

GRACE PATRICIA ACEVEDO OBANDO

DETERMINAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO A QUE ESTÃO
SUBMETIDOS OS TRABALHADORES NA ÁREA DE CORTE DE UMA EMPRESA
FABRICANTE DE MÓVEIS MELAMÍNICOS

São Paulo

2022

GRACE PATRICIA ACEVEDO OBANDO

Versão Original

DETERMINAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO RUÍDO A QUE ESTÃO
SUBMETIDOS OS TRABALHADORES NA ÁREA DE CORTE DE UMA EMPRESA
FABRICANTE DE MÓVEIS MELAMÍNICOS

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2022

Para a minha familia.

RESUMO

ACEVEDO, Grace Patricia. Determinação da exposição ocupacional ao ruído a que estão submetidos os trabalhadores na área de corte de uma empresa fabricante de móveis melamínicos Arequipa, Peru (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Programa de Educação Continuada. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2022.

Este estudo tem como objetivo apresentar os resultados da pesquisa realizada para determinar a exposição ao ruído ocupacional a que estão submetidos os trabalhadores na área de corte de uma empresa fabricante de móveis melamínicos localizada na cidade de Arequipa, Peru; utilizando a técnica de observação, seguindo o método descrito na ISO 9612 2010 Determinação da exposição ao ruído ocupacional. Método de Engenharia, com o qual foi calculado o nível diário de exposição ao ruído ponderado (A) do grupo de exposição homogênea ao ruído, por outro lado foram determinadas as fontes de incerteza causadas por erros, como pela variação natural da situação de trabalho, bem como o cálculo do mesmo com intervalo de confiança unilateral de 95%; Da mesma forma, para o cálculo da dose, foi utilizada a metodologia descrita na Norma de Higiene Ocupacional NHO 01 Avaliação da exposição ocupacional ao ruído do Brasil e RM 375 2008 Norma básica de ergonomia do Peru; resultando em trabalhadores expostos a 84,86 dB(A) com uma incerteza expandida associada de 3,14 dB para uma probabilidade de cobertura unilateral de 95% ($K= 1,65$) e uma dose de ruído de 108,9%, concluindo que os trabalhadores na área de corte da empresa em estudo, estão sujeitos a níveis de ruído acima dos limites máximos permitidos de acordo com as regulamentações peruana e brasileira.

Palavras-chave: Ruido ocupacional. Perdida da audição induzida pelo ruido (NIHL). Melamina.

ABSTRACT

ACEVEDO, Grace Patricia. Determination of occupational noise exposure to workers subjected to the cutting area of a melamine furniture manufacturing company Arequipa, Peru (Specialization in Labor Safety Engineering) - Continuing Education Program. Polytechnic School of the University of Sao Paulo, 2022.

This study aims to present the results of the research carried out to determine the exposure to occupational noise of workers that are subjected to the cutting area of a melamine furniture manufacturing company located in the city of Arequipa, Peru, for which, the observation technique was used following the method described in the ISO 9612-2010: "Determination of exposure to occupational noise. Engineering Method". The daily level of weighted noise exposure (A) of a group of homogeneous exposure to noise was calculated, on the other hand, the sources of uncertainty caused by errors were determined, such as by the natural variation of the situation of work, as well as the calculation of the same with a unilateral confidence interval of 95%. Likewise, for the calculation of the dose, the methodology described in the Occupational Hygiene Standard NHO 01 "Assessment of occupational exposure to noise of Brazil" and the Resolution Ministerial 375-2008 "Basic standard of ergonomics of Peru" were used. It was determined that workers are being exposed to 84.86 dB(A) with an associated expanded uncertainty of 3.14 dB at 95% ($K= 1.65$) of an unilateral coverage probability and a noise dose of 108.9%, concluding that workers from the cutting area of the company mentioned before are subject to noise levels above the maximum limits allowed according to Peruvian and Brazilian regulations.

Key words: Occupational noise. Noise induced hearing loss (NIHL). Melamine.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Placas de melamina	50
Figura 2 – Maquina de corte.....	50
Figura 3 – Compressor de ar.....	51
Figura 4 – Maquina Roteadora.....	51
Figura 5 – Maquina de afiação	52
Figura 6 - Maquina de afiação.....	52
Figura 7 - Calibração dos dosímetros	53
Figura 8 – Posicionamiento do dosímetro día 1	54
Figura 9 – Posicionamiento do dosímetro día 2	54
Figura 10 – Posicionamiento do dosímetro día 3	55
Figura 11 – Recalibração do dosímetro	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Intensidade do ruído em dB e avaliação subjetiva de sua percepção pelo trabalhador	23
Tabela 2 - Níveis de perda auditiva e seus efeitos na comunicação.....	24
Tabela 3 - Efeitos do ruído nos sistemas do corpo humano	25
Tabela 4 - Tempo de exposição ao ruído de acordo com os níveis de ruído dB (A) .	33
Tabela 5 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	36
Tabela 6 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	37
Tabela 7 - Limites de exposição permitidos de acordo com os níveis de ruído (dB).	38
Tabela 8 - Limites de Exposição Permitidos de acordo com os níveis de ruído (dB)	39
Tabela 9 - Limites de exposição permitidos de acordo com os níveis de ruído (dB).	41
Tabela 10 - Níveis de regulação de exposição ao ruído e recomendações padrão..	42
Tabela 11 - Contribuição para a Incerteza $c_1 u_1$ dos valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$ dB	46
Tabela 12 - Incerteza padrão, u_2 , dos instrumentos.....	47
Tabela 13 - Incerteza assumida para a determinação dos níveis de exposição ao ruído para uma medição baseada em função	47
Tabela 14 - Resultados do Monitoramento	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OSHA	<i>Occupational Safety and Health Administration</i>
NIOSH	<i>National Institute for Occupational Safety and Health</i>
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
DIGESA	<i>Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria</i>
TLV	<i>Threshold Limit Values</i>
TWA	<i>Time-Weighted Average</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

$L_{p,A,eqTe}$	Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A
N	Número da medição da mão de obra;
N	Número total de medições da tarefa de trabalho.
T_e	Duração efetiva da jornada de trabalho
T_0	Duração de referência
$L_{p,A,eqT,n}$	Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A
$L_{EX,8h}$	Nível de ruído ponderado A
$L_{p,A,eqT}$	Média aritmética de N medidas do trabalho
u_1	Incerteza padrão
u_2	Incerteza padrão devido à instrumentação
u_3	Incerteza padrão devido à posição do microfone
c_2 y c_3	Coeficientes de sensibilidade
$u^2(L_{EX,8h})$	Incerteza padrão combinada
U	Incerteza expandida
D	Dose diária de ruído em porcentagem
T	Tempo que o trabalhador foi exposto ao nível equivalente L.
L	Nível de ruído equivalente em decibéis “A” (dBA)
NE	Nível de exposição
T_E	Tempo de duração, em minutos, da jornada de trabalho

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVO	16
1.2 JUSTIFICATIVA.....	16
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1 RUÍDO	18
2.2 RUÍDO OCUPACIONAL	18
2.3 TIPOS DE RUÍDO.....	18
2.3.1 Ruído contínuo	19
2.3.2 Ruído intermitente	19
2.3.3 Ruído de impacto.....	19
2.4 EXPOSIÇÃO.....	19
2.4.1 Exposição ocupacional ao ruído.....	20
2.5 FATORES QUE INFLUENCIAM LESÕES AUDITIVAS PRODUZIDAS POR RUÍDO.....	20
2.5.1 Intensidade do ruído	21
2.5.2 Frequência de ruído	21
2.5.3 Tempo de exposição	21
2.5.4 Suscetibilidade individual.....	21
2.5.5 Idade	21
2.5.6 Doenças do ouvido médio	21
2.5.7 Natureza do Ruído	22
2.5.8 Outros fatores.....	22
2.6 EFEITOS NA SAÚDE DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO OCUPACIONAL.....	23
2.7 CONTROLE DE RUÍDO OCUPACIONAL.....	29
2.7.1 Eliminação ou substituição	29
2.7.2 Controles de Engenharia	29
2.7.3 Controles administrativos	30
2.7.4 Uso de equipamentos de proteção individual	30
2.8 NORMATIVA.....	33
2.8.1 Normas Peruanas	33
2.8.1.1 Resolução Ministerial N° 375-2008-TR	33

