Apresentando as coordenadas geográficas 25° 40' de latitude Sul, 51°11' longitude oeste e 25° 1' de latitude sul, com intersecção com o meridiano 50° 37' 51" de longitude Oeste (PREFEITURA MUNICIPAL DE IRATI-PR, 2008).

Figura 3 – LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE IRATI



FONTE: IBGE, elaborado pelo autor (2021).

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, Irati é uma região que apresenta clima do tipo cfc com clima temperado com umidade relativa do ar a 79,58 % e precipitação pluviométrica em média de 137mm, com variações de temperaturas de 24,0°C na estação mais quente e 13,0°C na estação mais fria (IAPAR, 2019).

A maior parte da área da microrregião colonial de Irati é coberta por Floresta ombrófila Mista, ocupando 37,5% com reflorestamento de Araucária espécie de alto valor econômico e paisagismo que compõem o Bioma da Mata Atlântica, seguido de Pinus e Eucalyptus (IBAMA, 2006).

4.3 COLETA DE DADOS

Das barreiras verdes existentes na região, a sequência do trabalho compreende a caracterização de um único trecho florestal localizado no *campus* da Unicentro de Irati (Figura 4), que permitiu a realização das medições sem interferências externas de carros ou pessoas.

Figura 4. Localização geográfica dos pontos de coleta e foto em frente da barreira vegetal.



FONTE: Google Earth, elaborado pelo autor (2021).

O estudo compreendeu dentro do sistema vertical da barreira vegetal a escolha de seis pontos, representados em frente a fonte de ruído (0 metros), a 6 metros atrás da fonte, 6 metros frente a fonte, 12 metros 18 metros e 24 metros frente a fonte (Figura 5) localizados

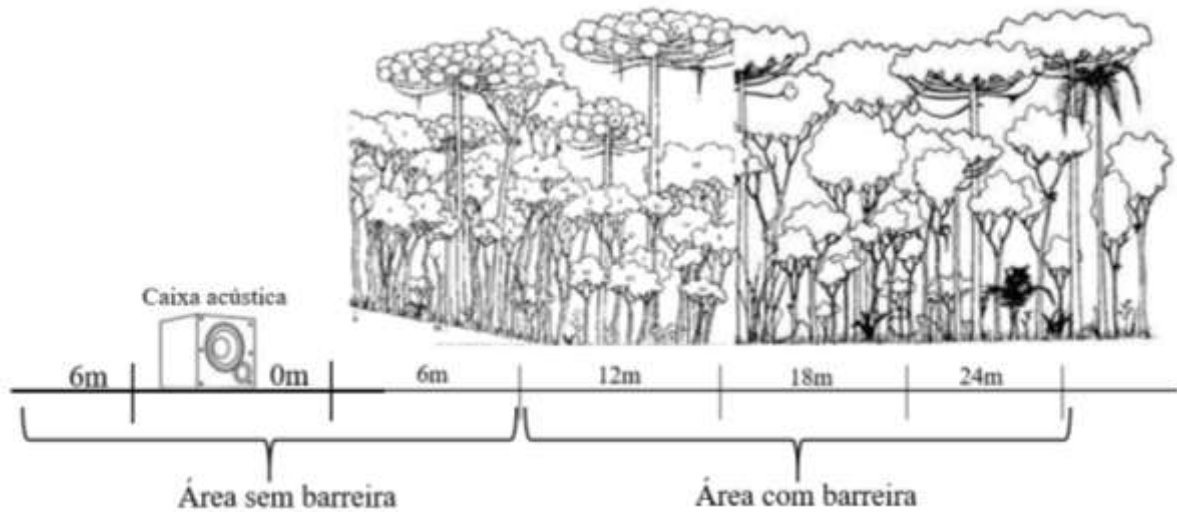
precisamente através de aparelho receptor de GPS, dividido em medições com diferentes distâncias, sendo (A1 a 6 metros atrás da caixa geradora de ruído, A2 em frente a caixa geradora de ruído a aproximadamente 50 cm do solo e os pontos , A3 a 6 metros, A4 a 12 metros, A5 a 18 metros e A6 a 24 metros (Figura 6), todos medidos nos volumes 2, 6 e 10 dB, levando em consideração a densidade e distribuição espacial dos indivíduos e também a fonte de emissão de ruído.

Figura 5. Representação dos pontos: Frente a fonte (0 metros); atrás da fonte (6 metros); frente a fonte (6 metros); e dentro da barreira (12, 18 e 24 metros).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 6 – Esquemática localizando a caixa acústica, respectivos pontos observados e suas distâncias



Fonte: Elaborada pelo autor (2022)

Os aparelhos de medida como os sonômetros (figura 7a) registam o som como ele é na realidade. São instrumentos úteis, por exemplo, na medição e determinação do ruído, verificando se é prejudicial à saúde. As seguintes características foram consideradas para as medições de NPS – Nível de Pressão Sonora com uso de medidor multidirecional classe 1, com microfone omnidirecional, analisador de NPS (Nível de Pressão Sonora) Bluel&Kjaer tipo 2250-Ligth, apresenta espectro de 1/3- oitavas com frequências centrais de (12,5Hz a 16kHz), com ponderação de frequências A B C e Z (linear), com o tempo de resposta fast/slow/impulse (rápida, lenta e impulsiva), conforme o Manual do fabricante. Para as análises foram consideradas as curvas de ponderação A que reproduz, mecanicamente a forma como o ouvido humano ouve e a melhor que se aproxima à incomodidade sentida. Já a ponderação Z, captura todas as frequências emitidas. O medidor de pressão sonora (NPS) apresentou as especificações apropriadas para medições externas de ruído ambiental conforme o manual do fabricante.

Para emissão do ruído a fonte foi posicionada a 6 metros à frente da barreira de vegetação escolhida, esta fonte de ruído foi produzida com aplicativo Pink Noise versão 1.0 em caixa acústica profissional da marca Roland modelo KC-150 (Figura 7b).

Figura 7. a) Analisador NPS b) Caixa acústica Roland.



FONTE: Bluel&Kjaer e Roland Corporation (2021).

As medições seguiram com intervalo de 1 minuto distribuídas a cada 6 metros para obtenção do maior número de dados. Foram obtidas também medidas em frente e atrás à caixa geradora de ruído para futuras comparações, com amplitude “volumes” 2, 6 e 10 e as demais medições seguiram dentro da barreira a cada 6 metros da fonte de ruído, seguindo também, as mesmas amplitudes.

De posse dos dados (Anexo 1) obtidos em diferentes distâncias, foram realizados procedimentos estatísticos para a comparação entre a barreira vertical verde.

Este trabalho foi realizado com o apoio do setor de audiologia do curso de Fonoaudiologia da Unicentro.

4.4 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

As medições ocorreram em condições meteorológicas ausentes de chuva e vento forte, seguindo as recomendações da NBR 10151. Os efeitos meteorológicos como gradientes do vento e temperatura influenciam na propagação e atenuação sonora, podendo interferir a onda do ruído até o receptor (BISTAFA, 2011; HANSEN et al., 2017). As coletas tiveram início às 8:35 da manhã e finalizadas às 10:17 da manhã, durante esse período a temperatura variou de 23°C ao iniciar e 30°C ao finalizar.

Ao realizar medições de níveis de pressão sonora, deve-se atentar a interferência de ruídos gerados por outras fontes que não é o objeto de estudo, para Gerges, 2000, esse ruído é considerado ruído de fundo. Portanto, as medições realizadas em época de pandemia, a fim de evitar o ruído de fundo, foram positivas, pois o único som praticamente emitido no momento das medições era do ruído rosa.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com o uso do medidor multidirecional classe 1, com microfone omnidirecional, analisador de NPS (Nível de Pressão Sonora) Bluel&Kjaer tipo 2250-Ligth, foram analisados 6 pontos amostrais medidos de 6 em 6 metros da fonte de ruído. Caracterizados em fora da barreira (atrás da fonte de ruído a 6 metros; frente a fonte a 0 metros; frente a fonte 6 metros) e dentro da barreira vegetal (12 metros, 18 metros e 24 metros), em todas as amostras as análises seguiram um padrão de 1 minuto.

O Analisador de NPS forneceu planilhas e gráficos conforme (anexo 1, anexo 2 e anexo 3), que apresentou dados de Frequência, LZFmáx [dB]; LZSmáx [dB]; LZFmín [dB]; LZSmín [dB]; LZeq [dB]. De posse dos dados, as análises foram realizadas com a utilização de LZeq (dB) A e Z, com a utilização do software R-Studio. Foram realizadas análise de correlação de spearman, análise de agrupamento e teste de independência para variáveis categóricas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se os dados de L_{zeq} A e Z, analisados nas figuras 8 e 9. A curva de ponderação A representa frequências mais sensíveis a audição humana, voltados então para o ruído ambiental e Z caracterizado como sem ponderação, ou seja, captura todas as frequências, considerada sensíveis para a fauna.

Além disso, as medições podem ser caracterizadas como fora da barreira vegetal e dentro da barreira, como representado na figura 6 no item 4.3. Os valores da atenuação do ruído obtidos em área sem barreiras compreendidos: frente a caixa caracterizado como 0 metros, 6 metros à frente da caixa e 6 metros atrás da caixa. E dentro da barreira vegetal: 12 metros, a 18 metros e 24 metros compreendem a verificação da atenuação do ruído pela barreira vegetal verde representada pela floresta ombrófila mista, presente na área em estudo.

Como esperado as medições frente a caixa a 0 metros, em todas as amplitudes sonoras, apresentaram valores superiores as demais medições (Tabela 7), para ponderação (A) obteve-se 76,3 dB amplitude 2, 91,7 dB amplitude 6 e 112,1 dB amplitude 10. As medições sem ponderação (Z), para amplitude 2, 78,26 dB, amplitude 6, 93,65 dB e amplitude 10 obteve 113,62 dB.

As medições 6 metros atrás da caixa e 6 metros à frente da caixa não apresentaram significância estatística comparadas entre si tanto para L_{Zeq} ponderação A e Z. Entre uma análise de relação o ruído advindo diretamente frente a fonte apresentou valores superiores ao medidos atrás da fonte produtora de ruído, exceto para amplitude sonora 2, onde 6 metros atrás da fonte L_{zeq} (A) (tabela 7) resultou 57,9 dB e frente a fonte 56 dB ocorrendo um aumento de 1,9 dB, e para L_{Zeq} (Z) frente a caixa 73,78 e atrás 76,19 aumento de 2,41, esses dados podem ser explicados pelo efeito Doppler, com o distanciamento fonte-receptor o comprimento de onda aumenta e a frequência diminui de forma que captura sons graves.

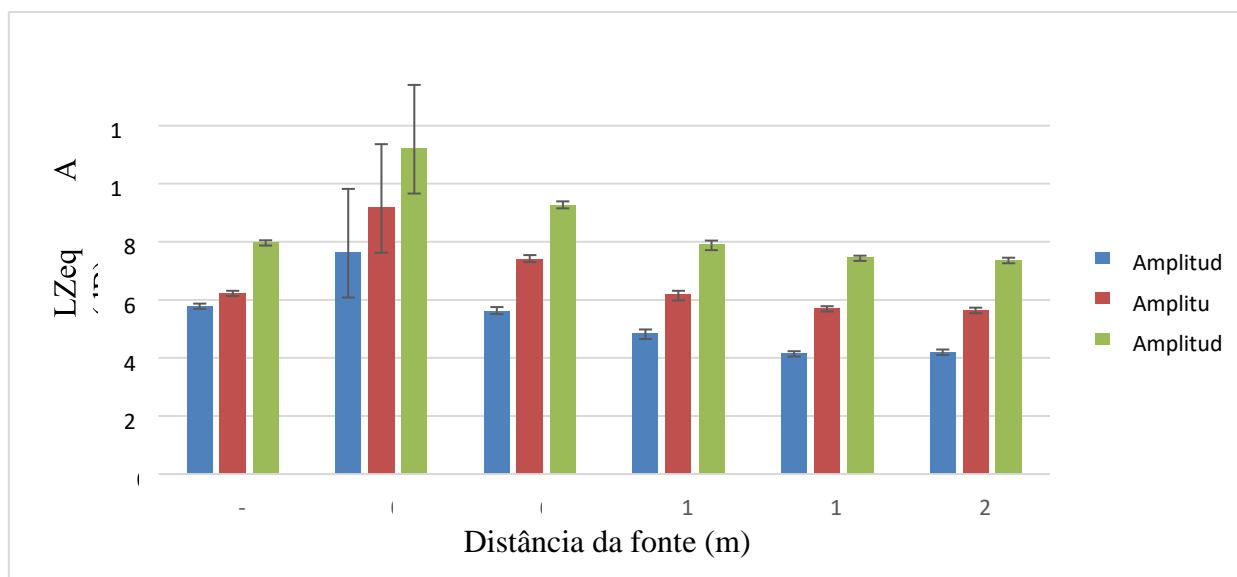
Tabela 7 - Valores de atenuação média e de Lzeq A em dB para diferentes distâncias da fonte e volumes de caixa e para Lzeq Z em dB para diferentes distâncias da fonte e volumes da caixa.

