

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANÁLISE DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO EM UMA SERRARIA

por

Alan de Lima Augustin

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia Mecânica da
Escola de Engenharia da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como parte
dos requisitos para obtenção do diploma de
Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, abril de 2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO

CIP - Catalogação na Publicação

Augustin, Alan de Lima
ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO EM UMA SERRARIA /
Alan de Lima Augustin. -- 2022.
15 f.
Orientadora: Letícia Fleck Fadel Miguel.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica, Porto
Alegre, BR-RS, 2022.

1. Ruído Ocupacional. I. Miguel, Letícia Fleck
Fadel, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Alan de Lima Augustin

ANÁLISE DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO EM UMA SERRARIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA
DO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Cirilo Seppi Bresolin
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos

Orientador: Prof^a. Letícia Fleck Fadel Miguel

Comissão de Avaliação:

Prof^a. Letícia Fleck Fadel Miguel

Prof. Walter Jesus Paucar Casas

Prof. Ignacio Iturrioz

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas oportunidades concedidas.

Agradeço aos meus pais, João Carlos e Léia Sônia, por todo amor, orientação, dedicação e suporte e por tornar esse sonho possível.

À minha irmã Sara, por toda apoio e por me mostrar o caminho.

À minha noiva, Lorena, pelo carinho e apoio para que consiga atingir os meus objetivos.

À OTMZA Assessoria em Engenharia, pelas experiência e desenvolvimento proporcionado e que continua abrindo portas.

À todos que contribuíram de forma direta ou indireta nesta caminhada, minha eterna gratidão.

RESUMO

O ruído presente no ambiente profissional é uma das principais razões para a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR). Em serrarias, a exposição ao ruído é prolongada e de grande intensidade, devido à alta potência das máquinas no processo de corte de madeira. Assim, este trabalho tem o objetivo de analisar a exposição ocupacional aos níveis de ruído presentes na linha de produção de uma serraria. As análises realizadas foram embasadas nos procedimentos da NR 15(2014) e da NHO-01(2001). Na linha de produção, o ciclo de trabalho possui duração de 12 segundos, que é o tempo necessário para uma tora passar pelas serras de uma das máquinas da linha, o operador receber as peças e coloca-las na próxima máquina e essas peças serem serradas pela segunda máquina. Este ciclo é repetido durante toda a jornada de trabalho. Após as medições realizadas em três diferentes postos de trabalho na linha de produção, os valores de NPS foram comparados com referência na NR-15 (2014). Os resultados para os três postos de trabalho analisados demonstram adequação considerando o uso do EPI. O NPS equivalente obtido no posto 1 é de 90,14 dB(A) e NPS_c de 69,14 dB(A). O NPS equivalente obtido no posto 2 é de 94,93 dB(A) e NPS_c de 74,93 dB(A). O NPS equivalente obtido no posto 3 é de 92,95 dB(A) e NPS_c de 71,95 dB(A). Os resultados obtidos mostraram que os trabalhadores estão expostos a níveis de ruídos inferiores aos limites estabelecidos pela NR-15 que é de 85 dB durante 8 horas de jornada de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: ruídos, serraria, NR-15, NHO-01.

Augustin, Alan. **Analysis of noise exposure in a sawmill**. 2022. 15p. Mechanical Engineering End of Course Monography – Mechanical Engineering degree, The Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

ABSTRACT

The noise present in the professional environment is one of the main reasons for noise-induced hearing loss (NIHL). In sawmills, exposure to noise is prolonged and of great intensity, due to the high power of the machines in the wood cutting process. Thus, this work aims to analyze occupational exposure to noise levels present in the production line of a sawmill. The analyzes performed were based on the procedures of NR 15(2014) and NHO-01(2001). On the production line, the work cycle lasts 12 seconds, which is the time required for a log to pass through the saws of one of the machines on the line, for the operator to receive the pieces and place them on the next machine and these pieces to be sawed by the second machine. This cycle is repeated throughout the workday. After measurements performed at three different workstations on the production line, the NPS values were compared with the reference in NR-15 (2014). The results for the three jobs analyzed demonstrate adequacy considering the use of PPE. The equivalent SPL obtained at station 1 is 90.14 dB(A) and SPL_c is 69.14 dB(A). The equivalent SPL obtained at station 2 is 94.93 dB(A) and SPL_c is 74.93 dB(A). The equivalent SPL obtained at station 3 is 92.95 dB(A) and SPL_c is 71.95 dB(A). The results obtained showed that workers are exposed to noise levels below the limits established by NR-15, which is 85 dB during 8 hours of work.

KEYWORDS: noise, sawmill, NR-15, NHO-01.

NOMENCLATURA

Símbolos	Descrição	Unidade SI
NPS	Nível de pressão sonora	[dB]
p _l	Pressão Sonora Medida	[N/m ²]
p ₀	Pressão Sonora de referência igual a 2.10 ⁻⁵ (Pa)	[N/m ²]
Leq	Nível de pressão sonora equivalente	[dB]
NM	Nível Médio Representativo	[dB]
T	Tempo de medição	[s]
t	Tempo de integração	[s]
NRRsF	Nível de Atenuação Sonora	[dB]
NPS _c	Nível de Pressão Sonora Protegido	[dB]
Abreviaturas		
NR-15	Norma Regulamentadora 15	
NHO-01	Norma de Higiene Ocupacional	
EPI	Equipamento de Proteção Individual	
PAIR	Perda Auditiva Induzida por Ruído	
CA	Certificado de Aprovação do EPI	
NR-6	Norma Regulamentadora 6	
NR-7	Norma Regulamentadora 7	
NR-9		
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais	
ABIMCI	Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo.....	1
1.2 Revisão Bibliográfica.....	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	2
2.1 Ruído.....	2
2.2 Nível de Pressão Sonora.....	2
2.3 Ruído Ocupacional e Impactos na Saúde do trabalhador.....	3
2.4 Instrumento de medição	3
2.5 Medidas de atenuação e de controle de ruído	4
2.6 Normas	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS	5
3.1 Área de Estudo	5
3.2 Método de avaliação do Nível de pressão sonora e equipamentos	6
4. RESULTADOS	7
5. CONCLUSÃO	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
ANEXO A.....	13

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI), o Setor da indústria madeireira em 2018 empregou aproximadamente 336 mil empregos distribuídos em mais de 140 mil empresas concentradas majoritariamente no sul e sudeste. Dos 8,1 milhões de hectares de florestas plantadas, 73% são de Eucalipto. O valor bruto da produção foi de R\$18,5 bilhões e 0,27% do PIB.