2.8.1.2	Norma Técnica Peruana NTP-ISO 9612-2010	34
2.8.2	NORMAS BRASILERAS	35
2.8.2.1	NR 17 – Ergonomia.....	35
2.8.2.2	NR15 – Atividades e operações insalubres.....	36
2.8.2.3	NHO 01 Avaliação da exposição ocupacional ao ruído	37
2.8.3	Padrões Internacionais	38
2.8.4	Real Decreto RD 286/2006 para a proteção da saúde e segurança dos trabalhadores contra riscos relacionados à exposição ao ruído ocupacional.....	40
2.9	MELAMINA	43
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1	CÁLCULO DO NÍVEL DIÁRIO DE EXPOSIÇÃO A RUÍDO PONDERADO A	44
3.2	CÁLCULO DE INCERTEZA:.....	45
3.3	CÁLCULO DA DOSE DE RUÍDO	48
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1	RESULTADOS.....	50
4.1.1	Cálculo da dose de ruído	57
4.1.1.1	Perú.....	57
4.1.1.2	Brasil	58
4.2	DISCUSSAO	58
CONCLUSÕES	600	
REFERÊNCIAS.....	61	
ANEXOS	65	

1 INTRODUÇÃO

Conhece-se que num ambiente de trabalho os sons são gerados durante a jornada, e esses ruídos são de alto nível quando há maior é a mecanização na indústria DIGESA (s.f., p. 7).

Precisamente, com relação ao ruido tem-se feito este estudo em Arequipa - Peru na área de corte de uma empresa que fabrica móveis de melamina, que é um composto cristalino que é usado para fazer resinas sintéticas (RAE, 2022); nesta atividade são utilizadas diversas máquinas, equipamentos e ferramentas geradoras de ruído.

A presença deste agente contaminante físico, o ruido, pode ser identificada ou reconhecida pela audição dos trabalhadores ou pessoas que se encontram no referido ambiente de trabalho, situação que não permitiria concluir que existem níveis de ruído acima dos permitidos pela regulamentação, que podem causar diversos males e/ou doenças ocupacionais aos trabalhadores em decorrência do seu trabalho, podendo levar à perda progressiva da capacidade auditiva.

Ao respeito, MARTÍNEZ MORA (2020, p. 11) especifica que os efeitos vão:

desde distúrbios fisiológicos, como perda auditiva progressiva, até distúrbios psicológicos produzidos, como insônia e dificuldade em adormecer, que causam irritação e fadiga quando expostos a altos níveis de ruído [...].

Em consequência, se faz necessário um estudo em torno aos ruídos na área da indústria referida à fabricação mecanizada de móveis de melamina; utilizando metodologia e instrumentos validados de acordo com as regulamentações peruana e brasileira.

1.1 OBJETIVO

Determinar a exposição ao ruído ocupacional a que estão submetidos os trabalhadores na área de corte de uma empresa fabricante de móveis melamínicos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista que diferentes máquinas, equipamentos, ferramentas e instrumentos geradores de ruído são utilizados na atividade de fabricação de móveis melamínicos, a presença desse poluente físico pode ser identificada ou reconhecida pelos ouvidos

dos trabalhadores ou pessoas que se encontram no referido ambiente, o que não permitiria concluir que existem níveis de ruído acima dos permitidos pela regulamentação, que podem causar diversos agravos e/ou doenças ocupacionais aos trabalhadores em decorrência de seu trabalho, podendo levar à perda progressiva da capacidade auditiva, que é por isso que o presente estudo tem como objetivo determinar a exposição ao ruído ocupacional a que estão submetidos os trabalhadores na área de corte de uma empresa fabricante de móveis melamínicos utilizando metodologia e instrumentos validados de acordo com as regulamentações peruana e brasileira.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 RUÍDO

A definição de ruído segundo a OSHA (UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR, s.f.) indica que são flutuações na pressão do ar (ou outros meios) que afetam o corpo humano, da mesma forma, diferencia o termo som como vibrações que são detectadas pelo corpo humano. ouvido e ruído como som indesejado.

Outra definição de ruído especifica que é a sensação auditiva inarticulada geralmente desagradável. No ambiente, define-se como tudo que incomoda o ouvido (ARGÜELLO MÉNDEZ & CHÁVEZ AGUILAR, 2015, p. 7). Portanto, o ruído seria qualquer som irritante ou desagradável para o ouvido humano.

2.2 RUÍDO OCUPACIONAL

É importante indicar que o ruído ao qual o ser humano pode ser exposto pode ser considerado dentro da poluição sonora e aquele gerado no ambiente de trabalho denominado ruído ocupacional ou ruído do trabalho.

Segundo AMADO PÉREZ & PAJA VILCA (2019), que diferenciam poluição sonora de ruído industrial, especifica-se que a primeira corresponde à presença de níveis de ruído no ambiente que podem gerar risco de dano à saúde das pessoas expostas ao ruído esse ambiente enquanto ruído industrial é aquele gerado por máquinas ou ferramentas presentes no local de trabalho.

Dentro do ruído ocupacional, é importante considerar o nível de pressão sonora, que se refere à quantidade de energia que permite que o som seja transportado para que se propague e que por sua vez possibilite ouvir um som a uma distância maior ou menor, em um nível mais alto de pressão sonora, maior a probabilidade de danos à audição (DIGESA, s.f.).

2.3 TIPOS DE RUÍDO

A exposição ocupacional ao ruído é um dos riscos mais frequentes no local de trabalho, com cerca de 22,4 milhões de trabalhadores expostos a níveis de ruído potencialmente perigosos diariamente (NEITZEL, FLIGOR, & WHO, 2017). Sendo o tipo de ruído ao qual o trabalhador está exposto um dos fatores que influenciam o

dano auditivo (AMADO PÉREZ & PAJA VILCA, 2019), portanto, é importante conhecer os tipos de ruído:

2.3.1 Ruído contínuo

Também chamado de ruído constante, é o ruído gerado por máquinas que operam continuamente durante a jornada de trabalho (AMADO PÉREZ & PAJA VILCA, 2019). Enquanto segundo o Guia Técnico de Vigilância da Saúde do Trabalhador Exposto ao Ruído (DIGESA, s.f.) é mais específico quando se especifica que corresponde àquele nível de pressão sonora que não varie em mais de 5 dB durante o 8 horas de trabalho (como estipulado no Estado peruano).

2.3.2 Ruído intermitente

Também chamado de descontínuo ou não constante, é aquele ruído que apresenta quedas repentinhas e volta a atingir um nível elevado (AMADO PÉREZ & PAJA VILCA, 2019). Segundo a DIGESA (s.f.) o ruído descontínuo é definido como aquele cujo nível de pressão varia mais de 5 dB durante a jornada de trabalho de 8 horas.

2.3.3 Ruído de impacto

Também chamado de impulsivo, é aquele ruído em que o nível de pressão sonora aumenta acentuadamente e depois decai exponencialmente (AMADO PÉREZ & PAJA VILCA, 2019). Este tipo de ruído é considerado mais nocivo do que o ruído contínuo e intermitente, enquanto o ruído contínuo é mais nocivo do que o ruído descontínuo; no entanto, é importante mencionar que todos os três tipos de ruído podem estar presentes em um local de trabalho (DIGESA, s.f.).

2.4 EXPOSIÇÃO

Durante o desenvolvimento das tarefas realizadas que envolvem atividades laborais, todos os trabalhadores são expostos a diferentes situações típicas da sua atividade, ou seja, podem estar expostos a ruídos, contato com substâncias perigosas, trabalhos em altura, etc. Destes, dado o tema deste trabalho, focaremos na exposição ao ruído.