Amplitude	Distancia da fonte (m)	LZeq A (dB)	Atenuação (dB)
Amplitude 2	0	76,3	76,3
	6	56	17,3
	-6	57,9	-1,9
	12	48,5	9,4
	18	41,7	6,8
	24	41,8	-0,1
Amplitude 6	0	91,7	91,7
	6	73,9	17,8
	-6	62,3	11,6
	12	61,8	0,5
	18	57,2	4,6
	24	56,2	1
Amplitude 10	0	112,1	112,1
	6	92,4	19,7
	-6	79,7	12,7
	12	79,1	0,6
	18	74,6	4,5
	24	73,4	1,2

Amplitude	Distancia da fonte (m)	LZeq Z (dB)	Atenuação (dB)
Amplitude 2	0	78,26	78,26
	6	73,78	4,48
	-6	76,19	-2,41
	12	57,41	18,78
	18	63,95	-6,54
	24	62,78	1,17
Amplitude 6	0	93,65	93,65
	6	79,08	14,57
	-6	76,36	2,72
	12	66,11	10,25
	18	63,16	2,95
	24	61,43	1,73
Amplitude 10	0	113,62	113,62
	6	94,84	18,78
	-6	88,18	6,66
	12	82,43	5,75
	18	78,9	3,53
	24	77,04	1,86

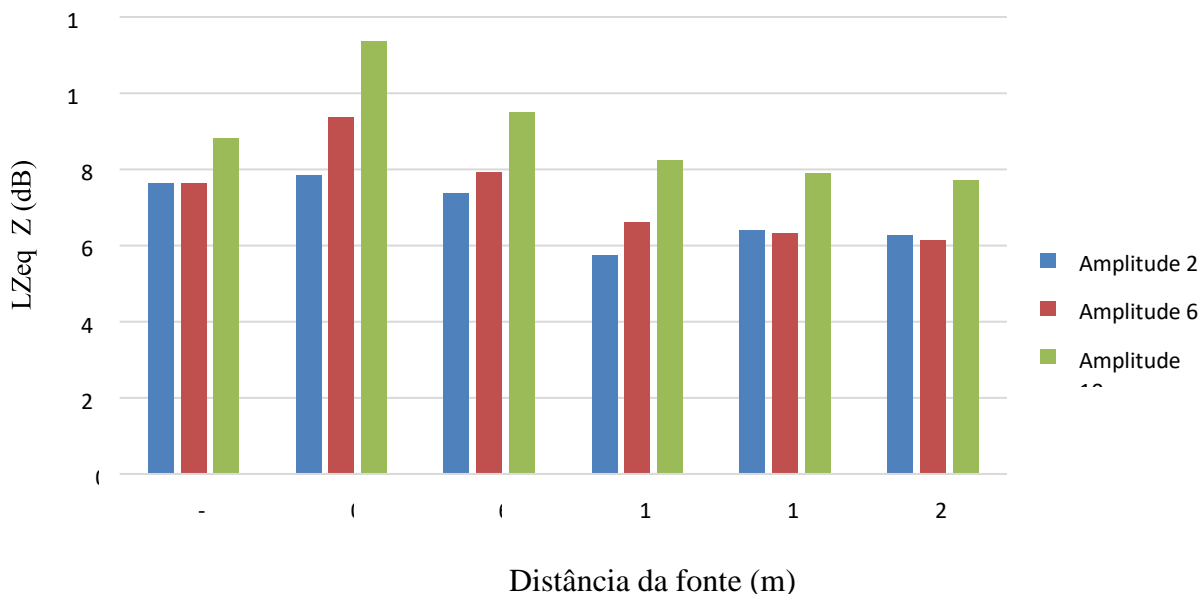
As análises realizadas para Lzeq A e Z (dB), de fato, confirmam uma correlação significativa e negativa entre a distância da fonte e LZe q para a amplitude 2 ($r_{\text{Spearman}} = -0.83$; valor-p = 0.04); 6 ($r_{\text{Spearman}} = -0.89$; valor-p = 0.02) e para 10 ($r_{\text{Spearman}} = -0.84$; valor-p = 0.04). A atenuação do ruído ocorre à medida que há a propagação sonora, ou seja, o nível sonoro se reduz com a distância à proporção que o som diverge da fonte (Bistafa, 2006). Os valores de correlação significativos e maiores que 0.8 indicam que a distância interferiu significativamente na atenuação do LZe q (A) [dB], independentemente da amplitude da fonte sonora. A redução do ruído LZe q (A) [dB], é maior até os 6 metros de distância, tornando se quase insignificante entre as distâncias 18 e 24 metros. Para os valores de LZe q (Z) (dB) foram observados os mesmos padrões: Influência significativa da distância e do volume para as caixas 6 e 10. A caixa 2 não apresentou correlação significativa. (Figura 8 e 9).

Figura 8. Valores médios de LZe q A em (dB) para diferentes distâncias da fonte e amplitudes da caixa.



FONTE: Elaborado pelo autor (2022)

Figura 9. Valores médios de LZeq Z em (dB) para diferentes distâncias da fonte e amplitudes da caixa



FONTE: Elaborado pelo autor, 2022

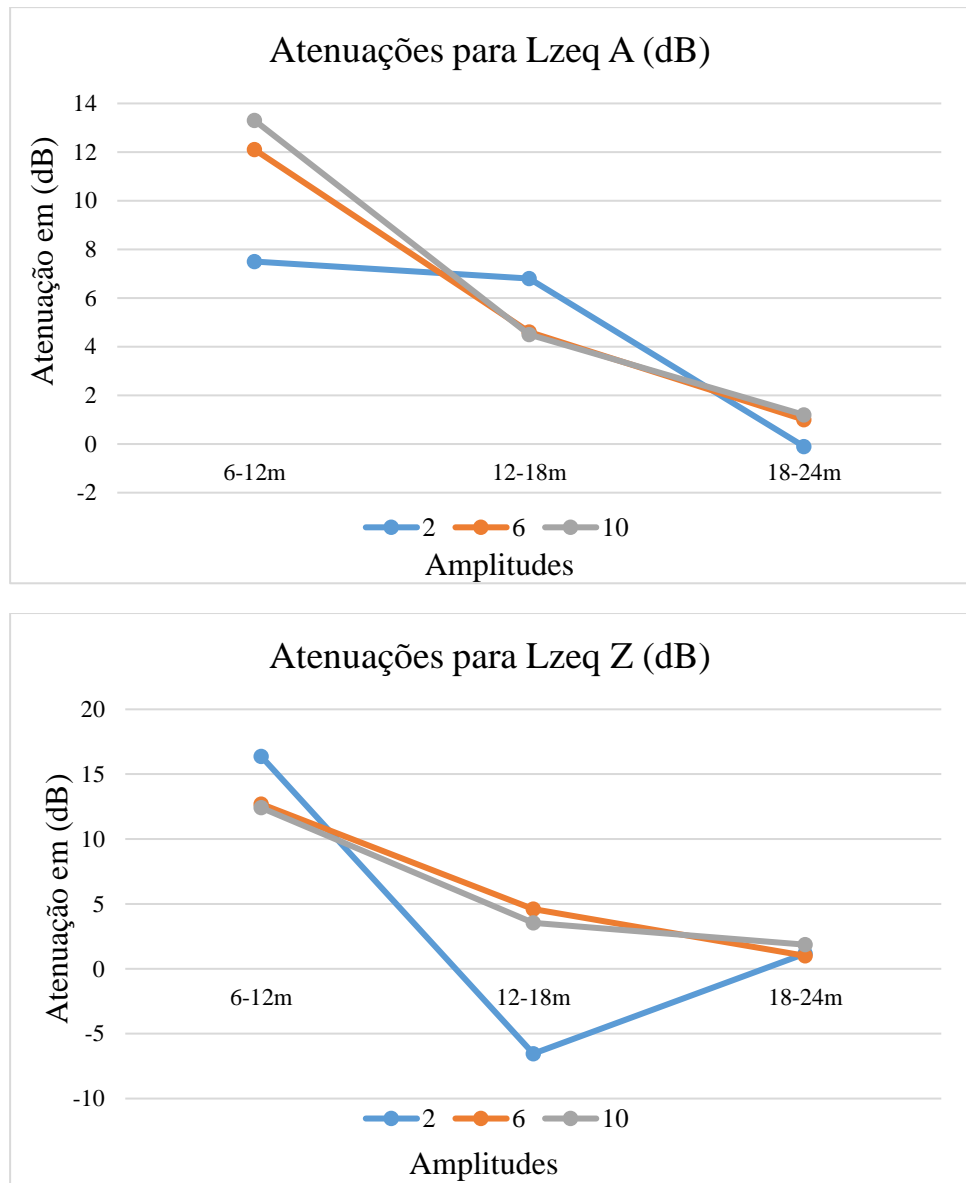
De forma correlativa utilizando os dados obtidos e representados na tabela 7, através de uma subtração foram encontrados a atenuação em dB para todas as medições (Tabela 5). As medições com presença de barreira vegetal: 12, 18 e 24 metros, seguem uma sequência lógica de atenuação, mesmo não influenciadas significativamente pela distância e amplitude sonora, para LZeq A a atenuação sonora, exceto para amplitude 2 (Tabela 5; Figura10). As distâncias de 18 a 24 metros não seguiram um padrão de atenuação, ocorrendo um aumento de 0,1 dB. Igualmente para LZeq Z, (Tabela 5; Figura 10) medições 12 metros a 18 metros ocorreu um acréscimo de 6,54 dB. Três possíveis razões para as advertências dos dados. Em primeiro lugar os resultados podem ser afetados por outras fontes sonoras encontradas na floresta, bem como pelas características das árvores (Bernatzky, 2012; Finke, 1980).

Em segundo lugar, a atenuação para frequências mais baixas, se tornam menos eficientes comparadas a frequências mais altas, visto que, apenas para amplitudes 2 não seguiram um padrão de atenuação tanto para LZeq A e Z. Está variável observada neste estudo, foram verificadas nos estudos de (Pal et al, 2000) para frequências acima de 250 kHz as atenuações para ponderação (A) foram de 4dB a mais do que para frequências abaixo de 125 kHz. E para Kragh (1981), as atenuações pela barreira vegetal foram significantes na faixa de frequências acima de 2 kHz.

Tabela 5 – Atenuações para LZeq A (dB) e para LZeq Z (dB) pela barreira vegetal.

Amplitudes	Medições	Atenuação dB
2	6m – 12 m	7,5
	12m – 18m	6,8
	18m – 24m	-0,1
6	6m - 12m	12,1
	12m – 18m	4,6
	18m- 24m	1
10	6m-12m	13,3
	12m-18m	4,5
	18m-24m	1,2
Amplitudes	Medições	Atenuação dB
2	6m – 12 m	16,37
	12m – 18m	-6,54
	18m – 24m	1,17
6	6m - 12m	12,1
	12m – 18m	4,6
	18m- 24m	1
10	6m-12m	12,41
	12m-18m	3,53
	18m-24m	1,86

Figura 10. Valores de atenuação para LZe_q A (dB) e LZe_q Z (dB) para distâncias 6m, 12m e 24m.



Por fim, uma redução consideravelmente eficaz do ruído, depende da densidade das áreas verdes, o diâmetro do tronco é um fator que contribui na densidade da vegetação, mostrando ter vantagens sobre diâmetros de tronco consideravelmente menores. Outras características como estrutura do dossel e número de folhagens, podem afetar consideravelmente a redução através do espalhamento do ruído. Para Azkorra et al. (2015) o coeficiente de absorção das plantas é controlado pela densidade da área foliar, desse modo, quanto maior a área ocupada pelas folhagens, maior será os valores do coeficiente de absorção.

Confirma-se a hipótese de atenuação pela barreira vegetal, através da comparação com o valor de controle de área aberta 6 metros com 12 metros atenuando 12 a 13 dB para amplitudes sonoras, 6 e 10, para LZeq A e Z (Figura 10). Essa descoberta, foi apoiada por outros estudos, como Ow e Ghosh (2017) em que o ruído do tráfego veicular foi monitorado e a atenuação medida através da barreira vegetal foi examinada. Eles descobriram que barreiras vegetais com 5 m de profundidade de vegetação, resultaram em 9-11 dB a mais de atenuação do que a mesma largura de terra sem árvores. Ainda utilizando 6 metros considerado área aberta, ou seja, área que não apresentou barreira vegetal, comparando com as medições de 18 e 24 metros área com barreira vegetal (Tabela 5), mostram atenuação significativa do ruído, esses resultados revelam que o aumento da cobertura vegetal, como também, a visibilidade potencializa a redução dos níveis de ruído.

Outros estudos, como Aylon (1972), Fang e Ling(2003), Reethof (1973), revelam que barreiras vegetais densas com profundidade considerável de vegetação com aproximadamente 30 metros, proporcionam maior área de superfície de atenuação sonora, podendo reduzir aproximadamente 4-8 dB. No entanto, outros pesquisadores, como Kragh (1981) descobriu que barreiras vegetais de árvores de folhas caducas e arbustos entre 5 a 10 anos de idade consideradas estreitas também sugerem uma redução de 5dB a 3 metros de distância da emissão do ruído. Para Wiener e Keast (1959) a atenuação pode ocorrer através da absorção pelas folhas, reflexão, dispersão, difração pelos caules e galhos. Isso confirma que a largura da barreira vegetal é imprescindível para uma atenuação eficiente.

Através da análise de comparação (Tabela 9) amplitude e distância, é possível observar que todas as amplitudes 10 estão no grupo (cluster) 1, enquanto todas as amplitudes 2 estão no grupo (cluster) 2. A amplitude 6 que possui amplitude intermediária ocupou tanto o grupo 1 como o 2, no entanto, os valores presentes no grupo 1, são justamente os mais próximos da fonte, ou seja, atrás da fonte, frente a fonte e a 6 metros da fonte e, portanto, os maiores dB. No agrupamento 2, estão os valores em dB das maiores distâncias da amplitude 6, ou seja, 12 metros, 18 metros e 24 metros que reportam aos menores dB da caixa 6.

Portanto, essas comparativas amplitude sonora “volumes” e distância “-6, 0, 6, 12, 18 e 24”, percebe-se que a distância não influencia tanto quanto os volumes na caixa e nessa análise é perceptível que a atenuação ocorre a partir da barreira vegetal e que a distância atenua mais não é significativa quanto a barreira vegetal.

Tabela 9. Agrupamento das variáveis A e Z em função de diferentes distancias e volumes.

Grupo	Caixa	Distância	A	Z
2	2	- 6	57,9	76,1900
2	2	2 4	41,8	62,7800
2	2	1 8	41,6	63,9500
2	2	1 2	48,4	57,4100
2	2	6	55,9	73,7800
2	2	0	76,2	78,2600
1	6	- 6	62,3	76,3600
2	6	2 4	56,1	61,4300
2	6	1 8	57,1	63,1600
2	6	1 2	61,8	66,1100
1	6	6	73,9	79,0800
1	6	0	91,6	93,6500
1	1 0	- 6	79,6	88,1800
1	1 0	2 4	73,3	77,0400
1	1 0	1 8	74,6	78,9000
1	1 0	1 2	79,1	82,4300
1	1 0	6	92,4	94,8400
1	1 0	0	112, 0	113,620 0

De fato, a amplitude (volumes) apresentaram efeito significativo nos valores em dB, tanto para A como para Z, enquanto as distâncias só apresentam efeito significativo quando avaliadas isoladamente, ou seja, sem o efeito da amplitude “volume” como pode ser observado na (Tabela 10) através de teste de independência. Isto porque quanto maior sua amplitude maior será sua intensidade. Contudo, para ambas ponderações as frequências

capturadas apresentaram diferenças, o aparelho receptor efetuou as medições conforme a sensibilidade do ouvido humano, para ponderação A, a qual, atenua os sons graves, e ponderação Z considerada sem ponderação, ou seja, capturou todas as frequências sem filtros.