Ainda segundo a ABIMCI, apesar da importância do setor, este apresenta dificuldades em automatizar os processos produtivos, o que resulta em grande necessidade de mão de obra, e conseqüentemente, um grande número de funcionários expostos aos riscos dessa atividade. Nesse contexto, são utilizadas máquinas altamente dependentes de operação manual, de grande potência e de altos riscos à saúde, seja pelas serras circulares, exposição ao resíduo de madeira e o alto nível de exposição ao ruído.

Um dos principais riscos para a saúde do colaborador na indústria madeireira é a exposição ao ruído de grande intensidade e por longo períodos de tempo. Para Iida (1990), a grande exposição ao ruído causa danos relevantes à saúde, aumenta o risco de acidentes e compromete a produtividade do colaborador.

Para atenuar esse risco é necessário realizar o controle do nível de ruído. Para o caso descrito, não sendo possível o controle de ruído na fonte e na trajetória entre a fonte e o operador, Saliba (2009) recomenda o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) e a realização periódica de exames audiométricos.

Sendo o ruído causado pelas serras circulares um dos principais fatores de risco encontrados na serraria avaliada, o presente trabalho tem como objetivo analisar a exposição ocupacional aos níveis de ruído em atividades em serrarias.

1.1 Objetivo

Este trabalho tem a finalidade de analisar o nível de pressão sonora e a exposição ocupacional ao ruído em um ambiente fabril de uma serraria. Serão realizados os procedimentos definidos na NHO-01 (2001) – Norma de Higiene Ocupacional, e os resultados de nível de pressão sonora medidos serão comparados com os valores de referência da NR15 – Atividades e Operações Insalubres. Assim, a partir dessas classificações, será analisado se os equipamentos de proteção individual atendem as necessidades do ambiente.

1.2 Revisão Bibliográfica

Lutz (2019), em monografia realizada para a conclusão do curso de Engenharia Mecânica, analisou, em um estúdio de tatuagens, a exposição ao ruído e o conforto acústico através da análise dos níveis de pressão sonora e da dose de ruído submetida ao colaborador. Para atingir este objetivo, os procedimentos determinados nas normas NBR 10152 e NHO-01 foram seguidos e posteriormente comparados com os valores de referência da norma NR-15. Os resultados mostraram que as máquinas estavam de acordo com as normas, exceto pela máquina de bobina. Nesta, o nível de pressão sonora equivalente medido foi de 73,1 dB(A), acusando falta de conforto acústico para o colaborador em caso de exposição máxima. Por não ser possível controlar o meio de propagação, Lutz indicou a utilização de máquinas rotativas, tendo estas disponíveis, e ainda sugeriu o uso de EPIs a fim de assegurar a saúde do colaborador.

Outro trabalho, realizado por Delazeri (2013), consistiu na medição e análise de ruído de uma serraria do estado de Santa Catarina. O estudo compreendeu a medição dos níveis de pressão sonora em diferentes equipamentos da linha de produção, a análise e comparação dos níveis de pressão sonora obtidos com a norma NR-15 e por fim, a avaliação dos equipamentos

de proteção individual (EPIs) serem adequados à exposição dos colaboradores. Os resultados mostraram que todas as máquinas avaliadas apresentavam um nível de ruído acima do permitido pela NR-15. Porém, o uso do protetor auricular com o nível de redução de ruído promove a segurança dos trabalhadores e resulta em uma exposição ao ruído abaixo de 85 dB(A), e assim, dentro do recomendado pela norma.

Lopes et al (2004) realizaram a avaliação de diferentes empresas da indústria de processamento de madeira no estado do Paraná. O nível de ruído nos postos de trabalho foi obtido através de um dosímetro instalado dentro da zona auditiva do colaborador durante toda a jornada de trabalho. Os autores avaliaram o nível de pressão sonora equivalente a que os trabalhadores estavam expostos a partir da dose média de ruído recebida. Os resultados apresentados, entre 93,4 dB e 97,5 dB, encontravam-se acima dos limites definidos pela NR-15. Neste estudo foi identificado também que o equipamento de proteção disponibilizado atendia aos requisitos para permitir que o colaborador completasse sua jornada com segurança e uma exposição a um nível de pressão sonora inferior a 85 dB.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ruído

Gerges (2000) classifica o ruído como um som não desejado e desagradável ao receptor. Calixto (2002) define o ruído como a combinação de movimentos oscilatórios não harmônicos de diversas amplitudes e frequências e acrescenta que o ruído está associado a uma sensação não prazerosa. Bistafa (2006) define o ruído como um som não desejado, sem harmonia e de julgamento subjetivo. Castro e Rancura (2018) apresentam definição semelhante, de que o ruído resulta de vibrações irregulares, não possui harmonia e é desagradável ao ouvido de forma subjetiva. Assim, os autores citados acima trazem uma subjetividade para a definição.

A norma NR-15 baseia a sua classificação do ruído na variação do nível de pressão sonora observado durante a medição. Primeiramente, a norma estabelece a classificação para o ruído em que os picos tem duração abaixo de um segundo e em que o intervalo entre os picos seja superior a um segundo como ruído de impacto. Posteriormente, a partir da definição anterior, são classificados os ruídos contínuo e intermitente como sendo aqueles que não se enquadram na classificação de ruído de impacto.