2.4.1 Exposição ocupacional ao ruído

Segundo o Guia Técnico de Vigilância em Saúde do Trabalhador Exposto ao Ruído (DIGESA, s.f., p. 2) trata-se da “Exposição do trabalhador ao ruído em seus locais de trabalho”.

Durante a jornada de trabalho, os sons são gerados e esses ruídos são de maior nível quando há maior mecanização na indústria, sendo as atividades com risco potencial de exposição ao ruído segundo a DIGESA (s.f., p. 7): “mineração, túnel construção, exploração de pedreiras, engenharia pesada, trabalho com máquinas que funcionam com motores de combustão potentes, uso de máquinas têxteis e verificação de jatos de aeronaves [...]. De acordo com a OSHA, o maior percentual de medições de ruído que ultrapassaram o limite de exposição permitido (PEL) foram registrados nas seguintes atividades: na agricultura, silvicultura, pesca e caça (com 78%), construção com 58%, mineração, pedreiras e petróleo e extração de gás (em 55%) (THEMANNA & MASTERSON, 2019).

A exposição ocupacional ao ruído pode acarretar a perda auditiva, que atualmente é considerada um importante problema de saúde com consequências econômicas, sendo a doença ocupacional mais relatada na Europa (ARVE, et al., 2016) e nos Estados Unidos (THEMANNA & MASTERSON, 2019).

Assim, a exposição ao ruído é considerada uma das principais causas de perda auditiva, sendo a exposição ocupacional ao ruído responsável por 16% das perdas auditivas incapacitantes em adultos em todo o mundo (THEMANNA & MASTERSON, 2019). No entanto, é importante notar que a perda auditiva induzida por ruído não causa diretamente a mortalidade prematura, mas leva a uma deficiência substancial (CHEN, SU, & CHEN, 2020).

2.5 FATORES QUE INFLUENCIAM LESÕES AUDITIVAS PRODUZIDAS POR RUÍDO

Os fatores que influenciam a audição são:

2.5.1 Intensidade do ruído

A intensidade do ruído que se torna nocivo de acordo com o especificado no Guia Técnico de Vigilância à Saúde do Trabalhador Exposto ao Ruído (DIGESA, s.f.) está entre 85 e 90 dBA e ruídos superiores a 90 dBA podem ser potencialmente prejudiciais ao ambiente. pessoa exposta. Considera-se que em um nível superior a 80 dB(A), medidas de controle devem ser tomadas, pois quanto maior o aumento, maior a probabilidade de dano auditivo (QUINTANA MARTINEZ, 2019).

2.5.2 Frequência de ruído

Os ruídos considerados potencialmente perigosos são os de alta frequência superiores a 1000 Hz e os sons potencialmente prejudiciais ao ouvido humano estão entre 3000 e 6000 Hz (DIGESA, s.f.), (QUINTANA MARTINEZ, 2019).

2.5.3 Tempo de exposição

O tempo de exposição refere-se ao tempo em que se está exposto ao ruído e durante o qual a energia sonora chega ao ouvido interno (DIGESA, s.f.). Segundo Quintana Martinez (2019), as lesões ocorrem durante os primeiros anos de exposição.

2.5.4 Suscetibilidade individual

Este fator ainda está sob investigação e especifica-se que algumas pessoas têm uma maior sensibilidade ao ruído (DIGESA, s.f.).

2.5.5 Idade

De acordo com estudos, foi determinado que a idade influencia a ocorrência de perda auditiva, a que se soma a presbiacusia que geralmente ocorre como parte da idade (DIGESA, s.f.), (QUINTANA MARTINEZ, 2019).

2.5.6 Doenças do ouvido médio

Se a pessoa já teve perda auditiva condutiva, é necessária uma pressão acústica mais alta, o que pode causar danos maiores (DIGESA, s.f.).

2.5.7 Natureza do Ruído

O tipo de ruído ao qual se está exposto afeta o ouvido em maior ou menor grau. Sendo o ruído de impacto o que gera maiores danos, é seguido pelo ruído contínuo e o ruído intermitente é o menos prejudicial dos três (DIGESA, s.f.). Da mesma forma, de acordo com Quintana Martínez (2019), outras características do ruído também são consideradas, como:

- Pureza: o mais perigoso é a banda larga.
- O timbre: Os ruídos harmônicos são os mais perigosos.
- Espontaneidade do ruído: O aparecimento abrupto e repentino do ruído favorece o dano auditivo.

2.5.8 Outros fatores

Outro fator considerado e que vem sendo investigado é a interação entre trabalhar em níveis moderados e altos de ruído e viver e trabalhar em condições de clima frio, o que pode aumentar a mortalidade por infecções miocárdicas, o que foi corroborado nos estudos de Pettersson et al. (2020). É importante indicar que este estudo foi realizado apenas em homens, portanto, o risco em mulheres ainda deve ser avaliado. Pettersson et al. (2020) determinaram que o maior risco relativo de infarto do miocárdio estava na região mais fria para aqueles com maior exposição ao ruído e não encontraram interação entre ruído, clima frio e doença cerebrovascular.

O sexo é um fator ainda considerado a ser investigado com maior profundidade, embora existam indícios preliminares de diferenças entre homens e mulheres, no entanto, ainda faltam mais pesquisas sobre o assunto (TEIXEIRA, et al., 2021), (QUINTANA MARTINEZ, 2019).

Além disso, estão sendo investigados outros fatores que, aliados à exposição ao ruído ocupacional, aumentam a probabilidade do risco de perda auditiva, como a presença de doenças como diabetes, genética, doenças cardiovasculares, a saúde do trabalhador, se consumir tabaco e álcool, estresse, níveis elevados de colesterol, condições de gravidez (provavelmente também afetando o feto); bem como outras condições de trabalho como trabalhar com máquinas vibratórias, turnos rotativos, etc. (THEMANNA & MASTERSON, 2019), (ERIKSSON, SÖDERBERG, NEITZEL,

TORÉN, & ANDERSSON, 2021), (ARVE, et al., 2016), (PRETZSCH, SEIDLER, & HEGEWALD, 2021).

2.6 EFEITOS NA SAÚDE DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO OCUPACIONAL

O ruído no trabalho pode causar perda auditiva que pode ser temporária ou permanente e, se for o caso, nem a cirurgia nem o aparelho auditivo podem ajudar a corrigir esse tipo de perda auditiva (UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR, s.f.).

É importante notar que a exposição de curto prazo a ruídos altos também pode causar uma mudança temporária na audição, como tapar os ouvidos ou ouvir zumbido nos ouvidos (zumbido) (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, s.f.). Além disso, de acordo com o HSE (s.f.) esses problemas de curto prazo podem desaparecer em poucos minutos ou horas após a não exposição ao ruído; no entanto, exposições repetidas a ruídos altos podem causar zumbido e/ou perda permanente da audição.

Os efeitos que a exposição ao ruído causa na saúde podem ser especificados por MARTÍNEZ MORA (2020, p. 11):

desde distúrbios fisiológicos, como perda auditiva progressiva, até distúrbios psicológicos produzidos, como insônia e dificuldade em adormecer, que causam irritação e fadiga quando expostos a altos níveis de ruído [...].

Além disso, como parte dos distúrbios psicológicos mencionados anteriormente, de acordo com a OSHA (s.f.), o ruído alto pode levar ao estresse físico e psicológico, reduzir a produtividade, interferir na capacidade de comunicação e concentração e contribuir para acidentes e lesões. local de trabalho, tornando os sinais de alerta difíceis de ouvir. Esses efeitos mencionados são considerados danos psicossociais que não apenas alteram o desenvolvimento normal no ambiente de trabalho, mas também afetam a vida diária dos trabalhadores, portanto, a Tabela 1 mostra a relação entre a intensidade do som e o incômodo da avaliação subjetiva quando expostos ao ruído.