Tabela 10. Avaliação dos efeitos da amplitude e distância isoladamente

Teste de independência para variáveis categóricas					
	df	qui-quadrado	p-value	g-quadrado	p-valor
Amplitude	2	12,00000	0,002479	16,63553	0,000244
Distância	5	2,00000	0,849145	2,03879	0,843752

6. CONCLUSÕES

Conclui-se que o fator distância auxilia na redução do ruído em áreas abertas, sem presença de barreira, através da divergência esférica e do atrito com as moléculas de ar. Contudo, os resultados com sistemas verticais de vegetação são promissores no requisito atenuação, sugerindo que a redução total do ruído caiu à medida que a intensidade vegetativa continuou a aumentar, perturbando as ondas acústicas produzindo fenômenos de difração maiores e os efeitos de redução de ruído eram maiores. Recomenda-se que outros estudos possam ser realizados no sentido de comparar tanto diferentes densidades de Floresta Ombrófila Mista, quanto povoamentos exóticos tais como *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.*

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFSHAR, P. F; BAHRAMNEZHAD, F; ASGARI, P e SHIRI, M. Effect of white noise on sleep in patients admitted to a coronary care. **Journal of caring sciences**, v. 5, n. 2, p. 103, 2016.
- ALLOUSH, M; SCOFIELD, D; MARCZAK, S; JONES, R; KAISER, K; OLIVA, M; MARTINEAU, K. When sounds collide: the effect of anthropogenic noise on a breeding assemblage of frogs in Belize, Central America. **Behaviour**, v. 148, n. 2, pág. 215-232, 2011.
- ANGWIN, A. J; WILSON, W. J; ARNOTT, W. L, SIGNORINI, A; BARRY, R, J e COPLAND, D. A. O ruído branco melhora a aprendizagem de palavras novas em adultos saudáveis. **Relatórios científicos**, v. 7, n. 1, pág. 1-6, 2017.
- ARBETARSKYDDSFONDEN. Noise control, 2 ed, 1 st impression, Denmark, Ncerum Offset, p. 55-57, 1986.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 14001. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, visando o Conforto da Comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- AZEVEDO, A. P. M. **Efeito de produtos químicos e ruído na gênese de perda auditiva ocupacional**. 2004. 162 f. Dissertação (Mestrado Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2004
- AZKORRA, Z; PÉREZ, G; COMA, J; CABEZA, L. F; BURES, S; ÁLVARO, J. E; ERKOREKA, A; URRESTARAZU, M. Evaluation of green walls as a passive acoustic insulation system for buildings. **Applied Acoustics**, n. 89, p.46-56, 2015.
- BARBOSA, A. L. **Estudo de Barreiras Acústicas para a Atenuação de Ruído Aeronáutico no Aeroporto de Congonhas São Paulo**. São Paulo, Brasil, 2015.
- BASNER, M; BABISCH, W; DAVIS, A; BRINK, M; CLARK, C; JANSSEN, S; Efeitos auditivos e não auditivos do ruído na saúde. **A lanceta** , v. 383, n. 9925, pág. 1325-1332, 2014.
- BEE, M.A; SWANSON E.M Auditory masking of anuran advertisement calls by road traffic noise. **Animal Behavior**, v. 74, n. 6, pág. 1765-1776, 2007.

- BERNATZKY, A. **Tree ecology and preservation**. Elsevier, 2012.
- BIES, D. A., HANSEN, C. H. **Engineering Noise Control: Theory and Practice**, 3 ed, New York: Spon Press, 2003.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2ª edição. São Paulo. Editora Blucher, 2011.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 3ª edição. São Paulo. Editora Blucher, 2018.
- BONAMETTI, J. H. Arborização urbana. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 19, n. 36, p. 51-55, 2020.
- BOTARI, A; BOTARI, J. C; TAKEDA, I. J. M, & TAKEDA, A. K. Barreiras termo acústicas vegetais em espaços públicos. In: **Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress**. 2013. p. 418-422.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o Código Civil. **Diário Oficial da União**. Disponível em: D.O.U de 28/05/2012, pág. nº 1, acesso em: agosto, 2022.
- CARNEIRO, A. B. C. R. **Barreiras Acústicas e Visuais no Jardim Botânico do PortoProjeto de Execução**. 2018.
- CHÁVEZ, O; YOZA, L; ARELLANO, A. "Distribución del ruido ambiental en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el periodo enero-marzo 2007". **Anales científicos**. Vol. 70, 44-51, 2009.
- COSTA, S. S. DA; CRUZ, L. M.; OLIVEIRA, J. A. A. DE. **Otorrinolaringologia- Princípios e Prática**. Ed. Artes Médicas. Porto Alegre. 1994. p. 12-56
- CUNNINGTON, G.M; FAHRIG L. Plasticity in the vocalizations of anurans in response to traffic noise. **Acta Oecologica**, v. 36, n. 5, pág. 463-470, 2010. Disponível em: doi: 10.1016/j.actao.2010.06.002, acesso em agosto 2022.
- CURITIBA. **Lei n.º 10.625 de 12 de dezembro de 2002**. "Dispõe sobre ruídos urbanos, proteção do bem-estar e do sossego público. Curitiba: Câmara Municipal, 2002. Disponível em: Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://multimedia.curitiba.pr.gov.br/2010/00086318.pdf. Acesso em: agosto de 2022.
- DE MEDEIROS, A. F. D; PIMENTEL, R. L; DE MELO, R. A, DE ARAÚJO, B. C. D, e DA COSTA BRASILEIRO, T. Investigation of traffic noise attenuation potential of an urban highway underpass. **Applied Acoustics**, v. 192, p. 108682, 2022.

DUARTE, A. S. M, CARVALHO, G. M. D, GUIMARÃES, A. C, PINHEIRO, L. A. M, COSTA, E. A. D, & GUSMÃO, R. J. High levels of sound pressure: acoustic reflex thresholds and auditory complaints of workers with noise exposure. **Brazilian journal of otorhinolaryngology**, v. 81, n. 4, p. 374-383, 2015.

FANG, C. F; LING, D. L. Investigation of the noise reduction provided by tree belts. **Landscape and urban planning**, v. 63, n. 4, pág. 187-195, 2003.

FINKE, L. Kent planlaması Açısından Yeşil Alanların Kent iklimi ve Kent Havasını İyileştirme Yetenekleri (Çeviren: I, Aslanboğa). **IU Orman Fak, Derg**, v. 30, n. 2, p. 225-255, 1980.

FREIRE, R; TAVARES, C. R. G; SOARES, P. F; ABREU, M. H. M. D. Correlação entre condição da superfície do solo agrícola e o coeficiente de absorção acústica. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, p. 708-721, 2014.

FUNDACENTRO – **Fundação Jorge Duprat Figueredo de Segurança e Medicina do Trabalho**. NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL – NHO 01: Avaliação da exposição ocupacional ao ruído. 2001.

GERGES, S. N. Y.; **Ruído: Fundamentos e Controle**. NR Editora. 2ª Edição. Florianópolis. Santa Catarina: 2000.

GERHARDT, H. C; HUBER, Franz. **Acoustic Communication in Insects and Anurans: Common Problems and Diverse Solutions**, 2003.

GIANNINI, C. F., MONTEIRO, P. J. M., GERMANO, T., DE OLIVEIRA, L. D., & SOARES, P. F. Avaliação do Ruído Ambiental: Monitoramento e Caracterização do Ruído de Fundo em Maringá. **Iniciação Científica Cesumar**, v. 14, n. 1, 2012.

GIL, D; BRUMM, H. Comunicação acústica no ambiente urbano: padrões, mecanismos e possíveis consequências dos ajustes do canto das aves. **Ecologia urbana aviária**, p. 69-83, 2014.

HERWEG, N. A; BUNZECK, N. Efeitos diferenciais do ruído branco em tarefas cognitivas e perceptivas. **Frontiers in Psychology**, v. 6, p. 1639, 2015.

Instituto Agrônômico do Paraná – **IAPAR** [online]. [Citado período 1963/2019]. Disponível em: http://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/medias-historicas/Fernandes_Pinheiro.pdf

IRATI. **Lei nº 4.228, de 20 de dezembro de 2016**. Institui o plano diretor municipal de Irati, estabelece diretrizes para o planejamento do município e dá outras providências. Irati:

Câmara Municipal, 2016. Disponível em: <http://leismunicipa.is/kjtvx>. Acesso em: agosto de 2022.

KIGHT, C. R; SWADDLE, J. P. How and why environmental noise impacts animals: an integrative, **mechanistic review**. v. 14, n. 10, pág. 1052-1061, 2011.

KLEIST, N. J.; GURALNICK, R. P; CRUZ, A; FRANCIS, C. D. O ruído antropogênico enfraquece a resposta territorial às canções dos intrusos. **Ecosfera** , v. 7, n. 3, pág. 01259, 2016.

LISOT, A.; SOARES, P. F. Ressonadores de Helmholtz em barreiras acústicas: avaliação de desempenho na atenuação do ruído de tráfego. **UEM, Coimbra, Portugal**, 2008.

MAGALHÃES, J.K.S.; BARBOSA, U.R. Avaliação de barreiras acústicas na atenuação do ruído ambiental. **II Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar**. 2017, Goiânia, GO.

MAMANI, G.M.; PAUCARA, E.M.; VILCA, R.A.L.; ESPINOZA, N.B.; PEREZ, F. C.. MANCERA, K. F.; MURRAY, P. J.; LISLE, A. The effects of acute exposure to mining machinery noise on the behaviour of eastern blue-tongued lizards (*Tiliqua scincoides*). **Anim Welf**, v. 26, n. 1, pág. 11-24, 2017.

MATSUNAGA, W; WATANABE, E. Visual motion with pink noise induces predation behaviour. **Scientific reports**, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2012.

Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2014

MOREIRA, R. J. S., **Análise das características de ruído em séries temporais GPS**. PhD thesis, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2013.

OLIVEIRA, L. S. M. **Utilização da vermiculita como adsorvente de óleo da indústria petrolífera**, 2004.

PERIS, Eulália et al. Ruído ambiental na Europa: 2020. **Eur. Ambiente. Agência** , v. 1, p. 104, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Night noise guidelines for Europe**, 2009 Disponível em: <http://www.euro.who.int/Document/E92845.pdf>, acesso em: agosto de 2022.

ORGANIZATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS). **Critères d'hygiène de l'environnement Genève**: OMS; 1980.

OW, L. F.; GHOSH, S. Urban cities and road traffic noise: Reduction through vegetation. **Applied Acoustics**, v. 120, p. 15-20, 2017.

PARKS, S. E.; CLARK, C. W.; TYACK, P.L. Short-and long-term changes in right whale calling behavior: the potential effects of noise on acoustic communication. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 122, n. 6, p. 3725-3731, 2007

PERIS, E. Noise pollution is a major problem, both for human health and the environment, **European Environment Agency**, 2020. Disponível em: doi:10.2800/686249. Acesso em 22 março, 2022.

POTVIN, D. A.; MACDOUGALL-SHACKLETON, S. A. Experimental chronic noise exposure affects adult song in zebra finches. **Animal Behaviour**, v. 107, p. 201-207, 2015.

POTVIN, D.A; CURCIO, M. T; SWADDLE, J. P; MACDOUGALL-SHACKLETON, S. A. Experimental exposure to urban and pink noise affects brain development and song learning in zebra finches (*Taenopygia guttata*). **PeerJ**, v. 4, p. e2287, 2016.

RAMAZZINI, B. Doenças dos Bronzistas. In: Raimundo, E (tradutor). As doenças dos trabalhadores, Brasil: FUNDACENTRO; 2016: 261-63.

REETHOF, G. Efeito das plantações na radiação do ruído rodoviário. **Journal of the Air Pollution Control Association**, v. 23, n. 3, pág. 185-189, 1973.

ROCA, I. T; DESROCHERS, L; GIACOMAZZO, M; BERTOLO, A; BOLDUC, P; DESCHESES, R; PROULX, R. Shifting song frequencies in response to anthropogenic noise: a meta-analysis on birds and anurans. **Behavioral Ecology**, v. 27, n. 5, pág. 1269-1274, 2016.

ROLANDO SALAS LÓPEZ, R.S; CASTILLO, E.B. Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. **INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable**, v. 2, n. 1, p. 88-96 Doi: 10.25127/indes. 201401.010, 2016.

SALIBA, T, M. **Manual prático de avaliação e controle do ruído: PPRA**. LTr Editora, 2021.

SALVADOR, S. Inovação de produtos ecológicos em cortiça. **Projeto apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO. Lisboa, Portugal**, 2001.

SAMSON, J; SHEELA, D. R; RAVINDRAN, R; SENTHIL, V. M. Effect of noise stress on free radical scavenging enzymes in brain. **Environ Toxicol Pharmacol**, v. 20, n. 1, pág. 142-148, 2005. Disponível em: doi: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2004.12.059>, acesso em julho 2022.

SENHORAS, E. M. Oportunidades da cadeia agroindustrial do coco verde: do coco verde nada se perde, tudo se desfruta. **Revista Urutágua**, Maringá, v. 5, p. 08-11, 2004.

SILVA, G; CÔRTEZ, P. L; DIAS, A. G; LIMA, I. S; GRANGEIRO, A. L. D; Ruídos urbanos na cidade de São Paulo, Brasil: um estudo de caso. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 8, n. 2, p. 61-72, 2017.

SOUSA, L. R. L. **Estudo da atenuação sonora provocada por coberturas verdes**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

VALENTE, Heloísa de Araújo Duarte. **Os cantos da voz: entre o ruído e o silêncio**. Annablume, pág 47, 1999.