Saliba (2016) atribui outras características em sua classificação. Se em um período de medição com mais de 15 minutos o nível de pressão sonora (NPS) variar até 3 dB, o ruído é classificado como contínuo. Se em um período de medição com mais de 0,2 segundos e com menos de 15 minutos o NPS variar até 3 dB o ruído é classificado como ruído intermitente.

2.2 Nível de Pressão Sonora

O nível de pressão sonora (NPS) é medido em unidades de decibel [dB] e é resultante da equação

$$NPS = 10 \log \frac{p_1^2}{p_0^2} \quad (1)$$

onde p_1 é a pressão sonora medida em [N/m²] e p_0 é a pressão sonora de referência, que possui o valor igual a $2 \cdot 10^{-5}$ [N/m²].

Gerges (2000) apresenta que o risco a saúde do colaborador também depende do tempo de exposição. Considerando que os níveis de ruído variam ao longo do tempo, tem-se o Nível

de pressão Sonora Equivalente (L_{eq}) para relacionar as variações de pressão sonora recebidas com um único valor constante e que resulta na mesma quantidade de energia acústica. O L_{eq} é definido como

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p(t)^2}{p_0^2} dt \right) \quad (2)$$

onde T é o tempo de medição.

2.3 Ruído Ocupacional e Impactos na Saúde do trabalhador

Ayres (2001), afirma que o ruído é o agente físico prejudicial à saúde mais frequente no ambiente de trabalho. Ainda conforme o autor, hoje a perda auditiva é um dos principais problemas de saúde ocupacional, devido ao desenvolvimento econômico crescente. Para Almeida et al. (2000) o ruído ocupacional é um risco físico que está presente em grande parte da indústria e por isso merece atenção especial dos profissionais ligados à segurança do trabalho. Ferreira Júnior (2000) acrescenta que o ruído pode causar acidentes no trabalho, porque aumenta o estresse e a fadiga, prejudicando a comunicação entre colegas e diminuindo o nível de atenção do trabalhador.

Para Bistafa (2006), a exposição constante a ruídos de alta intensidade pode ocasionar na perda de audição. Isso acontece por causa da lesão nas células ciliadas, o que gera a perda de audição e é classificada como perda auditiva induzida por ruído (PAIR). O autor também classifica a perda de audição gerada por ruído intenso em dois tipos: Alteração temporária do limiar e Alteração permanente do limiar. Para o primeiro, ocorre a recuperação das células ciliadas após a exposição ao ruído e conseqüentemente a recuperação da audição normal. Já para o segundo, além da lesão das células ciliadas, pode ocorrer também o seu desaparecimento. Neste caso não há a recuperação da audição. Para Gerges (2000), é considerada perda de audição qualquer redução de sensibilidade na audição.

Gerges (2000) ainda apresenta efeitos da exposição ao ruído causados em outros sistemas que não o auditivo. Como aumento do batimento cardíaco, da pressão sanguínea, contração do abdômen e estômago, fadiga mental e baixo desempenho no trabalho. Ayres (2001), reforça essas afirmações e acrescenta que além dos sintomas citados anteriormente, a exposição ao ruído elevado pode causar distúrbios de sono, dores de cabeça, estresse, incapacidade de concentração e também a perda auditiva até o nível de surdez.

Em uma serraria, a maior parcela do ruído é proveniente do processo de desdobro da madeira. Processo em que as serras em alta velocidade irão realizar os cortes necessários e para realizar esses processos são necessários motores elétricos de alta potência. Resultados para NPS em serrarias se encontram na faixa de 90 a 120 dB, segundo Seixas et al (2004). Outros autores que reafirmam estes resultados são Lopes et al (2004), que avaliaram empresas de processamento de madeira no Paraná e obtiveram NPS de 93,4 dB até 97,5 dB a depender do equipamento avaliado.

2.4 Instrumento de medição

Bistafa (2006) afirma que o que determina a intensidade dos sons sentida pelo receptor é o nível de pressão sonora recebido. O decibelímetro é o equipamento que permite converter a pressão sonora em um sinal elétrico.

De acordo com Gerges (2000) os circuitos eletrônicos dos instrumentos de medição que possuem uma sensibilidade que varia com a frequência, têm como objetivo aproximar a resposta do equipamento a resposta do ouvido humano. O autor acrescenta que o medidor de nível

sonoro não integrador fornece apenas um nível global (RMS) em dB, sem informações sobre a distribuição deste nível nas frequências. Neste tipo de medidor de nível sonoro existem dois circuitos RC, um com constante de tempo de 125 ms (circuito rápido) e outro de 1 s (circuito lento) que deve ser selecionado a depender do tipo de ruído avaliado.

Bistafa (2006) apresenta que os medidores são classificados a partir do nível de precisão do equipamento de acordo com a Norma IEC 651–1979. São classificados entre os tipos 0 e 3, sendo utilizado neste estudo o tipo 2, que possui precisão de $\pm 1,5$ dB e é destinado para a medição em campo. Além disso, o autor apresenta as características dos filtros ponderadores. O filtro ponderador A, que é utilizado neste estudo, aproxima a sensação auditiva para sons de níveis moderados. Este fornece respostas que estão relacionadas ao PAIR e é indicado para procedimentos que sigam as normas NR-15 e NHO-01.

2.5 Medidas de atenuação e de controle de ruído

Ayres (2001) classifica as medidas de controle de ruídos em coletivas ou individuais. Reduzir os níveis de ruído na trajetória ou na fonte são consideradas medidas coletivas. Reduzir o tempo de exposição do colaborador ou a utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) são consideradas medidas de controle individuais.