Tabela 1 - Intensidade do ruído em dB e avaliação subjetiva de sua percepção pelo trabalhador

Nível de dB	Avaliação Subjetiva
30	Fraco
50-60	Moderado
70-80	Forte

90	Muito forte
120	Ensurdedor
130	Limiar da sensação de dor

Fonte: DIGESA (s.f.)

De acordo com o Guia Técnico de Vigilância em Saúde do Trabalhador Exposto ao Ruído (DIGESA, s.f.), classifica o dano auditivo como produto da exposição ao ruído da seguinte forma (por ordem de importância):

- a) Mascaramento auditivo.
- b) Fadiga auditiva: é a diminuição temporária da capacidade auditiva, neste tipo de lesão ainda não há lesão real e a capacidade auditiva é recuperada com repouso sonoro.
- c) Hipoacusia permanente: Para que ocorra este tipo de dano, a exposição se dá a um alto nível de ruído, seja em intensidade sonora e tempo, ou a fadiga prolongada que não permite a recuperação. A Tabela 2 mostra o grau de perda auditiva e seus efeitos no nível de comunicação.

Tabela 2 - Níveis de perda auditiva e seus efeitos na comunicação.

Grau de perda auditiva	Limiar auditivo	Déficit de audição
Audição Normal	0 – 25 dB	Nenhém
Perda Leve	25-40 dB	Dificuldade em falar baixinho ou à distância
Perda Moderada	40-55 dB	Conversação possível a 1 ou 1,5 m de distância
Pérdida Marcada	55-70 dB	Conversación con un tono de voz fuerte
Perda Grave	70-90 dB	Tom de voz forte e distância de 30 cm
Perda profunda	>90 dB	Ouve sons muito altos, mas não pode usar sons como meio de comunicação

Fonte: DIGESA (s.f.)

Um efeito à saúde causado pela exposição ao ruído que ocorre comumente em países industrializados é a perda auditiva induzida por ruído ou conhecida como perda auditiva induzida por ruído ou NIHL em inglês (BOLM-AUDORFF, et al., 2020). Além

dos efeitos nos ouvidos segundo o Guia Técnico de Vigilância em Saúde do Trabalhador Exposto ao Ruído (DIGESA, s.f.), existem outros sistemas do corpo humano que podem ser afetados pela exposição ao ruído e são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Efeitos do ruído nos sistemas do corpo humano

Sistema afetado	Efeitos de ruído
Sistema nervoso central	Hiperreflexia e alterações no EEG
Sistema nervoso autónomo	Dilatação pupilar
Sistema cardiovascular	Distúrbios da frequência cardíaca e pressão arterial elevada (aguda)
Aparelho digestivo	Alterações de secreção gastrintestinal
Sistema Endocrino	Aumento do cortisol e outros efeitos Hormonal
Aparelho respiratório	Distúrbios de ritmo
Aparelho reprodutor- Gestação	Distúrbios menstruais, baixo peso ao nascer, prematuridade, riscos auditivos fetais
Órgão da Visão	Estreitamento do campo visual e problemas de acomodação
Aparelho Vestibular	Vertigem e nistagmo

Fonte: DIGESA (s.f.)

Essa atuação do ruído como agente estressor não biologicamente específico, uma vez que pode afetar diversos sistemas fisiológicos humanos, tem sido investigada; no entanto, ainda é difícil especificar algumas conclusões, pois existem outros fatores que influenciam, como idade, saúde da pessoa, condição socioeconômica, consumo de tabaco e álcool, estresse e outras condições ambientais às quais a pessoa está exposta (THEMANNA & MASTERSON, 2019). Além disso, a OMS (s.f.) sugere que a probabilidade de perda auditiva quando exposta ao ruído pode ser aumentada em pessoas que possuem certas predisposições como genética, doenças crônicas como diabetes e exposição à fumaça do tabaco; no entanto, ainda faltam estudos para

determinar em quais casos ela é mais propensa, por isso a prevenção é importante. Isso é corroborado nas informações apresentadas por ARVE et al. (2016) onde relatam estudos onde analisaram se tabagismo, doença coronariana, diabetes, hipertensão e outros fatores de risco para doenças cardíacas, como níveis elevados de colesterol, parecem contribuir para uma maior probabilidade de danos auditivos quando expostos a ruído. No entanto, eles apontam que ainda são necessárias mais pesquisas sobre o assunto.

Assim, estudos epidemiológicos recentes mostraram outros efeitos, como BOLM-AUDORFF et al. (2020) determinaram que há evidências claras de uma relação dose-resposta entre a exposição ocupacional ao ruído e o risco de hipertensão. Da mesma forma, determinaram que trabalhadores expostos a ruído de pelo menos 80 dB(A) têm risco de sofrer hipertensão e aqueles que estão expostos acima de 85 dB(A) apresentam risco três vezes maior. Além disso, explicaram esse comportamento, pois, de acordo com estudos revisados, há um aumento na excreção de hormônios como adrenalina e noradrenalina que aumentam a pressão arterial em trabalhadores expostos ao ruído (BABISH, 2003, MASCHKE et al., 2000 APUD BOLM-AUDORFF et al., 2020).

Da mesma forma, de acordo com THEMANNA & MASTERSON (2019) eles apontam que o ruído está associado à saúde cardiovascular e pode influenciá-la, mas ainda está sendo debatido se existe uma relação causal entre ruído e condições cardiovasculares. No entanto, DZHAMBOV & DONKA (2016) investigaram diferentes estudos de exposição ocupacional ao ruído e descobriram que havia evidências sugerindo um aumento do risco de doença cardíaca isquêmica entre trabalhadores expostos a ruído com classificação $> 75-80$ dB por <20 anos, bem como de acordo com sua análises de sensibilidade sugeriram que em exposições mais altas e em alguns subgrupos vulneráveis, como as mulheres, apresentam maior risco de mortalidade por cardiopatia isquêmica. No entanto, TEXEIRA et al. (2021), ao avaliar diversos estudos, determinaram que a incidência e a mortalidade da cardiopatia isquêmica não puderam ser ratificadas devido à limitada evidência de nocividade nos estudos revisados, por isso sugeriram que outros estudos fossem realizados com maior profundidade.

Além disso, ERIKSSON et al. (2021) sabendo que o trabalho em turnos altera o ritmo diário, o sono e a vida social e que por sua vez pode aumentar o risco de doenças coronarianas como infarto do miocárdio, decidiram avaliar se há risco de mortalidade por doenças cardiovasculares por exposição ruído ocupacional e trabalho em turnos simultaneamente especificamente em mulheres que trabalham em empresas industrializadas. Eles determinaram que há uma maior mortalidade por infarto do miocárdio entre as mulheres que trabalham na produção de fábricas de papel, que foram expostas ao ruído e ao trabalho por turnos, em comparação com as mulheres da população geral. Isso foi observado especialmente para os participantes do estudo que morreram antes dos 66 anos e que foram expostos a níveis de ruído de 90 dB(A) ou mais durante todo o turno. Não houve aumento significativo na mortalidade por doenças cerebrovasculares. Portanto, é importante reduzir a exposição ao ruído e otimizar os horários de turnos.

Há também outros estudos que sugerem que a vibração e a doença do dedo branco induzida por vibração ou o dedo branco induzido por vibração juntos tornam-se fatores de risco para uma pessoa provavelmente sofrer de perda auditiva quando exposta a ruídos devido a problemas de circulação típicos da doença (ARVE, et al., 2016).