VÉLEZ, A; SCHWARTZ J. J, BEE M. A. Anuran acoustic signal perception in noisy environments. In: **Animal communication and noise**. Springer, Berlin Heidelberg, 2013. p. 133-185

WARD, L; GREENWOOD, P. (2007) "1/f Noise." **Scholarpedia**, 1(12):1537, doi: 10.4249, disponível em: http://www.scholarpedia.org/article/1/f_noise, acesso em dezembro de 2021. WIENER, F. M.; KEAST, D. N. Estudo experimental da propagação do som sobre o solo. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 31, n. 6, pág. 724-733, 1959.

ZOLLINGER, S. A; DORADO-CORREA, A; GOYMANN, W; FORSTMEIER, W; KNIEF, U; BASTIDASURRUTIA, A.M, & BRUMM, H. Traffic noise exposure depresses plasma corticosterone and delays offspring growth in breeding zebra finches, **Conservation Physiology**, v. 7, n. 1, pág. 056, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/conphys/coz056>, acesso em março 2022.

ZWART, M. C; DUNN, J. C; MCGOWAN, P. J; WHITTINGHAM, M. J. Wind farm noise suppresses territorial defense behavior in a songbird. **Behavioral Ecology**, v. 27, n. 1, pág. 101-108, 2016.

DE QUEIROZ, J. M. Desenvolvimento econômico, inovação e meio ambiente: a busca por uma convergência no debate. **Cadernos do Desenvolvimento**, v. 6, n. 9, p. 143-170, 2018.

KUNC, H P.; SCHMIDT, R. The effects of anthropogenic noise on animals: a meta-analysis. **Biology Letters**, v. 15, n. 11, p. 20190649, 2019.

VAN KAMP, I, KLAEBOE, R., KRUIZE, H., BROWN, A. L., & LERCHER, P. Soundscapes, human restoration and quality of life. In: **INTER-NOISE and NOISE-CON congress and conference proceedings**. Institute of Noise Control Engineering, 2016. p. 1205-1215.

BENTO-COELHO, J. L. Approaches to urban soundscape management, planning, and design. **Soundscape and the built environment**, p. 197-214, 2016.

PATHAK, V; THIPATHI, B. D; MISHRA, V. K. Dynamics of traffic noise in a tropical city Varanasi and its a abatement through vegetation. **Environ Monit Assess. Springer Science**, n.146, p.67-65, 2008

GULIA, P.; GUPTA, A. Traffic Noise Control by Periodically Arranged Trees. **In Proceedings of the International Conference on Recent Trends and Developments in Environmental Sustainability RTDES**, 2016.

ADVÍNCULA, K. P., MENEZES, D. C., PACÍFICO, F. A., & GRIZ, S. M. S. Percepção da fala em presença de ruído competitivo: o efeito da taxa de modulação do ruído mascarante. **Audiology-Communication Research**, v. 18, p. 238-244, 2013.

RIEDY, S. M; SMITH, M. G; ROCHA, S; BASNER, M. Noise as a sleep aid: A systematic review. **Sleep Medicine Reviews** , v. 55, p. 101385, 2021.

JASTREBOFF, P. J.; JASTREBOFF, M. M. Tinnitus retraining therapy (TRT) as a method for treatment of tinnitus and hyperacusis patients. **Journal of the American Academy of Audiology**, v. 11, n. 03, p. 162-177, 2000.

COOK, D. I.; VAN HAVERBEKE, D. F. **Tree-covered land-forms for noise control**. Forest Service, US Department of Agriculture, 1974.

KURZE, U. J. Noise reduction by barriers. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 55, n. 3, p. 504-518, 1974.

NARVAES, I. S; BRENA, D. A; LONGHI, S. J. Estrutura da regeneração natural em floresta ombrófila mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 15, p. 331-342, 2005.

ROQUE, R. H., DE LIMA, É. A. A., PORTELA, R. M., BRAGA, R. C., LERNER, J., MONTEIRO, F. G; HOMZCINSKI, I. Levantamento fitossociológico em fragmento de floresta ombrófila mista no Município de Irati, Paraná, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). Flora: Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. DF, 2006. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/legislacao/legislacao-bioma-mata-atlantica>. Acessado em [23/10/2022](#)

8. ANEXOS

ANEXO 1

Medição em frente a fonte (0 metros)

Amplitude 02

Frequência	LZFMáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	68,42	68,42	48,26	48,26	59,87
16 Hz	64,19	64,19	46,49	46,49	58,25
20 Hz	65,48	65,48	45,18	45,18	57,28
25 Hz	66,51	64,87	45,54	47,23	55,87
31,5 Hz	66,32	64,07	44,95	45,94	54,09
40 Hz	62,54	60,81	45,26	46,98	52,63
50 Hz	61,15	58,19	45,61	49,67	53
63 Hz	63,44	59,68	51,67	54,22	56,64
80 Hz	64,17	62,64	57,1	59,11	61,08
100 Hz	70,67	67,97	61,35	64,43	66,24
125 Hz	71,54	68,67	61,19	65,07	67,11
160 Hz	68,34	66,28	58,67	63,14	64,51
200 Hz	65,84	63,79	57,47	60,01	61,91
250 Hz	65,07	63,46	57,36	59,96	61,77
315 Hz	65,5	63,45	57,85	60,45	61,88
400 Hz	64,94	62,59	56,96	59,69	61,39
500 Hz	65,33	62,99	58,44	60,03	61,41
630 Hz	63,04	60,68	56,83	58,34	59,44
800 Hz	63,14	61,47	58,68	59,9	60,72
1 kHz	65,35	64,4	61,15	62,89	63,53
1,25 kHz	67,13	65,75	61,89	63,3	64,47
1,6 kHz	64,1	62,98	60,43	60,21	62,2
2 kHz	65,64	64,16	61,93	62,56	63,45
2,5 kHz	64,02	63,02	58,5	59,76	61,95
3,15 kHz	62,93	61,94	58,03	59,13	60,86
4 kHz	69,06	68,21	64,94	65,84	67,5
5 kHz	70,96	70,4	67,95	68,24	70,02
6,3 kHz	66,71	65,95	64,31	63,85	65,56
8 kHz	64,91	64,49	62,15	62,07	64,09
10 kHz	62,11	61,36	58,36	58,21	60,62
12,5 kHz	40,97	38,69	35,01	34,76	37,55
16 kHz	33,11	28,02	21,99	23,45	24,44
A	76,89	76,56	75,08	74,93	76,26
Z	83,7	80,63	76,9	77,24	78,26

Medição em frente a fonte (0 metros)

Amplitude 6

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	67,04	67,04	43,92	43,92	58,31
16 Hz	66,7	66,7	47,37	47,37	58,7
20 Hz	63,56	63,56	53,67	53,67	59,32
25 Hz	62,57	61,99	54,8	55,55	59,09
31,5 Hz	65,72	64,76	58,13	59,27	61,81
40 Hz	68,92	68,06	62,1	62,88	65,58
50 Hz	72,64	70,96	63,81	66,75	69,24
63 Hz	77,77	75,68	69,64	71,85	73,98
80 Hz	82,54	80,37	74,73	76,35	78,31
100 Hz	87,46	84,75	78,22	81,2	83,08
125 Hz	87,62	84,98	79,16	82,21	83,67
160 Hz	84,81	82,54	76,99	79,82	81,24
200 Hz	83,61	80,9	74,57	78,07	79,45
250 Hz	82,48	80,07	75,2	76,91	78,8
315 Hz	80,9	78,96	74,54	76,26	77,92
400 Hz	82,94	80,48	76,4	78,14	79,4
500 Hz	80,14	78,53	75,25	76,5	77,74
630 Hz	77,46	76,01	72,86	73,62	75,14
800 Hz	79,63	77,86	74,82	76,26	77,1
1 kHz	82,38	81,17	78,5	79,46	80,46
1,25 kHz	82,87	81,23	78,33	79,61	80,57
1,6 kHz	80,38	79,08	76,61	77,38	78,53
2 kHz	81,4	80,42	77,51	77,78	79,59
2,5 kHz	77,6	76,79	74,14	74,1	75,77
3,15 kHz	75,02	74,47	71,06	71,02	73,22
4 kHz	83,31	82,54	80,15	79,57	81,57
5 kHz	87,3	86,38	83,54	83,91	85,15
6,3 kHz	82,73	82,13	80,17	80,11	81,37
8 kHz	81,12	80,53	78,62	78,34	79,78
10 kHz	77,65	76,99	73,71	73,47	75,56
12,5 kHz	55,16	53,56	49,06	49,71	52,31
16 kHz	38,77	38,22	35,56	35,34	37,23
A	92,8	92,39	90,9	90,34	91,66
Z	94,99	94,29	92,5	92,36	93,65

Medição em frente a fonte (0 metros)**Amplitude 10**

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	69,46	69,46	51,2	51,2	61,94
16 Hz	74,35	74,35	59,59	59,59	65,66
20 Hz	72,68	72,68	65,65	65,65	69,82
25 Hz	78,87	77,75	70,27	72,17	75,17
31,5 Hz	83,18	82,16	76,33	77,28	79,87
40 Hz	86,3	85,71	78,94	81,01	83,58

50 Hz	92,36	90,34	82,23	85,18	88,21
63 Hz	97,19	95,1	87,68	90,74	93,03
80 Hz	101,38	99,03	94,12	95,19	97,49
100 Hz	107	104,25	96,28	100,32	102,23
125 Hz	106,32	103,31	97,29	100,45	102,01
160 Hz	103,61	101,3	95,86	98,83	100,17
200 Hz	103,02	100,15	94,2	97,22	98,88
250 Hz	101,38	99,25	94,42	96,72	98,02
315 Hz	100,03	97,64	93,42	95,33	96,67
400 Hz	100,82	99	94,28	95,75	97,55
500 Hz	98,05	96,71	93,38	94,88	95,73
630 Hz	98,41	96,81	93,74	94,64	96,18
800 Hz	99,01	97,32	94,15	95,79	96,56
1 kHz	102,24	100,92	98,16	99,4	100,35
1,25 kHz	102,2	100,91	98,55	99,62	100,45
1,6 kHz	99,12	98,03	94,86	95,68	97,25
2 kHz	99,85	99,04	95,9	96,49	98,13
2,5 kHz	99,23	98,34	90,9	92,18	95,91
3,15 kHz	97,36	96,45	88,03	88,72	94
4 kHz	106,2	105,44	101,18	101,62	103,94
5 kHz	106,77	106,22	102,33	102,65	105,1
6,3 kHz	103,59	103	98,83	99,07	101,73
8 kHz	103,49	102,96	97,84	97,74	101,66
10 kHz	101,32	100,78	94,73	94,9	99,4
12,5 kHz	99,67	99,06	92,42	92,27	97,51
16 kHz	92,18	91,39	83,1	83,15	89,36
A	113,38	113,12	110,06	109,93	112,06
Z	115,04	114,45	111,86	111,76	113,62

Medição a 6 metros da fonte

Amplitude 02

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFmín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	75,36	75,36	43,07	43,07	64,33
16 Hz	75,45	75,45	38,82	38,82	63,78
20 Hz	76,2	76,2	38,38	38,38	62,59
25 Hz	72,65	71,87	39,56	41,61	61,27
31,5 Hz	70,72	70,48	36,36	37,31	60,36
40 Hz	70,71	69,83	37,43	38,47	58,83
50 Hz	70,87	69,02	36,38	38,86	57,17
63 Hz	68,78	66,99	37,35	39,76	54,96
80 Hz	69,3	66,21	39,5	40,87	53,35
100 Hz	66,53	64,12	37,85	41,25	50,27
125 Hz	62,02	60,21	35,89	41,16	48,16
160 Hz	55,87	55,42	34,35	41,05	45,59
200 Hz	54,99	57,31	35,71	40,04	44,21

250 Hz	53,04	52,01	29,93	37,79	42,88
315 Hz	48,06	47,79	29,79	40,48	43,8
400 Hz	50,63	55,62	28,51	43,97	48,12
500 Hz	52,51	53,93	30,37	42,55	48,88
630 Hz	45,49	57,78	27,46	39,44	42,94
800 Hz	46,18	56,27	26,31	38,57	43,59
1 kHz	45,35	48,88	25,13	38,1	43,05
1,25 kHz	44,29	47,49	24,89	36,13	40,75
1,6 kHz	38,22	47,24	22,83	29,96	34,68
2 kHz	46,93	46,11	22,63	38,7	44,13
2,5 kHz	43,11	42,63	21,5	35,48	40,8
3,15 kHz	45,15	44,12	20,54	36,97	43,45
4 kHz	47,63	46,11	22,31	40,04	45,04
5 kHz	50,21	49,22	23,13	40,7	48,45
6,3 kHz	46,66	45,7	19,84	36,93	43,58
8 kHz	48,4	46,99	20,11	38,76	45,06
10 kHz	46,01	44,34	17,33	34,56	42,29
12,5 kHz	42,85	34,51	13,8	17,61	23,53
16 kHz	39,04	31,44	14,7	15,75	20,91
A	58,49	62,16	37,5	50,33	55,99
Z	85,95	83,81	54,54	57,69	73,78

Medição a 6 metros da fonte

Amplitude 6

Frequência	LZFMáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	73,23	73,23	55,3	55,3	66,52
16 Hz	71,87	71,87	56,49	56,49	65,54
20 Hz	71,71	71,71	54,87	54,87	64,46
25 Hz	72,42	70,98	50,91	52,62	63,92
31,5 Hz	72,24	70,65	46,98	51,04	62,73
40 Hz	71,37	70,21	51,77	53,62	62,04
50 Hz	71,43	67,63	47,53	51,19	60,56
63 Hz	70,98	67,6	50,11	53,09	59,97
80 Hz	71,16	67,3	54,19	56	60,5
100 Hz	70,89	66,36	57,6	60,67	62,52
125 Hz	69,37	66,08	58,83	62,71	64,41
160 Hz	67,21	63,92	57,49	61,62	62,89
200 Hz	65,93	63,57	57,83	61	62,15
250 Hz	63,68	61,82	56,44	59,41	60,51
315 Hz	64,86	63,17	57,92	60,85	61,96
400 Hz	69,49	68,04	63,15	66,04	66,78
500 Hz	70,62	68,33	64,83	66,76	67,53
630 Hz	64,21	62,21	58,65	60,32	61,14
800 Hz	63,98	62,77	60,08	61,16	62,1
1 kHz	63,44	61,98	59,1	59,66	60,97
1,25 kHz	61,92	60,2	56,95	58,06	59,4