Saliba (2016) recomenda que o controle individual só deve ser adotado quando o controle coletivo não for possível ou suficiente. Além disso, o autor está de acordo com Ayres (2001) e recomenda a limitação do tempo de exposição ao ruído, o uso de EPIs e acrescenta a realização de exames audiométricos. O autor reforça que o uso de EPIs não elimina o risco de o trabalhador ter redução da capacidade auditiva. A eficiência do EPI depende da atenuação do protetor e do seu uso de forma correta.

Moraes (2016) está de acordo com Ayres (2001) no que se refere a relação entre o uso correto e a eficiência da redução de ruído. Na empresa em que este estudo é desenvolvido, é utilizado o protetor do tipo concha, que segundo Moraes (2016) possui uma proteção superior, adaptação mais fácil, é mais higiênico e é recomendado para áreas não limpas, como a linha de produção de uma serraria.

A norma NR 06 define que a empresa é obrigada a fornecer o EPI com indicação do Certificado de aprovação (CA), que é emitido pela Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalhador para cada EPI testado e aprovado pelos laboratórios credenciados, a todos os empregados de forma gratuita, adequado ao risco.

Segundo Moraes (2016), para realizar o processo de escolha dos protetores auriculares deve-se utilizar o nível atenuação do protetor, que é especificado pelo nível de redução de ruído (NRR) em dB(A). Ainda segundo a autora, o método de ensaio em protetores auriculares mais recomendado atualmente segue a norma ANSI S12.6-1997(B). Nesse método de ensaio o próprio ouvinte coloca o protetor auricular apenas com as instruções do fabricante, sem ter experiência prévia, o que aproxima os resultados obtidos no ensaio do uso durante a jornada de trabalho. O fator de proteção obtido por esse método é o NRR (sf) e sf significa *subject fit*.

2.6 Normas

A NR-6 é responsável por classificar e definir o Equipamento de Proteção Individual (EPI). Se enquadram como EPI todo equipamento de uso individual em que o uso tenha como finalidade a proteção contra riscos à segurança e a saúde do trabalhador.

A NR-7 estabelece a obrigatoriedade do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional - PCMSO em empresas que realizem a admissão de trabalhadores como empregados. O programa tem como objetivo a promoção e preservação da saúde dos trabalhadores.

A NR-9 apresenta o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). O PPRA tem como objetivo a preservação da saúde e da integridade dos colaboradores. Para isso, ele define as etapas de antecipação, de reconhecimento, de avaliação e de controle da ocorrência de riscos existentes ou que possam existir no local de trabalho.

A norma NR-15 (2014) propõe os métodos para avaliação do nível de ruído, bem como apresenta as configurações que devem ser definidas no equipamento de medição escolhido e também os procedimentos de medição e avaliação de níveis de pressão sonora equivalentes aos quais o colaborador está sujeito. Por fim, o anexo 1 estabelece valores de referência para comparação dos valores obtidos e os tempos limite de exposição a determinados níveis de ruído, assim, permitindo avaliar o risco à saúde.

A norma NHO-01 (2001) apresenta algumas opções de equipamentos medidores de leitura instantânea. A norma define que o decibelímetro deve ser ao menos do tipo 2 e deve estar enquadrado nas normas ANSI S1.4-1983 e IEC 651 para os ruídos contínuo, intermitente e de impacto. Para os casos de ruído contínuo ou intermitente deve-se utilizar o circuito de ponderação “A”, circuito de resposta lenta (1s) e cobrir valores de medição entre 80 a 115 dB(A). Para o ruído de impacto deve-se utilizar o circuito de ponderação “C”, circuito de resposta rápida e cobrir valores de medição entre 100 a 150 dB. A norma estabelece ainda a metodologia de medição e análise dos dados obtidos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A avaliação do ruído em um processo de desdobro de madeira é realizado por meio da medição do NPS durante o processamento da madeira, e posterior comparação dos valores medidos com os valores de referência estabelecidos na norma NR-15 (2014).

3.1 Área de Estudo

A empresa onde este estudo foi realizado está localizada no município de Montenegro - RS, região metropolitana de Porto Alegre. Atualmente possui cerca de 20 colaboradores, sendo 9 desses responsáveis pelo setor de desdobro. A empresa utiliza a madeira de eucalipto como matéria prima e o consumo médio mensal é de 1000 m³. Foram adotados 3 pontos de medição posicionados na zona auditiva dos trabalhadores mais próximos as máquinas de maior potência: serra circular múltipla (responsável pelo primeiro desdobro), destopadeira e a segunda serra múltipla. As medições foram realizadas durante a jornada de trabalho onde todos os equipamentos presentes na fábrica estavam em operação.

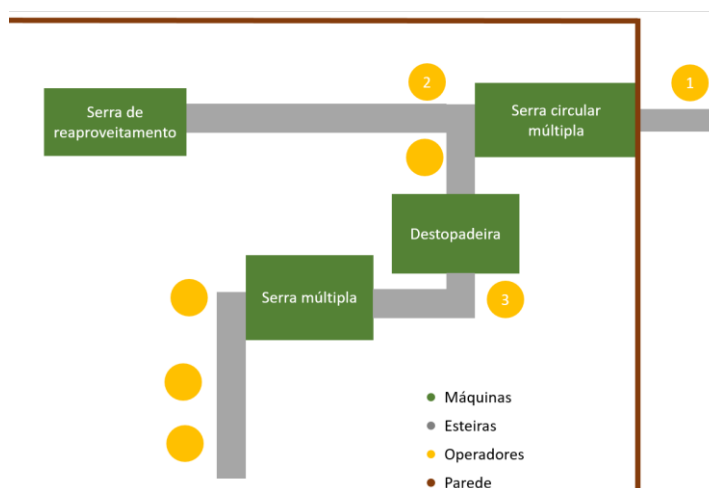


Figura 1 – Exibição da distribuição dos equipamentos e pontos de medição.