Da mesma forma, pesquisas foram realizadas sobre a exposição ao ruído durante a gravidez, uma vez que se presume que possa estar associada a resultados adversos, como aumento do baixo peso ao nascer e partos prematuros, de acordo com a Academia Acadêmica de Pediatria. Assim, RISTOVSKA et al. (2014 APUD THEMANNA & MASTERSON, 2019) revisaron 14 estudios epidemiológicos de exposición ocupacional al ruido y sus resultados reproductivos encontrando una probable evidencia de una asociación entre la alta exposición materna al ruido ocupacional durante el embarazo y el baja peso de nacimiento de seus filhos. No entanto, ressaltam que ainda é importante avaliar outros fatores ocupacionais como o tipo de trabalho que realizam (em pé, levantar objetos, etc.) e fatores não ocupacionais como idade da mãe, tabagismo, paridade etc. Além disso, um estudo de base populacional na Suécia encontrou um risco aumentado de perda auditiva em crianças cujas mães foram expostas a níveis de ruído acima de 85 dBA durante a gravidez.

É importante mencionar que PRETZSCH et al. (2021) que realizaram uma revisão de artigos onde foram investigados os efeitos do ruído ocupacional na saúde nos últimos

5 anos (a partir de 2016). Eles foram capazes de encontrar evidências convincentes de uma associação entre exposição ocupacional ao ruído > 80 dB(A) e hipertensão e uma relação dose-resposta entre exposição ao ruído e risco de hipertensão. Da mesma forma, indicam que, de acordo com uma revisão de doenças cardiovasculares realizada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), encontraram um risco aumentado de doença isquêmica do coração com exposições ao ruído ≥ 85 dB(A). Além disso, afirmam que de acordo com estudos recentes quando a pessoa sofre de diabetes, neuroma acústico e em casos de gravidez se há uma relação de maior probabilidade de perda acústica quando exposta ao ruído, então as informações expostas anteriormente seriam corroboradas.

É importante especificar que PRETZSCH et al. (2021) também indicam que os neuromas acústicos, que são tumores intracranianos benignos que se desenvolvem nas células nervosas e se originam na orelha interna e atingem o cérebro, podem ser afetados pela exposição ao ruído. Isso porque se presumia que o trauma acústico poderia promover a proliferação celular e favorecer o crescimento tumoral induzido inicialmente pela exposição a carcinógenos como a radiação, e de acordo com estudos recentes revisados, foi encontrado alto grau de heterogeneidade entre eles com resultados inconclusivos. Portanto, determinaram que as análises gerais (uma vez expostas ao ruído) dos artigos revisados não mostraram um aumento estatisticamente significativo do risco; no entanto, algumas sub análises mostraram maiores riscos para exposição ocupacional ao ruído ≥ 5 anos e para exposição contínua ao ruído ocupacional.

Em conclusão, os efeitos causados pela exposição ao ruído ocupacional são:

- Perda auditiva induzida que pode ser temporária ou permanente.
- Efeitos nos outros sistemas fisiológicos como acometimento de doenças coronarianas, do aparelho reprodutor e em casos de gravidez, entre outros.
- Da mesma forma, foi determinado que provavelmente existe uma sinergia entre ruído e outros fatores de risco como diabetes, exposição ao tabaco, doença coronariana ou outras doenças, idade, sexo, entre outros¹, que quando

¹ Consequências que merecem uma abordagem especial em pesquisas aparte.

expostos ao ruído geram maior probabilidade de perda de audição. No entanto, ainda é difícil estabelecer critérios conclusivos para essas relações, pois não há apenas fatores ocupacionais envolvidos, mas também condições ambientais externas que impedem a homogeneidade entre os diversos estudos realizados.

2.7 CONTROLE DE RUÍDO OCUPACIONAL

A perda auditiva induzida por ruído é uma doença irreversível que não possui um tratamento realmente eficaz, portanto, tomar medidas preventivas é a melhor opção para limitar a deterioração auditiva (CHEN, SU, & CHEN, 2020).

Para prevenir, foram estabelecidas medidas de controle que de acordo com NIOSH (2015) estabeleceram hierarquias de controle que são (por ordem daquelas consideradas mais eficazes e prioridade a ser aplicada às menos eficazes):

- 1) Eliminação
- 2) Substituição
- 3) Engenharia de Controle
- 4) controles administrativos
- 5) Uso de equipamentos de proteção individual

2.7.1 Eliminação ou substituição

Como primeira opção de controle de ruído, deve-se considerar a eliminação da fonte de ruído e, quando isso não for possível, considera-se o seguinte, que é a substituição do equipamento que causa ruído por um menos ruidoso (NIOSH, 2015).

2.7.2 Controles de Engenharia

Na medida do possível, controles de engenharia, controles administrativos e práticas de trabalho serão usados para garantir que os trabalhadores não sejam expostos a ruído igual ou superior a 85 dBA como TWA de 8 horas. Os controles de engenharia exigem mudanças físicas no local de trabalho, como reprojetar equipamentos para eliminar fontes de ruído e construir barreiras para evitar que o ruído atinja o trabalhador (NIOSH, 2015).

Alguns exemplos de controles de engenharia propostos para reduzir o ruído em uma empresa propostos por CARRILLO MIÑANO (2018) são:

- A implementação de barreiras de absorção de ruído entre a fonte de ruído e o receptor (blindagem). Um exemplo disso é a construção de uma divisória entre a máquina e o trabalhador com materiais absorventes.
- Aumento da distância máxima entre a fonte de ruído e o trabalhador.

2.7.3 Controles administrativos

Isso é usado se os controles indicados anteriormente não puderem ser aplicados, sendo os controles administrativos possíveis: programação que minimize a exposição, proporcionando áreas tranquilas e convenientes para almoço e descanso (NIOSH, 2015). A aplicação de controles administrativos e de engenharia seria atualmente a melhor opção para a eliminação ou minimização de ruídos abaixo de 80 dB(A), pois é um valor ponderado em relação ao ouvido humano (CHEN, SU, & CHEN, 2020).

Entre as medidas de controle administrativo aplicadas para controlar o ruído estão os seguintes casos:

- Em uma empresa de impressão 3D onde o nível de ruído não é modificado, uma forma de controle administrativo é reduzir o tempo de exposição dos trabalhadores por meio da implementação da rotação de tarefas (CARRILLO MIÑANO, 2018).
- Estabelecimento de programas de manutenção para máquinas.
- Programas para permitir a detecção precoce de danos auditivos permanentes por meio de exames audiométricos de rotina e programas de treinamento para educar os trabalhadores sobre saúde auditiva (CHEN, SU, & CHEN, 2020).

2.7.4 Uso de equipamentos de proteção individual

Quando todas as opções para eliminar ou reduzir o ruído na fonte forem esgotadas, dispositivos de proteção auditiva, como tampões para os ouvidos ou protetores auriculares, devem ser disponibilizados aos trabalhadores, gratuitamente, para atenuar o ruído o suficiente para que sua exposição no “mundo real” seja menos de 85 dBA como um TWA de 8 horas (NIOSH, 2015).

Para a seleção dos protetores auditivos adequados, devem ser consideradas as características do trabalho, bem como a máquina ou ferramenta utilizada (PERALTA CHANTA, 2021), um programa de treinamento para os trabalhadores sobre o uso adequado, procedimentos de limpeza, conservação e sinalização de deterioração para a troca de protetores auditivos (CARRILLO MIÑANO, 2018). Assim, se falarmos da indústria da madeira cujo nível de ruído de acordo com o Instituto Nacional de Segurança e Higiene no Trabalho (Real Decreto 286/2006 sobre exposição ocupacional ao ruído) da máquina de corte, é gerado um nível de pressão sonora de 90 dB (A) (PERALTA CHANTA, 2021). Portanto, Peralta Chanta (2021) em sua proposta de redução dos riscos devido à exposição ao ruído em uma empresa de melamina propõe a tampa reutilizável com cordão.