1,6 kHz	54,14	52,78	49,33	50,39	51,3
2 kHz	64,75	63,4	60,6	61,95	62,54
2,5 kHz	61,17	59,76	57,54	58,36	59,22
3,15 kHz	61,97	60,97	58,22	59,19	60,02
4 kHz	65,51	64,56	60,79	62,08	63,42
5 kHz	68,36	67,19	63,76	64,72	65,77
6,3 kHz	64	63,02	60,15	60,93	62,09
8 kHz	64,2	62,97	59,7	59,9	61,9
10 kHz	60,83	59,3	52,99	55,13	57,09
12,5 kHz	39,18	36,72	29,71	31,8	34,03
16 kHz	30,75	28,97	18,92	19,8	23,04
A	74,8	74,3	73,13	73,25	73,9
Z	86,77	83,39	75,92	76,62	79,08

Medição a 6 metros da fonte

Amplitude 10

Frequência	LZFMáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	68,41	68,41	48,36	48,36	60,58
16 Hz	66,78	66,78	48,19	48,19	58,6
20 Hz	68	68	50	50	58,54
25 Hz	70,28	68,12	52,95	54,2	59,23
31,5 Hz	68,58	66,94	55,19	56,75	60,61
40 Hz	67,18	66,43	59,06	60,79	63,35
50 Hz	71,65	69,46	62,3	64,8	67,43
63 Hz	76,44	74,41	67,63	70,13	72,43
80 Hz	81,24	79,01	72,47	74,86	76,98
100 Hz	85,4	82,63	75,6	78,58	80,98
125 Hz	87,02	84,38	77,9	81,38	82,94
160 Hz	84,99	82,71	76,44	79,83	81,3
200 Hz	84,79	81,73	76,27	78,99	80,47
250 Hz	84,8	81,76	75,47	78,15	79,25
315 Hz	84,32	82,59	77,6	80,12	81,36
400 Hz	88,31	86,44	82,79	84,32	85,54
500 Hz	89,03	86,86	82,85	84,67	85,9
630 Hz	82,88	81,37	77,68	79,04	80,47
800 Hz	83,19	81,71	78,61	79,84	80,93
1 kHz	81,79	80,4	77,94	78,46	79,84
1,25 kHz	80,31	78,76	75,03	76,68	77,83
1,6 kHz	72,45	71,3	68,09	68,96	70,18
2 kHz	82,38	81,1	78,35	78,76	80,14
2,5 kHz	79,12	77,73	75,45	75,69	77,14
3,15 kHz	79,87	78,86	75,38	76,51	77,6
4 kHz	84,27	83,43	80,02	80,37	82,22
5 kHz	85,36	84,48	81,46	81,94	83,36
6,3 kHz	81,12	80,36	78,11	77,55	79,74

8 kHz	84	82,44	78,8	79,53	81,47
10 kHz	81,57	80,46	77,39	77,16	79,52
12,5 kHz	82,2	81,32	75,92	76,62	78,96
16 kHz	73,44	72,03	68,01	69,78	70,67
A	93,22	92,84	91,57	91,12	92,4
Z	95,64	95,12	93,89	93,62	94,84

Medição a 12 metros da fonte

Amplitude 02

Frequência	LZFMáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	51,46	51,46	43,01	43,01	47,11
16 Hz	49	49	38,81	38,81	42,7
20 Hz	43,88	43,88	36,67	36,67	40,23
25 Hz	50,11	48,7	36,64	37,47	43,66
31,5 Hz	54,97	52,53	36,53	37,41	42
40 Hz	49,09	46,89	35,42	37,05	41,05
50 Hz	49,32	45,24	34,34	35,97	39,99
63 Hz	46,71	44,17	34,35	38,6	41,31
80 Hz	50,87	49,1	36,5	38,61	43,3
100 Hz	46,54	44	34,52	38,96	41,62
125 Hz	50,52	46,25	35,24	38,75	41,09
160 Hz	50,63	44,95	32,45	35,69	38,9
200 Hz	47,97	42,89	29,81	32,47	35,89
250 Hz	51,54	45,12	26,7	29,77	35,66
315 Hz	52,7	46,5	30,82	33,19	36,49
400 Hz	49,65	44,22	35,75	37,36	39,61
500 Hz	49,07	43,82	33,2	35,16	37,55
630 Hz	52,14	45,59	30,43	32,91	36,25
800 Hz	51,53	45,52	30,3	32,01	36,46
1 kHz	48,86	43,52	30,26	31,72	35,5
1,25 kHz	51,28	45,55	27,6	29,38	35,2
1,6 kHz	51,09	44,61	23,61	25,22	34,2
2 kHz	50,18	43,21	27,09	28,42	33,84
2,5 kHz	47,39	42,65	29,02	30,29	34,07
3,15 kHz	48,27	45,96	29,81	30,68	33,79
4 kHz	50,91	47,02	34,23	35,25	38,99
5 kHz	51,25	49,04	36,32	37,21	41,88
6,3 kHz	51,54	43,65	30,81	32,46	36,26
8 kHz	56,08	47,22	29,1	30,02	35,13
10 kHz	53,18	44,34	25,89	27,48	32,19
12,5 kHz	45,08	43,35	18,16	23,3	30,3
16 kHz	45,02	38,37	17,01	22,44	30,14
A	60,96	55,16	44,57	44,92	48,48
Z	66,27	64,05	52,25	53,82	57,41

Medição a 12 metros da fonte**Amplitude 6**

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	57,49	57,49	43,13	43,13	48,59
16 Hz	55,7	55,7	38,29	38,29	45,27
20 Hz	54,07	54,07	38,77	38,77	43,41
25 Hz	52,76	50,82	38,87	40,6	44,35
31,5 Hz	47,88	47,12	38,15	40,12	43,9
40 Hz	49,3	48,3	40,85	41,83	44,93
50 Hz	51,05	49,05	41,67	43,98	46,24
63 Hz	54,8	52,92	46,37	47,86	50,54
80 Hz	57,72	56,06	50,52	52,51	54,32
100 Hz	61,56	58,9	52,43	55,67	57,34
125 Hz	60,32	57,68	51,06	54,98	56,41
160 Hz	56,91	54,27	47,59	51,51	52,69
200 Hz	54,02	51,14	45,25	47,66	49,64
250 Hz	51,05	48,55	43,2	46,18	47,37
315 Hz	53,9	51,81	46,66	49,59	50,67
400 Hz	57,59	55,92	51,32	52,68	54,91
500 Hz	56,46	54,18	50,17	51,53	53,06
630 Hz	52,77	51,27	47,16	48,86	49,91
800 Hz	51,76	50,19	45,71	47,61	48,95
1 kHz	52,11	50,28	46,51	48,1	48,92
1,25 kHz	50,2	48,83	42,54	44,36	45,49
1,6 kHz	48,29	44,24	38,99	40,23	41,11
2 kHz	48,79	46,82	43,08	44,71	45,92
2,5 kHz	49,99	48,59	45,06	46,21	47,49
3,15 kHz	49,23	48,13	45,56	46,37	47,22
4 kHz	55,2	54,13	51,28	52,15	53,37
5 kHz	56,85	56,22	52,95	54,44	55,5
6,3 kHz	51,24	50,71	47,06	47,75	49,35
8 kHz	48,86	48,11	44,8	45,56	46,65
10 kHz	44,41	43,42	40,16	40,77	42,16
12,5 kHz	35,16	31,59	19,16	20,29	26,1
16 kHz	34,31	31,78	15,52	16,4	25,5
A	62,68	62,18	61	61,34	61,82
Z	73,18	68,82	64,53	65,59	66,11

Medição a 12 metros da fonte**Amplitude 10**

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	56,36	56,36	45,27	45,27	50,93
16 Hz	54,48	54,48	42,18	42,18	49,63
20 Hz	56,54	56,54	43,74	43,74	49,14
25 Hz	57,15	55,71	45,28	47,06	51,36

31,5 Hz	58,18	57,07	49,53	50,82	54,15
40 Hz	61,63	60,4	54,47	55,32	58,09
50 Hz	65,41	63,24	56,46	58,83	60,96
63 Hz	70,94	68,24	61,88	63,66	66,52
80 Hz	74,42	72,62	66,53	68,98	70,44
100 Hz	78,55	75,46	68,29	71,7	74,03
125 Hz	77,42	74,7	67,82	70,72	73,21
160 Hz	73,35	70,96	65,34	68,24	69,72
200 Hz	70,46	67,34	61,46	64,34	65,67
250 Hz	67,47	64,72	59,53	61,87	63,38
315 Hz	71,38	69,78	64,83	66,51	68,44
400 Hz	74,14	72,52	68,37	69,23	71,6
500 Hz	71,51	69,81	65,76	66,54	68,73
630 Hz	71,37	69,6	65,78	65,74	68,51
800 Hz	68,07	66,24	63,31	63,93	65,59
1 kHz	69,16	67,13	63,42	64,16	66,2
1,25 kHz	65,26	63,28	59,73	58,84	62,32
1,6 kHz	60,95	59,33	56,7	56,53	58,54
2 kHz	66,39	65,34	62,45	62,68	64,37
2,5 kHz	67,2	66,32	63,34	63,83	65,67
3,15 kHz	66,63	65,88	63,59	62,66	65,24
4 kHz	73,13	72,06	69,78	69,23	71,42
5 kHz	73,26	72,34	70,14	69,69	71,75
6,3 kHz	67,42	66,52	64,12	63,78	65,91
8 kHz	66,78	65,98	63,01	62,15	65,18
10 kHz	63,25	62,51	59,49	58,86	61,4
12,5 kHz	60,8	60,03	55,69	52,64	59,38
16 kHz	52,65	51,72	47,49	44,28	50,4
A	79,94	79,4	78,43	76,89	79,1
Z	83,87	82,8	81,23	80,42	82,43

Medição a 18 metros da fonte

Amplitude 02

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFmín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	57,58	57,58	43,35	43,35	52,36
16 Hz	55,44	55,44	43,13	43,13	51,14
20 Hz	59,21	59,21	43,85	43,85	54,29
25 Hz	65,14	63,93	43,39	45,44	58,88
31,5 Hz	60,8	59,71	43,78	44,7	54,54
40 Hz	57,65	56,54	40,56	42,86	51,33
50 Hz	59,42	58,44	38,8	42,21	51,48
63 Hz	53,16	51,47	38,37	40,21	47,41
80 Hz	53,47	51,81	37,49	39,37	46,93
100 Hz	50,37	47,96	31,81	35,86	43,93
125 Hz	47,77	45,4	31,88	32,67	39,36
160 Hz	48,72	46,52	29,27	30,15	38,46

200 Hz	39,94	37,92	28,34	30,13	34,08
250 Hz	41,59	35,99	26,59	28,24	32,19
315 Hz	35,68	33,81	25	26,81	30,83
400 Hz	38,33	35,01	25,45	26,91	31,59
500 Hz	41,42	37,06	26,05	27,67	32,88
630 Hz	41,03	37,56	26,36	27,34	33,07
800 Hz	40,28	36,95	24,92	26,1	31,5
1 kHz	37,56	33,67	26,74	27,7	31,14
1,25 kHz	42,97	40,06	25,08	26,41	33,39
1,6 kHz	32,9	28,52	22,38	23,32	26,03
2 kHz	30,9	27,63	21,82	22,66	25,21
2,5 kHz	33,07	29,36	24,07	23,94	26,65
3,15 kHz	31,41	26,68	21,8	22,6	23,91
4 kHz	32,02	29,53	26	26,31	27,8
5 kHz	32,64	30,48	27,67	27,54	29,3
6,3 kHz	31,19	26,72	22,91	22,38	24,72
8 kHz	30,86	27,26	21,51	20,94	23,9
10 kHz	33,62	32,68	21,18	20,94	26,89
12,5 kHz	36,55	35,68	23,06	23,78	30,37
16 kHz	37,44	36,36	22,07	22,88	30,02
A	45,38	43,89	38,41	37,6	41,67
Z	70,53	66,91	55,34	58,03	63,95

Medição a 18 metros da fonte

Amplitude 6

Frequência	LZFMáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	52,58	52,58	41,49	41,49	47,39
16 Hz	49,28	49,28	40,49	40,49	44,55
20 Hz	47,36	47,36	36,92	36,92	42,87
25 Hz	48,44	47,3	37,61	39,76	44,35
31,5 Hz	46,66	46,16	38,3	39,13	43,16
40 Hz	46,78	46,07	39,34	40,36	43,01
50 Hz	51,09	48,95	40,14	42,41	45,25
63 Hz	50,9	49,43	42,34	45,47	47,1
80 Hz	54,3	52,54	47,05	48,98	50,83
100 Hz	60,12	56,63	48,45	52,8	54,53
125 Hz	58,2	54,95	47,48	51,84	53,51
160 Hz	56,65	53,38	44,53	50,13	51,82
200 Hz	51,88	49,52	44,36	46,66	48,23
250 Hz	49,03	46,44	41,48	43,53	44,7
315 Hz	46,66	44,75	40	42,66	43,69
400 Hz	48,74	46,33	41,39	43,67	44,9
500 Hz	48,29	45,75	41,54	43,43	44,66
630 Hz	45,11	43,24	39,6	40,99	42,29

800 Hz	46,71	44,78	41,28	42,44	43,59
1 kHz	48,15	46,57	43,25	44,22	45,68
1,25 kHz	46,76	45,41	41,69	43,19	44,28
1,6 kHz	42,88	41,45	38,13	39,75	40,48
2 kHz	43,33	42,04	39,21	40,25	41,17
2,5 kHz	49,45	47,71	43,97	45,24	46,07
3,15 kHz	46,08	45,26	41,56	43,05	44
4 kHz	50,73	49,46	46	46,85	48,31
5 kHz	52,77	51,78	48,57	49	50,15
6,3 kHz	49,2	48,08	43,78	44,08	45,18
8 kHz	45,39	44,51	40,38	41,04	42,68
10 kHz	40,44	39,69	36,29	37,02	38,4
12,5 kHz	36,69	35,92	17,96	19,01	29,69
16 kHz	37,82	36,62	15,97	16,4	29,78
A	58,37	57,96	56,34	56,28	57,17
Z	68,23	64,93	60,9	61,69	63,16