3.2 Método de avaliação do Nível de pressão sonora e equipamentos

O procedimento seguido para a realização das medições foi baseado nas normas NR-15 (2014) e NHO-01 (2001). O ruído avaliado no caso de estudo é definido pela NR-15 (2014) como ruído intermitente. Os valores limites de tolerância são apresentados no Anexo 1 da norma e estão presentes na Figura A.1.

Devido à pandemia e os laboratórios da universidade estarem impossibilitados de fornecer equipamentos aos alunos, o equipamento utilizado foi fornecido pelo responsável técnico pela segurança do trabalho da empresa.

O decibelímetro utilizado foi o DL-4020, modelo da marca ICEL Manaus. Esse medidor é classificado como Medidor de nível sonoro não integrador, pois ele não calcula o nível equivalente, mede simplesmente o nível de ruído em dado momento. Este equipamento possui um microfone capacitivo, que segundo Gerges (2000) tem alta estabilidade, alta sensibilidade e baixo ruído elétrico. A precisão do equipamento disponível no manual do fabricante para as configurações citadas é de $\pm 2\text{dB}$, seguindo os procedimentos de avaliação da norma IEC 651 para equipamentos do tipo 2. A escala utilizada foi a escala HI: de 60 a 130dB com resolução de 0,1dB.



Figura 2 – Decibelímetro DL-4020, modelo da marca ICEL Manaus.

Seguindo os procedimentos da NR-15 (2014), configurou-se o ciclo de compensação “A” (que se aproxima da curva de percepção do ouvido humano) e circuito de resposta lenta (*SLOW*), que possui tempo de resposta igual a 1 segundo, no decibelímetro.

A norma NHO-01 (2001) estabelece que o número de medições realizadas deve ser representativo de um ciclo completo de trabalho. O Ciclo de trabalho ou ciclo de exposição possui o tempo de duração de 12 segundos, que é o tempo necessário para a tora passar pelas serras de uma máquina, o trabalhador receber e colocar as peças serradas na próxima máquina da linha e as peças passarem pelas serras desta segunda máquina. Este ciclo se repete ao longo da jornada de trabalho. O período de medição foi definido para avaliar 50 ciclos de exposição completos, resultando 10 minutos de medição e 600 leituras para cada posto de trabalho.

A NHO01 estabelece o procedimento para um medidor de leitura instantânea. Primeiro deve-se manter o microfone na zona auditiva do trabalhador, para isso, o decibelímetro foi posicionado próximo ao ouvido do operador de forma que não se tornasse um obstáculo entre a fonte de ruído e o colaborador. Após definir e registrar o período de medição, deve-se

arredondar cada leitura lida para o valor mais próximo em um intervalo de 0,5 dB. Por fim, o nível médio representativo da exposição é determinado pela expressão

$$NM = 10 \log \left[\frac{1}{n} (n_1 * 10^{0,1 NPS_1} + n_2 * 10^{0,1 NPS_2} + \dots + n_i * 10^{0,1 NPS_i} + \dots + n_n * 10^{0,1 NPS_n}) \right] \quad (3)$$

em que n_i é o número de leituras daquele nível de pressão sonora, NPS_i é o i ésimo nível de pressão sonora medido em dB(A), n é o número total de medições. Para o caso em que é utilizado um medidor não integrador, a NHO-01 (2001) sugere a inclusão de leituras abaixo de 80 dB(A).

A partir do nível médio representativo em cada posição, calculou-se a atenuação do protetor auditivo modelo 3M™ Muffler com atenuação de 21 dB (NRRsf). Este índice é obtido a partir de ensaio feito segundo o método B da Norma ANSI S12.6-1997.



Figura 3 – Abafador 3M™ Muffler.

Utilizando-se das informações do Certificado de Aprovação (CA) do EPI fornecido e da equação para o cálculo do nível de redução de ruído com uso do protetor auricular (GERGES, 2000), tem-se:

$$NPS_c = NPS_s - NRR_{sf} \quad (4)$$

onde NPS_c corresponde ao nível de pressão sonora protegido em dB(A), NPS_s é o nível de ruído tomado nas observações em dB(A) e NRR_{sf} é o nível de redução de ruído do EPI em dB(A).

4. RESULTADOS

Os resultados deste estudo apresentam o NPS médio representativo de cada posto de trabalho e a distribuição das leituras obtidas por faixa de ruído, conforme estabelecido pela equação (3). As análises são realizadas em cada posto de trabalho separadamente com o objetivo de analisar suas diferenças. Segundo a definição de ruído apresentada na NR-15, os resultados obtidos podem ser classificados como ruído intermitente pois não se enquadram na classificação de ruído de impacto. No processo de desdobro de madeira, o tempo necessário para a peça passar pelas serras em cada máquina varia de 3 a 5 segundos, assim o pico de ruído no processo possui uma duração superior a 1 segundo e não pode ser classificado como ruído de impacto e consequentemente deve seguir os procedimentos para ruído contínuo ou intermitente.

O NPS médio representativo do posto de trabalho avaliado é obtido através da metodologia apresentada na Seção 4. A NR-15 (2014) estabelece como limite de exposição sem proteção para uma jornada de oito horas um NPS de 85 dB. Para outros níveis de ruído, a Figura A.1 apresenta os respectivos tempos limite de exposição.

As leituras recolhidas na avaliação do ruído de cada posto de trabalho torna possível a construção de um histograma, como mostrado na Figura 4. No histograma é possível notar o número de amostras para cada faixa de NPS medido. Estes valores, quando aplicados na equação (3), resultam em um *NM* de 90,14 dB(A). A maior concentração de ruído está entre os valores de 89 dB e 91 dB, e representa 58,5% das amostras.