Da mesma forma, de acordo com a norma UNE-EN-458:2004, é importante que o protetor auditivo atenue adequadamente o ruído, para que a norma estabeleça procedimentos para o cálculo do nível de ruído percebido pelo trabalhador (geralmente um valor entre 65 e 80 dB (A) (CARRILLO MIÑANO, 2018). Portanto, a Norma UNE-EN.458: 2004 estabelece três critérios que os fabricantes de protetores auditivos devem fornecer para conhecer o nível de atenuação (CARRILLO MIÑANO, 2018, p. 29):

- Atenuação de banda de oitava
- Atenuação nas frequências baixa (L), média (M) e alta (H)
- Índice SNR

De acordo com CHEN et al. (2020) a implantação de controles de engenharia e administrativos costumam ser medidas eficazes para reduzir o ruído ocupacional; no entanto, a erradicação da perda auditiva induzida por ruído ocupacional é um desafio de longo prazo nos níveis de políticas individuais, organizacionais e populacionais, para o qual são necessárias avaliações baseadas em evidências (monitoramento) que possam permitir a elaboração de políticas com implementação de prevenção e programas de controle para perda auditiva induzida por ruído ocupacional.

Por isso, as medidas de controle a serem estabelecidas serão específicas para cada setor e para cada trabalho. Por exemplo, de acordo com estudos sobre o efeito potencial da exposição ao ruído nos sistemas reprodutivos, é problemático do ponto

de vista da prevenção (THEMANNA & MASTERSOON, 2019). Isso ocorre porque os efeitos do ruído na mãe podem ser reduzidos pelo uso eficaz e consistente de proteção auditiva, mas os efeitos adversos no bebê podem ser mediados pela exposição direta no útero a ruídos e vibrações de baixa frequência. Assim, THEMANNA & MASTERSOON (2019) propõem que a redução dos efeitos potenciais no bebê só poderia ser alcançada reduzindo a exposição fetal por meio de controles administrativos ou de engenharia.

Da mesma forma, DZHAMBOV & DIMITROVA (2017) apontam que, além de estabelecer estratégias para reduzir acidentes e lesões, programas de mitigação de ruído e conservação auditiva podem precisar ser considerados, uma vez que a proteção auditiva pode, na verdade, diminuir a inteligibilidade da fala. Para isso propõem a utilização de dispositivos que permitam a comunicação sem fio entre os trabalhadores ou o uso de sinais visuais de alerta no ambiente de trabalho.

Embora tenha sido avaliada se as medidas de controle implementadas foram efetivas na eliminação ou redução da perda auditiva induzida por ruído ocupacional; no entanto, PRETZSCH et al. (2021) revisaram vários estudos e concluíram que ainda são necessárias mais pesquisas para obter resultados conclusivos das medidas de controle aplicadas. PRETZSCH et al. (2021) afirmaram que instruções sobre o uso correto de EPI podem levar a uma maior proteção contra ruído (evidência de qualidade moderada); no entanto, em um estudo comparando protetores de ouvido e tampões de ouvido como dois EPI possíveis, havia evidências de qualidade muito baixa de que os protetores de ouvido têm um efeito melhor do que os tampões de ouvido em ruído de alto nível, mas um efeito pior em ruído de baixo nível.

Adicionalmente, nos últimos anos foram publicados vários artigos onde se avaliou o papel do stress oxidativo nos mecanismos patogênicos do stress induzido pelo ruído e verificou-se que a administração de antioxidantes exógenos pode reduzir o stress induzido pelo ruído e pode ser utilizada para fins profiláticos. e intervenções terapêuticas (PRETZSCH, SEIDLER, & HEGEWALD, 2021). Isso se baseia em um modelo animal em que a administração oral de vitaminas e minerais antioxidantes ajudou a prevenir danos; no entanto, mais pesquisas ainda são necessárias (PRETZSCH, SEIDLER, & HEGEWALD, 2021). Assim, a terapia farmacêutica provavelmente tem um papel futuro na prevenção da perda auditiva e baseia-se no

estudo e compreensão dos processos metabólicos que envolvem a perda auditiva induzida pelo ruído ocupacional a fim de inibir os danos (reduzindo a formação de espécies reativas de oxigênio ou inibição da apoptose) ou melhorar as defesas celulares (ativando genes sobrevidentes ou aumentando neurotrofinas protetoras) que têm sido benéficas para alguns modelos animais (THEMANNA & MASTERTON, 2019).

2.8 NORMATIVA

2.8.1 Normas Peruanas

2.8.1.1 Resolução Ministerial Nº 375-2008-TR

Com relação às normas peruanas, existe a Resolução Ministerial nº 375-2008-TR, aprovada em 28 de novembro de 2008 e é a "Norma Básica de Procedimento de Avaliação de Riscos Ergonômicos e Disergonômicos" onde especificam no "Título VII Condições ambientais de trabalho" no item 23 o tempo de exposição ao ruído ocupacional (MINISTERIO DE TRABAJO, 2008) que é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Tempo de exposição ao ruído de acordo com os níveis de ruído dB (A)

Duración (h)	Nivel de ruido dB(A)
24	80
16	82
12	83
8	85
4	88
2	91
1	94

Fonte: Ministerio de Trabajo (2008).

Da mesma forma, a subseção 24 especifica o cálculo da dose de ruído (MINISTERIO DE TRABAJO, 2008, p. 17):

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

$$T_n = \frac{8}{2^{(L-85)/3}}$$

Onde:

Cn = Número de horas de exposição ao nível equivalente i

Tn = N° de horas permitidas no nível equivalente i (L-85)/3

Tn = N° de horas permitidas no nível equivalente i

L = Nível de ruído equivalente

Dose de Ruído: Será avaliado se a dose ultrapassar 100% para o turno diário. Se este for o caso, será dito que a exposição ultrapassou o limite permitido. Por exemplo: doses de 90%, 87%, 88,5% indicam que a exposição não ultrapassa o limite máximo permitido; doses de 105%, 110%, 108,5% indicam que o limite máximo permitido foi excedido

No parágrafo 25 eles especificam que (MINISTERIO DE TRABAJO, 2008, p. 18):

Nos locais de trabalho, onde são realizadas atividades que exigem atenção constante e alta demanda intelectual, como: centros de controle, laboratórios, escritórios, salas de reunião, análise de projetos, entre outros, o ruído equivalente deve ser inferior a 65 dB.

2.8.1.2 Norma Técnica Peruana NTP-ISO 9612-2010

Este NTP refere-se a “ACÚSTICA. Determinação da exposição ao ruído ocupacional. Método de Engenharia” (CULTURA QHSE, 2022). É importante indicar que os NTP não são obrigatórios, mas este NTP é atualmente o mais utilizado por consultores no Peru (CULTURA QHSE, 2022).

Este NTP apresenta 3 metodologias de engenharia para determinar o nível de pressão sonora e incerteza, geralmente seleciona-se qual dessas metodologias é a mais adequada para a empresa ou atividade que está sendo avaliada. As metodologias consideradas no NTP são (CULTURA QHSE, 2022):

- Medição Baseada em Tarefas
- Medição baseada no trabalho
- Medição de dia inteiro

Os padrões que são frequentemente usados para complementar o NTP-ISO 9612-2010 são (CULTURA QHSE, 2022):

- GUIA ISO/IEC 98-3: Estabelece o procedimento para calcular a incerteza.
- IEC 60942:2003: Estabelece como determinar as características técnicas dos calibradores acústicos.
- IEC 61252: Estabelece as especificações técnicas dos dosímetros acústicos individuais.
- IEC 61672-1:2002: Estabelece as especificações técnicas dos sonômetros, medidores de nível sonoro.

Para a empresa que fabrica produtos com melamina, normalmente se aplica o estabelecido na Resolução Ministerial Nº 375-2008-TR, que indica que um nível máximo de exposição de 85 dB corresponde a 8 horas. Para outras indústrias, como mineração, regulamentos específicos de saúde e segurança ocupacional em mineração foram estabelecidos por meio de D.S. Nº 023-2017-EM e D.S. Nº 055-2010-EM.

2.8.2 NORMAS BRASILERAS

2.8.2.1 NR 17 – Ergonomia

Essa norma brasileira tem por finalidade estabelecer parâmetros para a adequação das condições de trabalho adequadas às características psicofisiológicas dos trabalhadores para garantir seu desenvolvimento eficiente, conforto e segurança (NR, 2007).