Medição a 18 metros da fonte

Amplitude 10

Frequência	LZFMáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	53,79	53,79	41,42	41,42	47,74
16 Hz	50,84	50,84	42,96	42,96	47,47
20 Hz	52,45	52,45	43	43	47,19
25 Hz	55,41	54,4	45,86	46,59	50,35
31,5 Hz	55,55	54,45	47,99	49,12	52,02
40 Hz	59,54	58,01	51,45	52,42	54,51
50 Hz	64,52	63,22	54,28	56,34	59,43
63 Hz	66,66	64,8	58,43	60,74	63,13
80 Hz	71,22	69,48	63,37	65,09	67,48
100 Hz	77,58	73,83	66,58	70,08	71,89
125 Hz	74,52	72,11	65,25	69,15	70,67
160 Hz	72,79	70,01	64,23	67,58	68,79
200 Hz	69,48	66,43	60,64	63,73	65,2
250 Hz	65,11	62,57	57,18	59,85	61,32
315 Hz	64,08	62,23	57,1	59,59	60,92
400 Hz	65,03	63,24	58,78	61,01	62,14
500 Hz	65,91	63,36	58,19	60,45	61,73
630 Hz	62,19	60,12	55,87	57,78	59,26
800 Hz	63,09	61,33	58,31	59,72	60,57
1 kHz	64,91	63,31	60,45	60,71	62,54
1,25 kHz	63,32	62,01	58,69	59,64	61,1
1,6 kHz	59,2	58,08	55,18	55,66	57,09
2 kHz	60,08	58,96	56,43	55,81	58,2
2,5 kHz	66,02	64,71	62,2	61,19	63,91
3,15 kHz	63,57	62,71	59,51	58,7	61,42
4 kHz	68,62	67,51	65,17	66,03	66,9

5 kHz	68,03	67,27	65,71	65,17	66,66
6,3 kHz	63,84	63,25	60,98	60,18	62,58
8 kHz	63,3	62,69	60,34	59,48	61,84
10 kHz	59,4	58,71	56,22	56,19	57,93
12,5 kHz	56,98	56,24	54,3	53,76	55,63
16 kHz	49,79	49,02	46,53	46,43	48,38
A	75,44	74,9	73,89	73,03	74,62
Z	80,82	79,5	77,34	77,67	78,9

Medição a 24 metros da fonte

Amplitude 2

Frequência	LZSmáx [dB]	LZSfín [dB]	LZFmín [dB]	LZSfín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	59,69	59,69	46,55	46,55	54,59
16 Hz	64,22	64,22	47,65	47,65	56,26
20 Hz	60,81	60,81	46,65	46,65	53,16
25 Hz	60,43	58,5	44,89	46,62	52,63
31,5 Hz	57,53	56	42,67	43,63	50,77
40 Hz	56,24	55,24	42,52	43,58	49,83
50 Hz	63,54	63,33	38,27	40,63	52,9
63 Hz	56,66	54,24	38,54	41,28	47,35
80 Hz	58,49	56,57	41,75	44,03	48,52
100 Hz	48,89	45,53	31,83	36,68	40,58
125 Hz	47,61	44,78	31,57	34,63	38,89
160 Hz	44,66	40,46	29,88	32,8	36,98
200 Hz	40,49	37,96	25,82	29,27	34,16
250 Hz	39,15	36,55	25,09	27,4	32,61
315 Hz	37,38	35,25	27,44	29,35	31,68
400 Hz	43,86	39,51	25,6	28,6	34,5
500 Hz	37,19	35,2	25,43	27,45	32,51
630 Hz	38,12	36,08	25,73	27,58	32,6
800 Hz	37,11	35,34	25,61	27,46	31,95
1 kHz	36,22	33,73	25,93	27,49	30,5
1,25 kHz	42,24	39,75	25,57	27,46	34,02
1,6 kHz	30,91	28,73	24,7	25,96	27,26
2 kHz	31,93	29,59	22,98	23,88	26,85
2,5 kHz	35,89	30,51	23,3	24,94	28,19
3,15 kHz	29,47	26,83	23,12	23,99	25,36
4 kHz	32,86	29,32	25,65	26,48	27,92
5 kHz	34,63	31,09	26,58	27,14	28,66
6,3 kHz	33,62	30,55	22,78	23,83	25,92
8 kHz	30,22	26,49	20,73	22,46	24,18
10 kHz	26,03	24,28	16,68	17,45	22,85
12,5 kHz	24,78	22,76	14,15	15,42	19,8
16 kHz	27,6	21,62	14,7	15,2	17,44
A	46,38	44,65	38,36	39,26	41,82

Z 70,95 67 54,82 58,78 **62,78**

Medição a 24 metros da fonte

Amplitude 6

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	47,37	47,37	39,76	39,76	44,28
16 Hz	46,26	46,26	38,94	38,94	43,05
20 Hz	50,9	50,9	39,57	39,57	44,04
25 Hz	54,95	52,62	40,07	41,17	46,13
31,5 Hz	51,22	49,4	38,71	39,66	44,87
40 Hz	49,72	48,57	39,15	40,76	44,81
50 Hz	52,93	50,76	38,99	41,39	45,55
63 Hz	50,97	48,96	41,08	43,59	46,12
80 Hz	54,02	52,31	45,11	47,83	50,22
100 Hz	58,36	54,67	46,59	50,65	52,89
125 Hz	55,39	52,61	46,4	48,29	51,1
160 Hz	52,77	50,79	43,91	47,16	48,83
200 Hz	47,61	45	39,75	42,07	43,51
250 Hz	44,24	41,7	36,42	38,78	40,23
315 Hz	45,61	42,56	36,67	37,89	40,35
400 Hz	48,88	44,74	39,15	41,67	42,99
500 Hz	51,35	45,25	38,57	40,3	41,98
630 Hz	50,18	44,48	37,21	38,82	39,92
800 Hz	48,69	49,26	38,46	40,17	41,15
1 kHz	51,48	46,58	41	42,6	43,27
1,25 kHz	47,28	44,27	39,5	40,66	42,5
1,6 kHz	53,93	46,15	36,09	37,77	39,35
2 kHz	52,92	45,53	37,19	38,35	39,53
2,5 kHz	50,84	46,18	41,44	42,25	43,46
3,15 kHz	52,84	47,25	42,31	43,38	44,41
4 kHz	55,06	50,05	46,7	47,41	48,22
5 kHz	63,72	55,69	46,84	46,97	49
6,3 kHz	65,06	56,41	42,41	42,74	45,17
8 kHz	63,34	54,82	40,82	41,61	44,02
10 kHz	64,22	55,55	35,61	35,48	40,62
12,5 kHz	66,34	57,63	33,42	34,26	41,68
16 kHz	66,32	57,63	33,54	34,51	42
A	71,03	63,14	55,13	55,47	56,18
Z	73,55	66,47	59,45	60,4	61,43

Medição a 24 metros da fonte

Amplitude 10

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFMín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	53,9	53,9	43,3	43,3	48,95
16 Hz	53,24	53,24	42,99	42,99	48,47

20 Hz	53,65	53,65	42,57	42,57	48,17
25 Hz	54,36	53,06	44,22	45,12	49,44
31,5 Hz	54,61	53,85	44,77	47,09	50,89
40 Hz	55,98	54,95	48,15	49,3	52,22
50 Hz	60,73	58,65	52,47	54,46	57,01
63 Hz	64,03	61,7	55,11	57,91	59,96
80 Hz	70,83	68,8	61,06	63,59	66,54
100 Hz	75,93	72,37	65,12	68,51	70,27
125 Hz	73,63	70,31	63,48	66,49	68,43
160 Hz	69,82	67,05	60,11	63,44	65,88
200 Hz	64,14	61,55	56,31	57,94	60,2
250 Hz	60,66	58,3	52,85	55,26	57,02
315 Hz	61,62	59,72	54,08	56,35	58,03
400 Hz	64,54	61,74	56,73	59,45	60,65
500 Hz	62,2	60,02	55,46	57,17	58,49
630 Hz	60,34	58,5	54,24	56,14	57,28
800 Hz	60,98	58,92	55,4	57	58,17
1 kHz	63,53	61,75	57,85	59,44	60,54
1,25 kHz	61,45	59,67	56,26	57,86	58,87
1,6 kHz	58,8	57,15	54,34	55,5	56,5
2 kHz	59,14	57,82	54,99	56,11	56,97
2,5 kHz	62,6	61,58	59,14	59,87	60,79
3,15 kHz	64,32	63,21	61,12	61,35	62,63
4 kHz	67,96	66,89	64,53	64,88	66,2
5 kHz	66,98	66,24	63,45	63,92	65,43
6,3 kHz	63,49	62,75	60,41	61,08	61,9
8 kHz	63,78	62,58	59,53	60,55	61,61
10 kHz	57,5	56,62	54,5	54,99	55,92
12,5 kHz	53,88	53,14	50,58	50,51	52,25
16 kHz	45,05	44,41	41,82	41,59	43,41
A	74,23	73,75	72,58	72,31	73,37
Z	79,33	77,59	75,54	75,83	77,04

Medição atrás da fonte (6 metros)

Amplitude 2

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFmín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	76,35	76,35	53,28	53,28	65,43
16 Hz	77,04	77,04	51,45	51,45	66,28
20 Hz	77,67	77,67	50,2	50,2	65,57
25 Hz	73,76	72,52	46,08	48,82	62,53
31,5 Hz	75,67	73,63	43,25	45,99	61,74
40 Hz	73,66	71,98	41,06	42,72	60,1
50 Hz	76,41	72,86	38,35	40,61	59,25
63 Hz	75,77	71,56	38,28	44,52	57,88
80 Hz	71,21	67,79	37,55	42,01	54,58

100 Hz	74,26	68,13	38,59	42,6	54,33
125 Hz	67,74	63,88	39,64	42,6	51,16
160 Hz	66,38	62,12	38,55	41,6	49,69
200 Hz	67,89	62,33	35,67	39,27	49,29
250 Hz	67,83	60,58	33,6	36,26	47,31
315 Hz	68,68	62,5	29,09	30,96	46,97
400 Hz	68,72	62,84	29,97	32,44	46,71
500 Hz	81,87	74,76	30,82	32,79	58,02
630 Hz	75,9	69,95	27,38	29,45	53,5
800 Hz	70,05	62,87	26,92	28,41	46,06
1 kHz	68,43	60,96	30,74	32,35	45,05
1,25 kHz	64,69	57,93	29,33	30,74	41,45
1,6 kHz	57,8	50,72	27,38	28,58	35,96
2 kHz	61,05	52,89	24,81	26,1	36,3
2,5 kHz	54,3	46,44	27,2	28,51	34,01
3,15 kHz	48,95	45,72	26,05	27,2	35,29
4 kHz	48,98	44,54	29,68	30,83	36,1
5 kHz	50,9	44,18	31,52	32,41	35,12
6,3 kHz	54,09	46,96	25,69	26,65	33,41
8 kHz	49,7	43,17	24,8	25,59	30,94
10 kHz	52,53	45,83	21,57	22,56	30,85
12,5 kHz	51,6	43,88	15,71	16,3	28,62
16 kHz	39,97	33,09	15,99	16,47	23,1
A	79,75	73,43	42,44	43,01	57,92
Z	91,13	86,68	56,71	63,9	76,19

Medição atrás da fonte (6 metros)

Amplitude 6

Frequência	LZFMáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFmín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	74,61	74,61	44,58	44,58	65,19
16 Hz	74,41	74,41	42,41	42,41	64,58
20 Hz	72,3	72,3	39,97	39,97	63,55
25 Hz	76,01	74,35	41,75	43,62	62,97
31,5 Hz	73,69	72,04	41,9	43,13	61,65
40 Hz	74,34	73,03	42,07	43,23	61,06
50 Hz	73,63	70,04	43,8	46,25	59,56
63 Hz	69,83	67,94	48,4	51,35	58,73
80 Hz	68,72	66,52	53,46	55,86	60,15
100 Hz	72,06	66,94	58,43	61,26	64,22
125 Hz	68,73	65,61	57,99	62,15	63,66
160 Hz	66,78	64,34	57,68	60,89	62,7
200 Hz	66,31	62,78	57,07	59,34	61,4
250 Hz	61,98	59,74	54,27	57,4	58,77
315 Hz	55,69	53,4	48,32	50,48	52,31
400 Hz	52,6	50,19	44,53	47,35	48,76
500 Hz	53,14	51,64	47,12	48,2	49,92

630 Hz	48,22	46,77	43,11	44,18	45,6
800 Hz	48,38	46,68	42,73	43,69	45,64
1 kHz	54,6	52,76	49,39	50,69	51,8
1,25 kHz	54,25	52,55	48,92	50,31	51,55
1,6 kHz	47,1	45,65	41,97	42,98	44,15
2 kHz	46,95	45,66	42,94	43,36	44,84
2,5 kHz	51,69	50,1	47,1	46,74	48,8
3,15 kHz	48,73	48,13	45,73	46,54	47,43
4 kHz	54,35	53,15	50,51	50,65	52,27
5 kHz	55,46	54,66	51,98	52,01	53,79
6,3 kHz	50,73	49,06	45,65	46,1	47,85
8 kHz	49,52	47,94	44,51	43,84	46,55
10 kHz	44,56	43,34	40,02	41,14	42,31
12,5 kHz	31,59	27,02	18,16	19,76	22,78
16 kHz	31,36	26,44	15,27	15,86	20,4
A	63,79	63,01	61,44	60,79	62,31
Z	87,69	84,19	68,51	68,91	76,36

Medição atrás da fonte (6 metros)