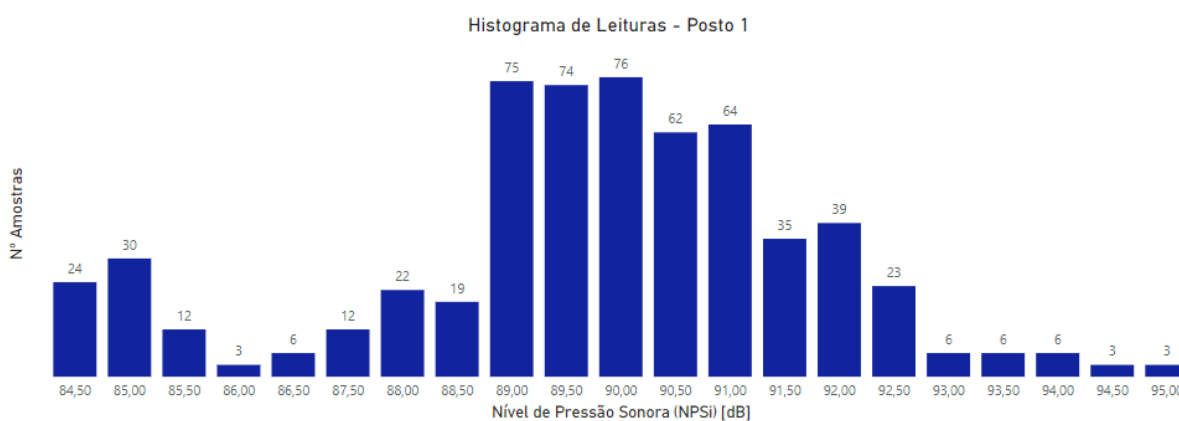


Figura 4 – Histograma de leituras no posto de trabalho 1.

A máquina em questão é responsável pelo desdobro inicial das toras, o que pode explicar a ampla variação de ruído pois há uma grande variação no diâmetro e na densidade das toras, e está em operação durante toda a jornada de trabalho da empresa. O posto 1 é localizado no meio externo e o operador é responsável pelo posicionamento das toras para melhor aproveitamento da madeira, desta forma ele está sempre próximo à máquina.

A Figura 5 apresenta o histograma construído a partir das medições obtidas no posto de trabalho 2. Novamente, substituindo estes valores na equação (3), obtém-se o resultado de um *NM* de 94,93 dB(A). Para este caso, a maior concentração de ruído se dá entre 92,5 dB e 96 dB, o que representa 42% das amostras.

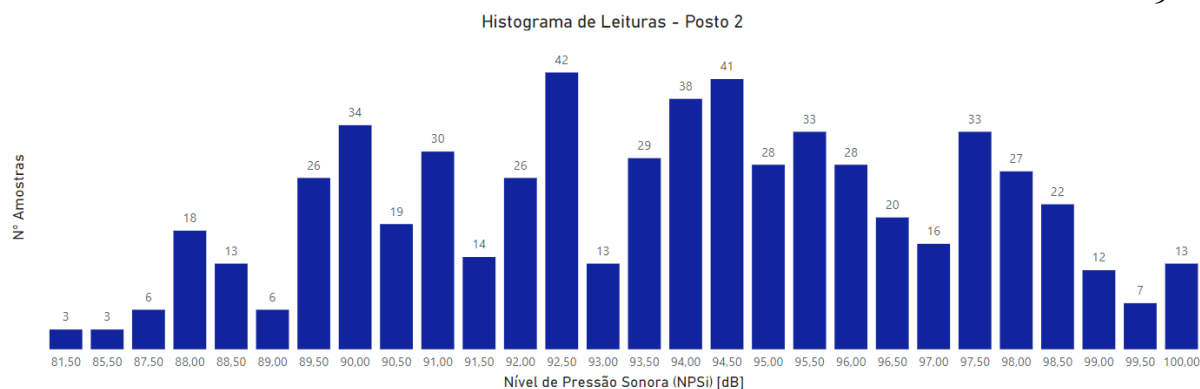


Figura 5 – Histograma de leituras no posto de trabalho 2.

O posto de trabalho em questão está entre as duas máquinas mais potentes da linha de produção: A máquina responsável pelo desdobro primário e a máquina responsável pelo corte transversal das toras, o que pode explicar os altos níveis de ruído. Fiedler et al. (2009) obtiveram resultados que mostram que a densidade da madeira tem influência direta no valor de ruído emitido pelas máquinas de desdobro. A direção de corte realizado na peça, perpendicular ou paralelo às fibras, também influencia nesse valor, em razão da resistência oferecida pela madeira. Este equipamento está em operação durante toda a jornada de trabalho da empresa. Outro fator que pode ser agravante é que além de posicionado entre as máquinas de maior potência, o posto 2 é localizado próximo às paredes do galpão. A grande amplitude no valor das medições ocorreu devido ao reabastecimento de madeira na linha durante o período de medição.

A Figura 6 apresenta o histograma construído a partir das medições obtidas no posto de trabalho 3. Novamente, substituindo estes valores na equação (3), obtém-se o resultado de um *NM* de 92,95 dB(A). A maior concentração de ruído neste caso se dá entre 92,5 dB e 94 dB, o que representa 50% das amostras.

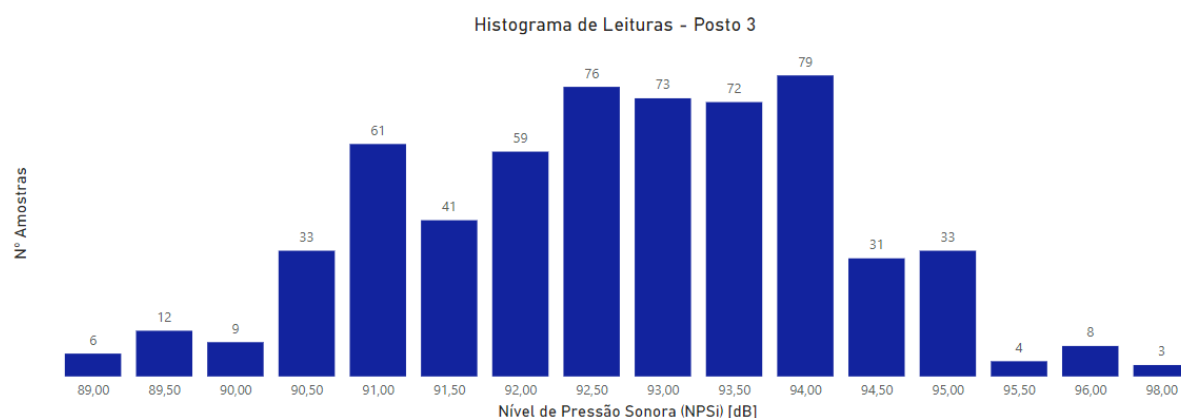


Figura 6 – Histograma de leituras no posto de trabalho 3.