Na seção “17.5. Condições ambientais de trabalho” estabelece os seguintes critérios em relação à exposição ao ruído ocupacional (NR, 2007):

Nos locais de trabalho onde são realizadas atividades que exigem esforço intelectual e atenção constante, como salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, entre outras, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

a) Níveis de ruído de acordo com o disposto na NBR 10152, Norma Brasileira registrada no INMETRO;

- b) Índice de temperatura efetiva entre 20 e 23 °C;
- c) Velocidade do ar não superior a 0,75 m/s;
- d) Umidade relativa do ar não inferior a 40%.

Para atividades que possuam as características definidas no subponto 17.5.2, mas não sejam equivalentes ou correlacionadas com as listadas na NBR 10152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto deve ser de até 65 dB(A) e o valor do critério da curva de ruído não deve ser superior a 60 dB.

2.8.2.2 NR15 – Atividades e operações insalubres

Neste regulamento estão sendo estabelecidos os limites de tolerância especificados no Anexo 1 e Anexo 2 da NR15 (NR, s.f.).

- Anexo 1: Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

A Tabela 5 mostra os níveis de decibéis e a exposição máxima permitida diariamente (NR, s.f.):

Tabela 5 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

Nível de ruido [dB (A)]	Duração (h)	Nível de ruido [dB (A)]	Duração (h)
85	8 h	98	1 h 15 min
86	7 h	100	1 h
87	6 h	102	45 min
88	5 h	104	35 min
89	4 h 30 min	105	30 min
90	4 h	106	25 min
91	3 h 30 min	108	20 min
92	3 h	110	15 min
93	2 h 40 min	112	10 min
94	2 h 15 min	114	8 min

95	2 h	115	7 min
96	1 h 45 min	-	-

Fonte: NR15 (s.f.).

- Anexo 2: Limites de tolerância para ruído de impacto

O Anexo 2 da NR15 especifica que ruído de impacto é o pico de pressão acústica que é gerado com duração inferior a um segundo em intervalos superiores a um segundo e estabelece os seguintes critérios (NR, s.f.).

- O limite de tolerância para ruído de impacto é de 130 dB. Esses intervalos de ruído lidos entre os picos serão avaliados como ruído contínuo.
- Se o nível de pressão sonora não puder ser medido com resposta impulsiva, a leitura feita em resposta rápida e ponderada pode ser validada, sendo o limite de tolerância de 120 dB(C).
- Considera-se que em níveis superiores a 140 dB ou 130 dB(C) e se o trabalhador não utilizar ou não possuir equipamento de proteção individual adequado, considera-se exposto a perigo iminente e potencial.

2.8.2.3 NHO 01 Avaliação da exposição ocupacional ao ruído

Tabela 6 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

Dose diária	NEN dB (A)	Consideração técnica	Atuação recomendada
			No mínimo
0-50	Até 82	Aceitável	manutenção da condição existente
50 – 80	82 – 84	Acima do nível ação	Adoção de medidas preventivas
80 – 100	84 – 85	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da dose diária

Acima de 100	> 85	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas
--------------	------	------------------------------	---------------------------------------

Fonte: (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (2001))

2.8.3 Padrões Internacionais

2.8.3.1 OSHA

De acordo com a OSHA, os padrões de Saúde e Segurança Ocupacional foram estabelecidos para dois casos de exposição ao ruído ocupacional:

- 29 CFR 1910.95: Para a indústria em geral
- 29 CFR 1926.52: Para construção

Para ambos os casos, o PEL (Permissible Exposure Limits) é estabelecido. O PEL dado pela OSHA é baseado no fato de que quando a duração da exposição ao ruído é reduzida pela metade, a exposição ao ruído permitido aumenta em 5 dB, valores mostrados na Fig. Tabela 7.

A exposição ao ruído impulsivo ou de impacto não deve ser superior a 140 dB e acima de 115 dB, um funcionário não pode ser exposto sem proteção auditiva (OSHA, 2008), (OSHA, 2001).

Tabela 7 - Limites de exposição permitidos de acordo com os níveis de ruído (dB)

PEL (dB)	Duración (h)
90	8 h
95	4 h
100	2 h
105	1 h
110	30 min
115	15 min

Fonte: NR15 (s.f.)

2.8.3.2 NIOSH y ACGIH

O Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (NIOSH) estabeleceu os Limites de Exposição Recomendados (REL) e a Conferência Americana de

Higienistas Industriais Governamentais (ACGIH) os Valores Limite de Limite (TLV). Ambos os padrões são mais rigorosos que os PELs da OSHA. O REL e o TLV são baseados em uma exposição permitida de 85 dB em um período de 8 horas com uma taxa de câmbio de 3 dB, que são mostradas na Tabela 7 (JE SPEAR CONSULTING, LP, 2022).

Tabela 8 - Limites de Exposição Permitidos de acordo com os níveis de ruído (dB)

REL y TLV (dB)	Duración (h)
82	16 h
85	8 h
88	4 h
91	2 h
94	1 h
97	30 min
100	15 min

Fonte: JE Spear Consulting, LP (2022).

2.8.3.3 ANSI

O American National Standards Institute (ANSI) fornece acesso a normas para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores, dentre as normas relacionadas à exposição ao ruído ocupacional estão:

- ANSI/ASA S3.44-2016/Parte 1/ISO 1999-2013 (MOD) (R2020) Acústica - Estimativa de perda auditiva induzida por ruído - Parte 1: Método para calcular a mudança de limiar permanente induzida por ruído esperada (uma norma internacional modificada norma adoptada a nível nacional)

Esta versão modificada fornece um método para calcular a mudança de limiar permanente induzida por ruído esperada nos níveis de limiar auditivo de populações adultas devido a vários níveis e durações de exposição ao ruído. Ele fornece a base para o cálculo da deficiência auditiva de acordo com várias fórmulas quando os níveis de limiar auditivo em frequências audiométricas comumente medidas, ou combinações de tais frequências, excedem um determinado valor. Esta norma

modificada permite que LEX, 8h seja substituído por um nível efetivo equivalente (EEL), com uma taxa de câmbio diferente (ANSI, 2020).

- AS/NZS 1269.4:2014 - Gerenciamento de ruído ocupacional - Avaliação auditiva

Esta norma especifica os procedimentos e requisitos para audiometria tonal aérea (não mascarada) que são aplicáveis a indivíduos cuja sensibilidade auditiva pode ser adversamente afetada pela exposição a ruído ocupacional e/ou agentes ototóxicos (ANSI, 2014).

- CSA Z107.56 2018 - Medição de Exposição ao Ruído (Padrão Nacional do Canadá)

Esta norma estabelece critérios sobre controle de ruído no ambiente de trabalho, controle de vibração e audiolgia ocupacional. Esta norma descreve metodologias para determinar o nível de exposição ao ruído ocupacional dos trabalhadores (Lex,T) usando técnicas de amostragem. Lex,T representa a exposição ao ruído de longo prazo dos trabalhadores e é calculado a partir de medições de Leq,T no local de trabalho (ANSI, 2018).

2.8.4 Real Decreto RD 286/2006 para a proteção da saúde e segurança dos trabalhadores contra riscos relacionados à exposição ao ruído ocupacional

Este decreto real estabelece as disposições mínimas para os trabalhadores expostos ao ruído. Deles, no artigo 5º, foram estabelecidos os valores-limite de exposição e os valores de exposição que dão origem a uma ação.

Os níveis de exposição diária e os níveis de pico são (MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, 2006, p. 5):

- a) Valores limite de exposição: LAeq,d = 87 dB(A) e Lpico = 140 dB (C), respectivamente.
- b) Valores de exposição mais altos que dão origem a uma ação: LAeq,d = 85 dB(A) e Lpico = 137 dB(C), respectivamente.
- c) Valores de exposição mais baixos que dão origem a uma ação: LAeq,d = 80 dB(A) e Lpico = 135 dB(C), respectivamente.