Amplitude 10

Frequência	LZFmáx [dB]	LZSmáx [dB]	LZFmín [dB]	LZSmín [dB]	LZeq [dB]
12,5 Hz	79,32	79,32	44,75	44,75	67,11
16 Hz	74,89	74,89	43,54	43,54	65,15
20 Hz	76,84	76,84	46,33	46,33	65,4
25 Hz	73,88	73,38	50,7	52	64,14
31,5 Hz	73,35	72,33	52,88	54,69	63,52
40 Hz	74,96	73,42	55,98	56,97	63,94
50 Hz	76,78	73,37	60,48	63,1	66,45
63 Hz	75,45	73,74	65,62	67,91	71,12
80 Hz	79,53	77,61	71,02	73,68	75,51
100 Hz	86,72	83,14	76,91	79,79	81,89
125 Hz	85,03	82,75	76,43	79,35	81,03
160 Hz	83,72	81,32	75,43	78,37	80,01
200 Hz	82,89	79,68	74,26	76,56	78,24
250 Hz	80,86	78,01	71,75	74,62	76,03
315 Hz	72,09	70,2	65,8	66,81	68,93
400 Hz	68,84	66,72	61,99	63,94	65,29
500 Hz	70,7	68,37	64,03	65,93	67,28
630 Hz	65,79	64,18	59,68	61,41	62,97
800 Hz	65,44	64,07	60,56	61,39	63,11
1 kHz	70,54	69,15	65,61	67,14	68,18
1,25 kHz	70,48	68,73	64,69	66,51	67,44
1,6 kHz	65,06	63,25	59,38	59,81	61,66
2 kHz	64,32	63,12	60,45	60,91	62,31
2,5 kHz	67,74	66,88	64,48	65,2	66,23

3,15 kHz	67,28	66,49	64,25	64,74	65,81
4 kHz	72,59	71,43	69,34	69,94	70,82
5 kHz	72,31	71,46	69,34	69,79	70,76
6,3 kHz	66,99	66,08	63,66	64,22	65,38
8 kHz	67,21	66,2	63,76	64,48	65,33
10 kHz	64,74	63,87	61,49	62,34	63,07
12,5 kHz	63,28	62,5	60,44	60,69	61,96
16 kHz	54,58	53,5	51,25	51,76	52,78
A	80,48	80,03	78,71	78,84	79,68
Z	93,16	90,57	85,54	87	88,18

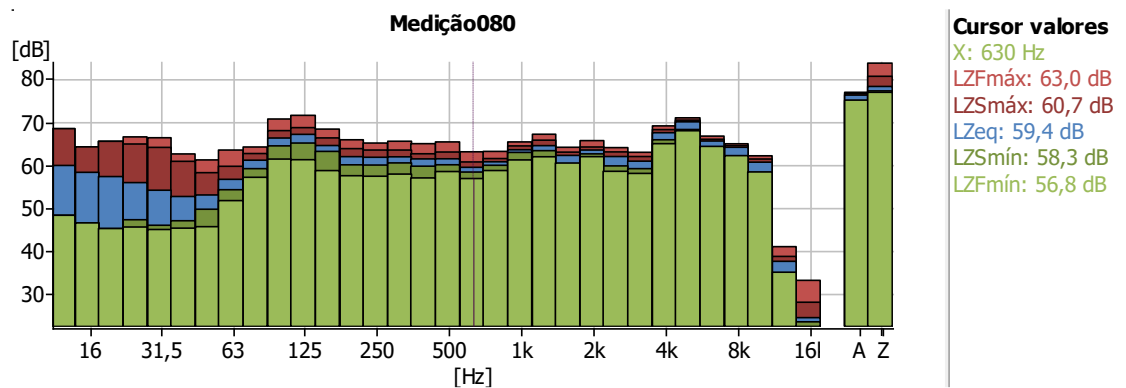
ANEXO 2

Ícone	Nome	Duração	LAeq	LAFmáx	LAFmín
MEDIÇÕES EM FRENTE A FONTE (0 Metros)					
Frequency Analyzer Project	Amplitude 2	00:01:00	76,3	76,9	75,1
Frequency Analyzer Project	Amplitude 6	00:01:00	91,7	92,8	90,9
Frequency Analyzer Project	Amplitude 10	00:01:00	112,1	113,4	110,1
MEDIÇÕES A 6 METROS DA FONTE					
Frequency Analyzer Project	Amplitude 2	00:01:33	56,0	58,5	37,5
Frequency Analyzer Project	Amplitude 6	00:01:00	73,9	74,8	73,1
Frequency Analyzer Project	Amplitude 10	00:01:00	92,4	93,2	91,6
MEDIÇÕES A 12 METROS DA FONTE					
Frequency Analyzer Project	Amplitude 2	00:01:00	48,5	61,0	44,6
Frequency Analyzer Project	Amplitude 6	00:01:00	61,8	62,7	61,0
Frequency Analyzer Project	Amplitude 10	00:01:00	79,1	79,9	78,4
MEDIÇÕES A 18 METROS DA FONTE					
Frequency Analyzer Project	Amplitude 2	00:01:00	41,7	45,4	38,4

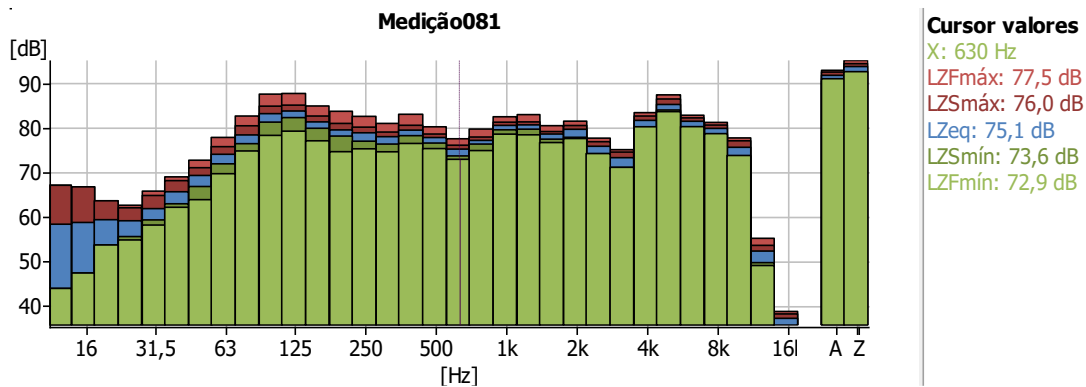
Frequency Analyzer Project	Amplitude 6	00:01:00	57,2	58,4	56,3
Frequency Analyzer Project	Amplitude 10	00:01:00	74,6	75,4	73,9
MEDIÇÕES A 24 METROS DA FONTE					
Frequency Analyzer Project	Amplitude 2	00:01:00	41,8	46,4	38,4
Frequency Analyzer Project	Amplitude 6	00:01:00	56,2	71,0	55,1
Frequency Analyzer Project	Amplitude 10	00:01:00	73,4	74,2	72,6
MEDIÇÕES ATRÁS DA FONTE (6 metros)					
Frequency Analyzer Project	Amplitude 2	00:01:01	57,9	79,8	42,4
Frequency Analyzer Project	Amplitude 6	00:01:00	62,3	63,8	61,4
Frequency Analyzer Project	Amplitude 10	00:01:00	79,7	80,5	78,7

ANEXO 3

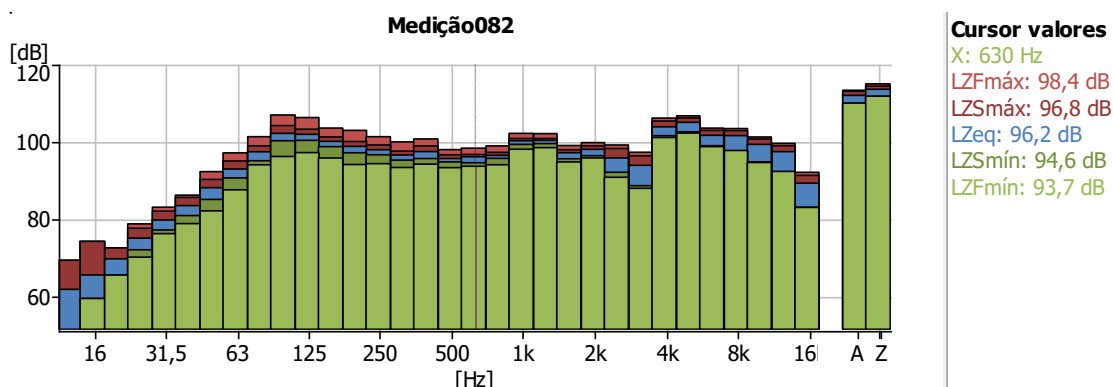
Medições em frente a fonte (0 metros) - Amplitude 2



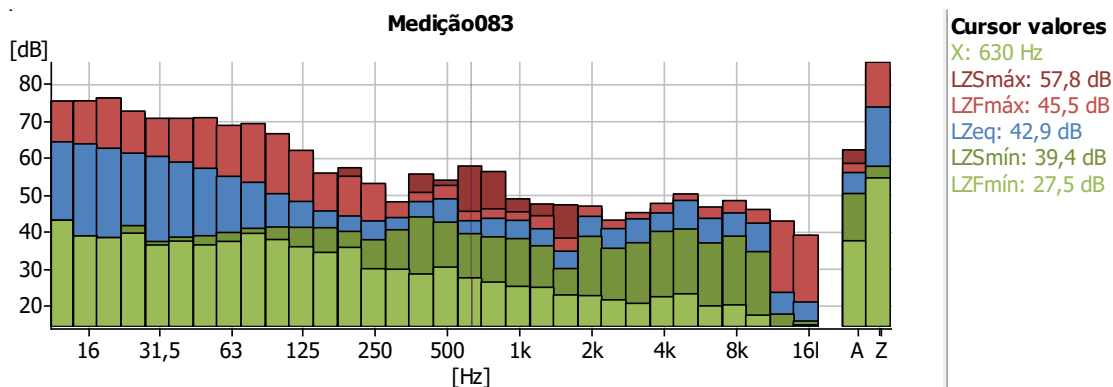
Medições em frente a fonte (0 metros) - Amplitude 6



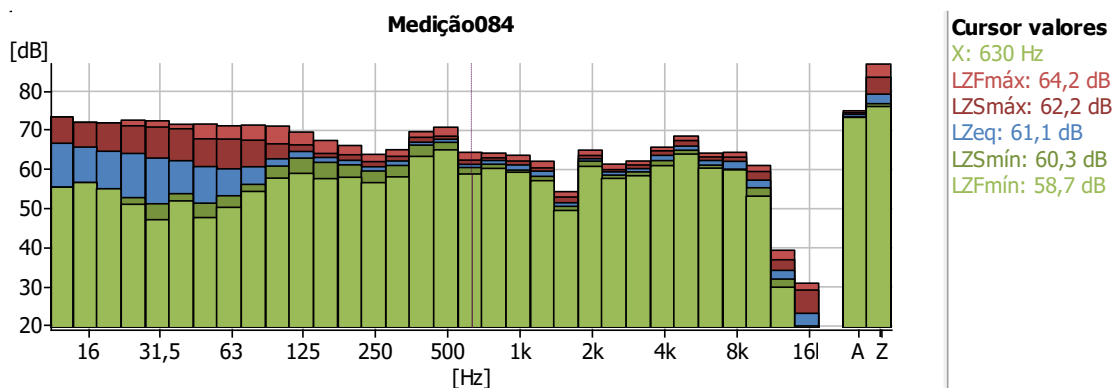
Medições em frente a fonte (0 metros)- Amplitude 10



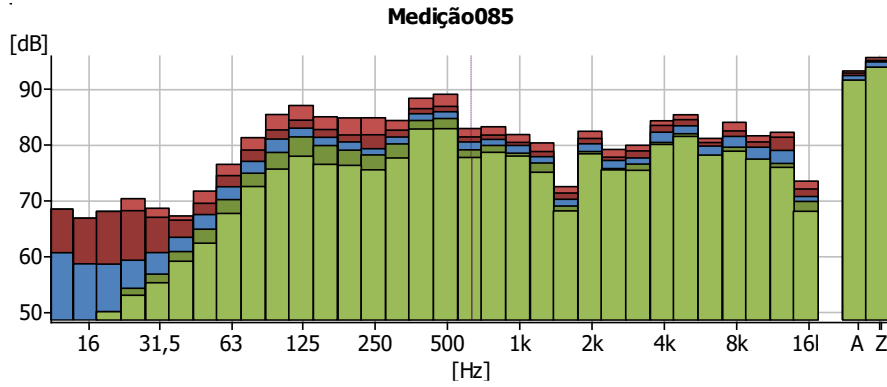
Medição a 6 metros frente a fonte - Amplitude 2



Medição a 6 metros frente a fonte- Amplitude 6

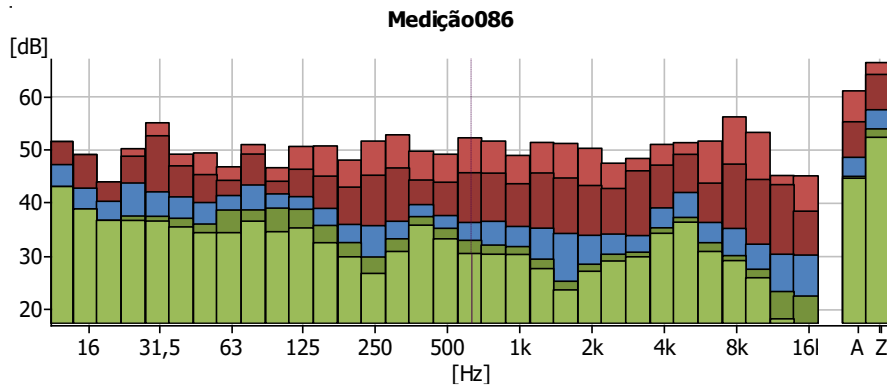


Medição a 6 metros frente a fonte (Amplitude 10)