O posto de trabalho em questão está após a máquina responsável pelo corte transversal das toras, o que pode explicar os altos níveis de ruído e reforçado por Fiedler et al. (2009). Este equipamento está em operação durante toda a jornada de trabalho da empresa. Outro fator que pode ser agravante é que este equipamento possui aberturas maiores que os demais por trabalhar com as toras na transversal. Assim, os operadores estão mais expostos ao ruído nesta máquina do que nas multiserras.

É possível perceber que todas as máquinas emitem um nível de ruído acima dos limites recomendados pela NR-15. A referida norma determina que o trabalhador pode ficar exposto, sem proteção, por no máximo 8 horas a um nível de ruído de 85 decibéis.

Assim, pode-se observar que todos os equipamentos exigem a utilização de protetor auricular durante sua operação, com objetivo de atenuar os níveis de ruído gerados pelas serras. A empresa fornece aos funcionários protetores auditivos do tipo concha, fabricado de material rígido, revestido com colchão circular de espuma que deve ser acomodado cobrindo completamente a orelha.

Os resultados de aplicação da equação (4), considerando o NRRsf do EPI igual 21 dB apresentado na seção 3.2, são *NPSc* de 69,14 dB no posto 1, 73,93 dB no posto 2 e 71,95 no posto 3. Assim, é possível observar que o EPI atende à exigência de atenuação de ruído para a operação e que todos os colaboradores estão abaixo do limite de tolerância da NR-15 e abaixo do nível de ação de 80 dB estabelecido pela NR-9.

5. CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, foi possível medir e avaliar o nível de pressão sonora em uma linha de produção de uma serraria e o nível de ruído protegido ao qual os colaboradores estão expostos em diferentes postos de trabalho da linha.

É possível perceber que devido à natureza da operação, sem proteção auricular, os operadores estariam expostos a altos níveis de ruído e que o tempo de exposição permitido pela NR-15 seria de metade da jornada de trabalho. No posto 1, o nível médio representativo obtido é de 90,14 dB(A), devido à grande potência da máquina, a necessidade de proximidade do trabalhador para posicionar as toras e por ser o equipamento que realiza o primeiro desdobro. No posto 2, o nível médio representativo obtido é de 94,93 dB(A). Neste posto ocorre o maior nível de ruído pois o trabalhador está posicionado entre as máquinas de maior potência no processo, próximo às paredes do galpão e em frente a um processo de desdobro transversal à madeira – que gera níveis superiores de ruído e é um equipamento em que as serras estão mais expostas. Por fim, no posto 3, o nível médio representativo obtido é de 92,95 dB(A). Este posto está localizado após o equipamento de desdobro transversal e consequentemente sofre dos efeitos já mencionados para o posto 2. Assim, é possível concluir que a variação de nível entre os postos se dá pela posição do trabalhador em relação à máquina e ao ambiente, ao processo de desdobro realizado, a orientação do corte em relação às fibras da madeira e o nível de exposição das serras.

Ao considerar o uso do protetor auricular disponibilizado para os trabalhadores, verificou-se que a atenuação fornecida pelo equipamento, 21 dB, é suficiente para mantê-los em condições de saúde e segurança segundo as normas regentes. No que se refere à aceitação de uso do EPI por parte dos funcionários, a empresa informou que não apresenta problemas e que a aceitação aumentou com o passar do tempo. Ressalta-se a importância de treinamentos sobre o correto uso destes EPIs para garantir que a atenuação está sendo eficiente na proteção contra ruídos excessivos.

Próximos trabalhos podem explorar outras situações não analisadas, como a dose de ruído a qual o trabalhador é exposto, ou avaliar outros postos de trabalho da linha de produção. Outra sugestão seria a busca por soluções de proteção coletivas, buscando reduzir a geração de ruído na fonte ou a sua transmissão no meio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, S. I. C. et al. **História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído**. Revista da Associação Médica Brasileira, São Paulo, v. 46, n. 2, p.143-158, jun. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. “**NR-6 – Equipamento de Proteção Individual - EPI**”. 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. “**NR-7 – Programa de controle médico de saúde ocupacional - PCMSO**”. 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. “**NR-9 – Programa de prevenção dos riscos ambientais - PPRA**”. 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. “**NR-15 - Norma Regulamentadora No.15. Atividades e operações insalubres**”. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE, ABIMCI. “**Estudo Setorial 2019**”. 2019.

AYRES, Denis de Oliveira. **Manual de Prevenção de acidentes do trabalho**. São Paulo: Atlas, 2001.

BISTAFA, S. R. B., “**Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**”, São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

CALIXTO, A. “**Vibração, som e luz**”. Apostila do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná – UFPR – Curitiba, 2002.

CASTRO, A. P. A. S.; RANCURA, R. L. **Conforto Acústico: Ambiental e Lumínico**. Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

DELAZERI, R. **Avaliação de ruído em serraria: estudo de caso no município de Caibi - SC**. 2013. 22p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Pós Graduação em Engenharia e Segurança no Trabalho) – Área das Ciências Humanas, Universidade do Oeste de Santa Catarina, 2013.

FERREIRA JÚNIOR, M. **Perda auditiva induzida pelo ruído**. In: FERREIRA JÚNIOR, M. (Ed.). Saúde no trabalho. São Paulo: Roca, 2000. p. 262-285.

FIEDLER, N. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; Guimarães, P. P.; ALVES, R. T.; WANDERLEY, F. B.; OLIVEIRA, J. G. L.; MORA, R. **Influência da massa específica aparente da madeira no ruído produzido durante o processamento secundário: estudo de caso**. Floresta, Curitiba, v. 39, n. 2, p. 401-408, abr./jun. 2009.

FUNDACENTRO, São Paulo. **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído: NHO-01**. São Paulo, 2001.

GERGES, S.N.Y. **“Ruído: fundamentos e controle”**. 2ª ed. Florianópolis: NR, 2000.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blucher, 1990.

LOPES, E.S. et al. **Análise do ambiente de trabalho em indústrias de processamento de madeira na região centro sul do estado do Paraná**. Revista Scientia Forestalis, n.66, p. 183-190, dez. 2004.

LUTZ, M. **Análise da exposição ao ruído e conforto acústico em um estúdio de tatuagem**. 2019. 19p. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

MORAES, M. **“Doenças Ocupacionais – Agentes: Físico, Químico, Biológico, Ergonômico”**. 1 ed. 2010.

SALIBA, T.M. **“Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído – PPRA”**. 9 ed. São Paulo: LTr, 2016.

SEIXAS, F. et al. **Tecnologia protege saúde do operador**. Revista da Madeira, Curitiba, v. 82, p. 68-73, jul. 2004.

ANEXO A

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

Figura A.1 – Tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído.

Fonte: NR-15 (2014).



Certificado de Calibração

Número do certificado: CRS0005/2022

Data da calibração: 12/01/2022

Data da emissão do certificado: 12/01/2022

DADOS DO CLIENTE:

Nome: MARCELO LUIS DE AZEVEDO

Endereço: RUA WALDEMAR STEFFEN, 98 - SANTO ANTONIO, MONTENEGRO - RS, BRASIL

IDENTIFICAÇÃO DO INSTRUMENTO SOB TESTE:

Instrumento: Medidor de Nível Sonoro

Fabricante: Icel

Modelo: DL-4020

Número de série: 8101669

PROCEDIMENTO(S) DE CALIBRAÇÃO UTILIZADO(S): PC EAC01 - Revisão: 01

MÉTODO(S): Comparação direta com o padrão de referência.

PADRÃO(ÕES) UTILIZADO(S):

- Stanford Research - DS-360 - Certificado de calibração n° DIMCI 0859/2018 do INMETRO - Válido até 01/2022
- GRAS - 42AG - Certificado de calibração n° A0389/2020 do Labelo - Válido até 09/2022
- Testo - Testo 622 - Certificado de calibração n° T0648/2020 do Labelo - Válido até 05/2022

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

Temperatura: 23,0 °C ± 3,0 °C

Umidade Relativa: 70 % ± 25 %

Pressão Atmosférica: 101,32 kPa ± 10 %

NOTAS:

- Os resultados da calibração estão contidos em tabelas anexas, que relacionam os valores indicados pelo instrumento em teste, com valores obtidos através da comparação com os padrões e incertezas estimadas da medição (IM).
- A incerteza expandida de medição é declarada como a incerteza combinada, multiplicada pelo fator de abrangência "k", correspondente a um nível de confiança de aproximadamente 95%, conforme a distribuição de probabilidade t-Student, com graus de liberdades efetivos (Veff).
- A incerteza padrão de calibração foi determinada de acordo com o "guia para expressão de incerteza de medição".
- Esta calibração não substitui nem isenta os cuidados mínimos do controle metrológico.
- Este certificado refere-se exclusivamente ao item calibrado, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- O certificado não deve ser reproduzido total ou parcialmente sem prévia autorização.
- Calibração realizada nas instalações da Tecno lab, situado na avenida Theodomiro Porto da Fonseca, 3101, Unidade 6, sala 203, bairro Cristo Rei, São Leopoldo - RS, com padrões calibrados em laboratórios acreditados à coordenação geral de acreditação do INMETRO.
- O presente certificado de calibração atende aos requisitos da norma ABNT NBR ISO IEC 17025.

Página 1 de 2



Figura A.2 – Certificado de calibração do medidor de nível sonoro

DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE

3M DO BRASIL LTDA., com sede na Rodovia Anhanguera, Km 110, no Município de Sumaré, Estado de São Paulo, inscrita no C.N.P.J. sob nº 45.985.371/0001-08, por seu RESPONSÁVEL TÉCNICO ao final assinado, **DECLARA** na qualidade de fabricante ou importador dos PRODUTOS:

PROTETOR AUDITIVO da linha 3M Muffler

estão **EM CONFORMIDADE** com os requisitos das normas técnicas aplicáveis, quais sejam:

ANSI 12.6 – Método B (Real Ear Attenuation of Hearing Protectors) e Portaria SIT/MTE 452/14 de acordo com o laudo de ensaio emitido pelo LAEPI.

3M Muffler – Relatório de Ensaio LAEPI nº REAT – 024-2015

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NRRsf
Atenuação (dB)	14	19	26	37	31	30	29	21
Desvio Padrão	3	3	3	3	2	4	5	

3M Muffler acoplável ao capacete – Relatório de Ensaio LAEPI nº REAT – 068-2017-A

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NRRsf
Atenuação (dB)	10	15	24	33	26	27	25	17
Desvio Padrão	4	4	4	3	2	3	8	

Por ser expressão da verdade, assino a presente declaração.

Atenciosamente,



Luiz Otávio Arantes
Gerente Técnico

Sumaré, 23 de Março de 2020.

Figura A.3 – Declaração de conformidade do EPI