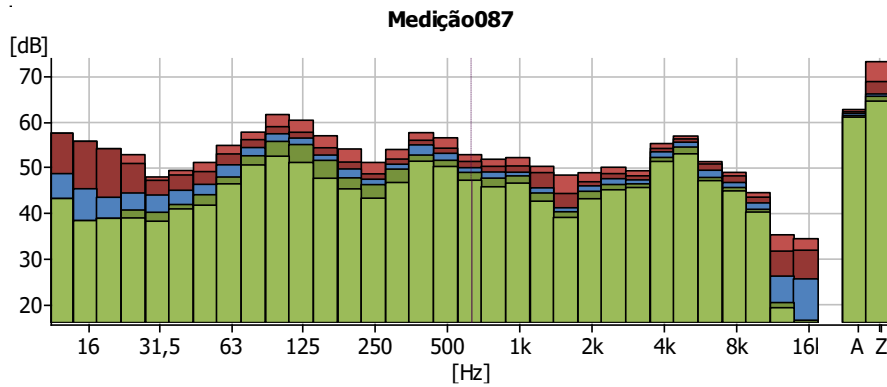
Cursor valores
 X: 630 Hz
 LZFmáx: 82,9 dB
 LZSmáx: 81,4 dB
 LZeq: 80,5 dB
 LZSmín: 79,0 dB
 LZFmín: 77,7 dB

Medição a 12 metros da fonte - Amplitude 2



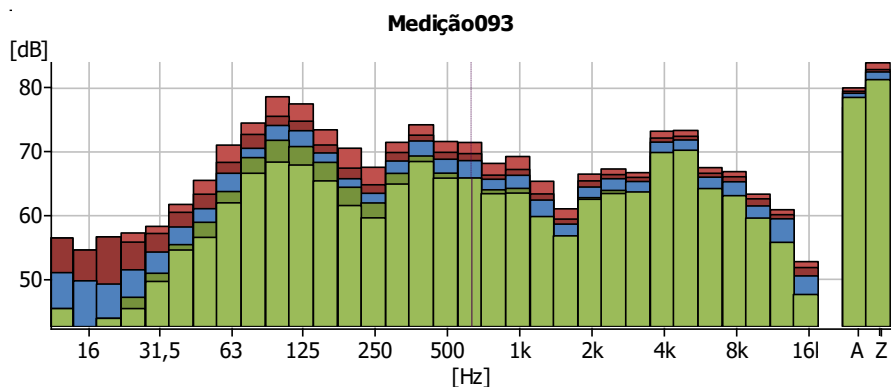
Cursor valores
 X: 630 Hz
 LZFmáx: 52,1 dB
 LZSmáx: 45,6 dB
 LZeq: 36,3 dB
 LZSmín: 32,9 dB
 LZFmín: 30,4 dB

Medição a 12 metros da fonte - Amplitude 6



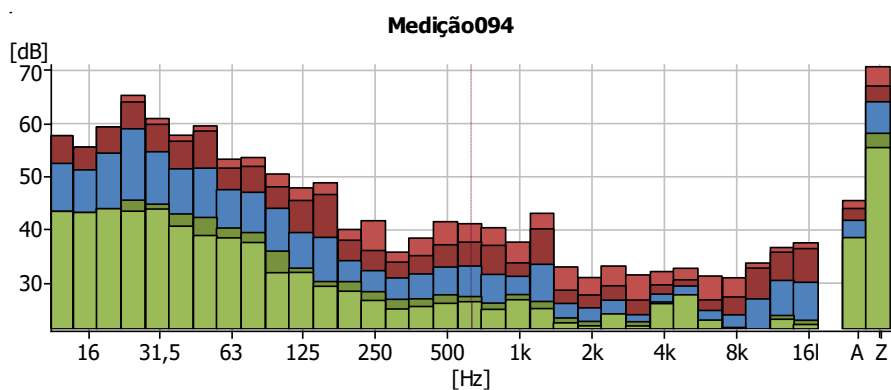
Cursor valores
 X: 630 Hz
 LZFmáx: 52,8 dB
 LZSmáx: 51,3 dB
 LZeq: 49,9 dB
 LZSmín: 48,9 dB
 LZFmín: 47,2 dB

Medição a 12 metros da fonte - Amplitude 10

**Cursor valores**

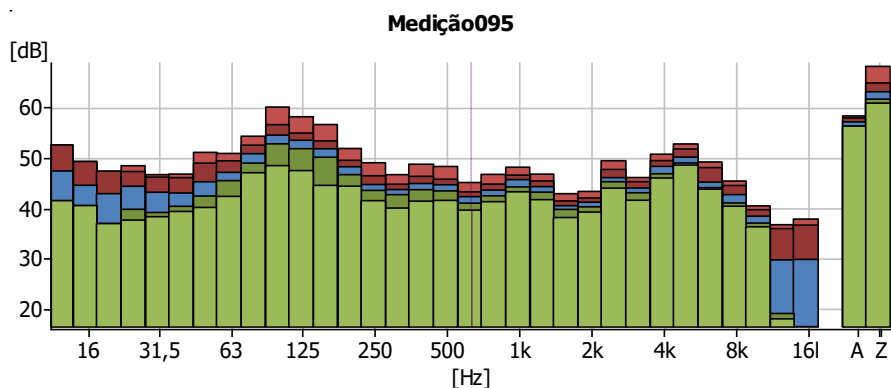
X: 630 Hz
 LZFmáx: 71,4 dB
 LZSmáx: 69,6 dB
 LZeq: 68,5 dB
 LZSmín: 65,7 dB
 LZFmín: 65,8 dB

Medição a 18 metros da fonte - Amplitude 2

**Cursor valores**

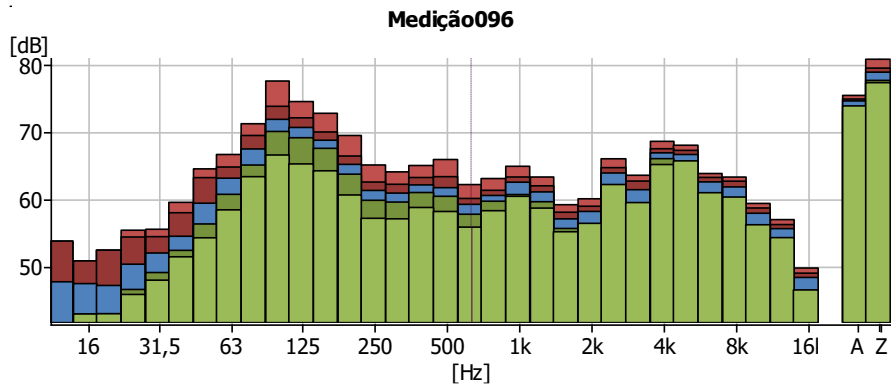
X: 630 Hz
 LZFmáx: 41,0 dB
 LZSmáx: 37,6 dB
 LZeq: 33,1 dB
 LZSmín: 27,3 dB
 LZFmín: 26,4 dB

Medição a 18 metros da fonte - Amplitude 6

**Cursor valores**

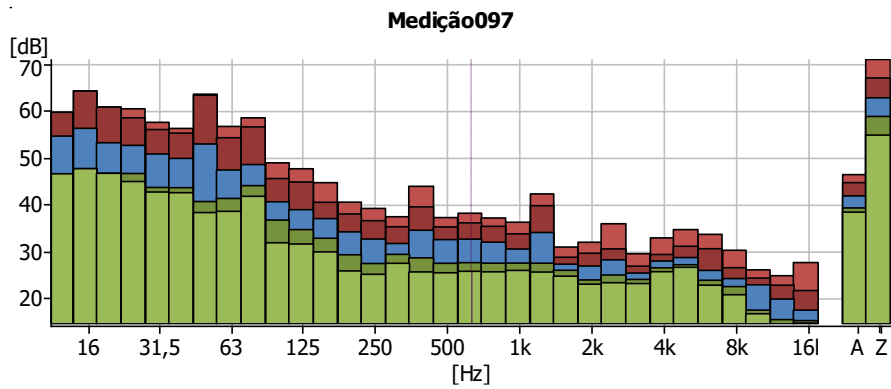
X: 630 Hz
 LZFmáx: 45,1 dB
 LZSmáx: 43,2 dB
 LZeq: 42,3 dB
 LZSmín: 41,0 dB
 LZFmín: 39,6 dB

Medição a 18 metros da fonte - Amplitude 10

**Cursor valores**

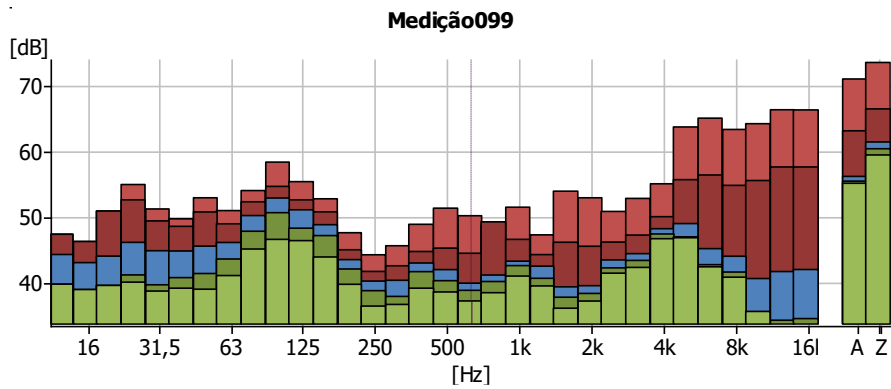
X: 630 Hz
 LZFmáx: 62,2 dB
 LZSmáx: 60,1 dB
 LZeq: 59,3 dB
 LZSmín: 57,8 dB
 LZFmín: 55,9 dB

Medição a 24 metros da fonte - Amplitude 2

**Cursor valores**

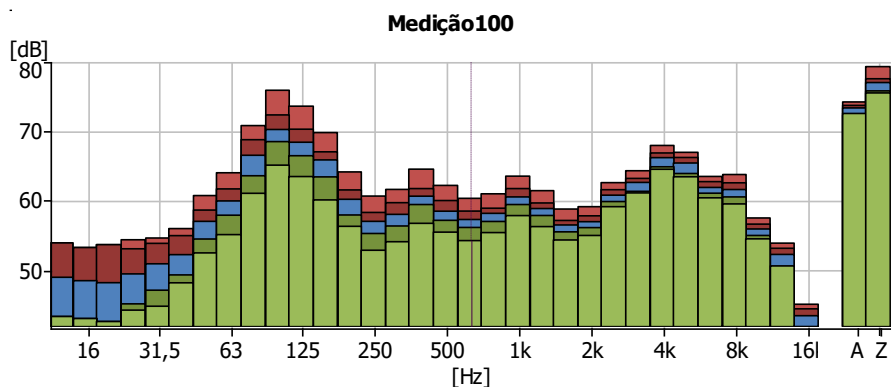
X: 630 Hz
 LZFmáx: 38,1 dB
 LZSmáx: 36,1 dB
 LZeq: 32,6 dB
 LZSmín: 27,6 dB
 LZFmín: 25,7 dB

Medição a 24 metros da fonte - Amplitude 6

**Cursor valores**

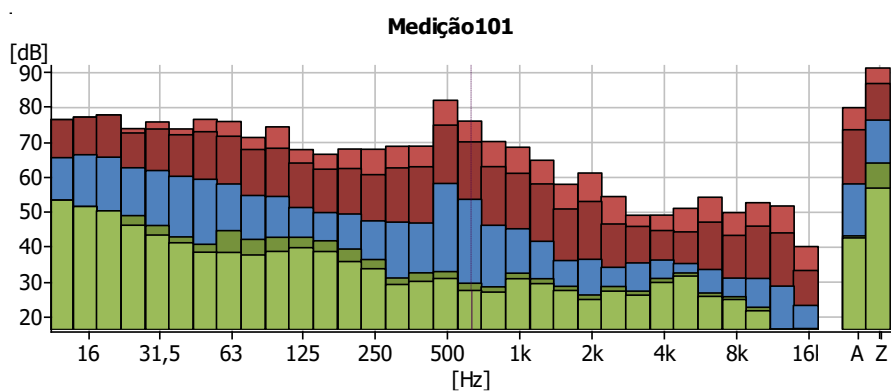
X: 630 Hz
 LZFmáx: 50,2 dB
 LZSmáx: 44,5 dB
 LZeq: 39,9 dB
 LZSmín: 38,8 dB
 LZFmín: 37,2 dB

Medição a 24 metros da fonte - Amplitude 10

**Cursor valores**

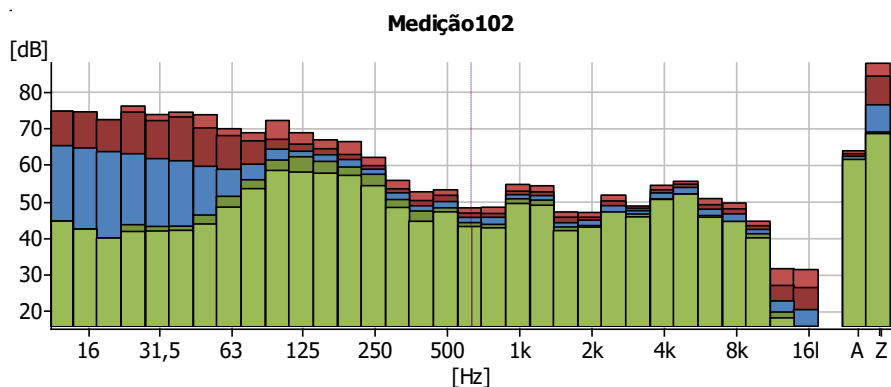
X: 630 Hz
 LZFmáx: 60,3 dB
 LZSmáx: 58,5 dB
 LZeq: 57,3 dB
 LZSmín: 56,1 dB
 LZFmín: 54,2 dB

Medições atrás da fonte (6 metros) - Amplitude 2

**Cursor valores**

X: 630 Hz
 LZFmáx: 75,9 dB
 LZSmáx: 70,0 dB
 LZeq: 53,5 dB
 LZSmín: 29,5 dB
 LZFmín: 27,4 dB

Medições atrás da fonte (6 metros) - Amplitude 6

**Cursor valores**

X: 630 Hz
 LZFmáx: 48,2 dB
 LZSmáx: 46,8 dB
 LZeq: 45,6 dB
 LZSmín: 44,2 dB
 LZFmín: 43,1 dB

Medições atrás da fonte (6 metros) - Amplitude 10