Indicam também que (MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, 2006, pp. 5-6):

Em situações devidamente justificadas, e desde que explicitamente indicado na avaliação de risco, para atividades em que a exposição diária ao ruído varie consideravelmente de um dia de trabalho para outro, para efeitos de aplicação dos valores-limite e dos valores de exposição que desencadeiam uma ação, o nível de exposição semanal ao ruído pode ser utilizado em vez do nível de exposição diária ao ruído para avaliar os níveis de ruído a que os trabalhadores estão expostos, desde que:

- a) o nível de exposição semanal ao ruído, obtido por meio de monitoramento adequado, não é superior ao valor limite de exposição de 87 dB(A), e
- b) São tomadas as medidas apropriadas para minimizar o risco associado a tais atividades.

O artigo 8º estabelece a limitação de exposição (MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA, 2006):

1. Em nenhum caso a exposição do trabalhador, determinada de acordo com o artigo 5.2, poderá exceder os valores-limite de exposição.
2. Se, apesar das medidas adotadas para aplicar este Decreto Real, forem verificadas exposições acima dos valores limite de exposição, o empregador deve:
 - a) tomar medidas imediatas para reduzir a exposição abaixo dos valores-limite de exposição.
 - b) determinar os motivos da superexposição, [...] (p. 7)

A Tabela 9 mostra os níveis de exposição de acordo com as nações das Américas e o pico máximo permitido (ARENAS & SUTER, 2014), que são observados na maioria delas, o valor do PEL é o mesmo exceto para Canadá, México e Estados Unidos. que têm um valor mais alto e o nível máximo de pico também é semelhante entre os diferentes países.

Tabela 9 - Limites de exposição permitidos de acordo com os níveis de ruído (dB)

País	Código de la norma	PEL a 8 h, dB(A)	Nivel de pico máximo
Argentina	R 295	85	140 dB(C)
Bolivia	NB510001	85	-
Brasil	NR 15	85	130 dB 0 120 dB(C)
Canadá	SOR/86-304	87	140 dB
Chile	D 594	85	140 dB(C)
Colombia	R 1792	85	140 dB
Costa Rica	INTE 31-09-16-00	85	-
Cuba	NV871:2011	85	135 dB
Ecuador	D 2393	85	140 dB(A)
Honduras	STSS-053-04	85	140 dB

México	NOM-011-STPS	90	-
Nicaragua	Law 618	-	140 dB(C)
Perú	D 046-2001-EM	85	140 dB
EEUU	OSHA	90	140 dB
Venezuela	COVENIN 1565	85	140 dB(C)

Fonte: Adaptado de Arenas y Suter (2014)

A Tabela 10 mostra um resumo das três normas (OSHA E NIOSH) com seus níveis de regulamentação e recomendações (PRETZSCH, SEIDLER, & HEGEWALD, 2021):

Tabela 10 - Níveis de regulação de exposição ao ruído e recomendações padrão

Região - entidade	Níveis de regulação	Recomendações
EEUU - OSHA	PEL: 90 dB(A) por 8 h câmbio de 5 dB SPL de pico: 140dB(C)	Programa de conservação auditiva com ruído ≥85 dB(A): Avaliação audiométrica anual Treinamento de funcionários sobre riscos Os funcionários devem usar EPP
EEUU - NIOSH	REL: 85 dB(A) por 8 h calculado com uma taxa de câmbio de 3 dB SPL de pico: 140dB(A)	Programa de conservação auditiva com ruído ≥85 dB(A): Avaliação da Exposição ao Ruído monitoramento audiométrico Controles de engenharia e organização Treinamento
União Europeia - OSHA	Diretiva 2003/10/CE: a) Limite de exposição: LEX,8h= 87 dB(A) e Ppico = 200 Pa. b) Valores de exposição superiores que dão origem a uma ação: LEX,8h = 85 dB(A) e Ppico=140 Pa.	Conservação auditiva no nível de ação inferior: Monitoramento auditivo anual EPI disponível Conservação auditiva adicional no nível de ação mais alto Reduza ativamente os níveis de ruído por meio de controles de engenharia ou

-
- c) Valores de exposição práticas organizacionais (tempos de mais baixos que dão origem exposição reduzidos)
a uma ação: LEX,8h = 80
dB(A) e Ppico=112 Pa.
-

Fonte: Adaptado de Pretzsch et al. (2021)

2.9 MELAMINA

De acordo com o RAE, a melamina é um composto cristalino que é usado para fazer resinas sintéticas (RAE, 2022). É um polímero sintético com a fórmula C₃H₆N₆ (2,4,6-triamino-1,3,5-triazina) que, quando combinado com formaldeído, obtém-se uma resina melamínica, muito durável, resistente ao fogo e ao calor, que o torna muito versátil para diversos usos, como na fabricação de aglomerado (KAI-CHING HAU, KWAN, & KAM-TAO LI, 2009). A toxicidade da melamina pode ser classificada como aguda ou crônica e causa nefrolítase, inflamação crônica dos rins e carcinoma da bexiga (KAI-CHING HAU, KWAN, & KAM-TAO LI, 2009).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida em uma empresa fabricante de móveis melamínicos com um total de 16 trabalhadores distribuídos em diferentes áreas, para a seleção da amostra foi considerada apenas a área de corte com um total de 4 trabalhadores, foi realizada a determinação da exposição Ruído ocupacional em um único trabalhador por ser considerado um grupo homogêneo de exposição ao ruído, por envolver pessoas que exercem a mesma função, denominados habilitadores materiais; Da mesma forma, cumprem a mesma função de cortar e afiar a melamina e a mesma área de trabalho; portanto, conclui-se que estão expostos a níveis semelhantes de ruído durante a jornada de trabalho, conforme descrito pelo método utilizado (CULTURA QHSE, 2022), também denominado nos EUA como grupo com exposição semelhante ao ruído.

A metodologia aplicada para esta pesquisa está descrita na NTP ISO 9612 2010 Determinação de exposição ao ruído ocupacional. Método de Engenharia; Onde são apresentadas três estratégias de medição, optou-se pela de um dia inteiro, uma vez que se destina a abranger todos os níveis de ruído relacionados com as tarefas desempenhadas pelos trabalhadores; da mesma forma, foram escolhidos 3 (três) dias para monitoramento, ao mesmo tempo, vale ressaltar que se estes diferirem em 3 dB, uma quarta ou mais medições devem ser consideradas (COMISIÓN DE NORMALIZACIÓN Y DE FISCALIZACIÓN DE BARRERAS COMERCIALES NO ARANCELARIAS-INDECOPI, 2010).

Abaixo está o desenvolvimento passo a passo da estratégia de medição conforme descrito pela metodologia escolhida.

3.1 CÁLCULO DO NÍVEL DIÁRIO DE EXPOSIÇÃO A RUÍDO PONDERADO A

Para calcular o nível diário de exposição ao ruído ponderado A, do grupo de exposição homogênea, foi feito a partir da equação:

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1xL_{p,A,eqT,n}} \right) dB$$

Eq. (1)

Onde:

$L_{p,A,eqTe}$: É o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A, da medida n;

n : É o número da medição da mão de obra;

N : É o número total de medições da tarefa de trabalho.

Para o nível diário de exposição ao ruído ponderado A, $L_{EX,8h}$ é encontrado a partir da equação:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) dB$$

Eq. (2)

Onde:

$L_{p,A,eqTe}$: É o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A, calculado de acordo com a equação anterior;

T_e : É a duração efetiva da jornada de trabalho

T_0 : É a duração de referência $T_0 = 8h$;

3.2 CÁLCULO DE INCERTEZA:

As fontes de incerteza foram determinadas, estas podem ser causadas tanto por erros quanto pela variação natural da situação de trabalho, bem como o cálculo da mesma com intervalo de confiança unilateral de 95% e a apresentação do resultado final.

A incerteza padrão, u_1 , é dada pela equação:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - L_{p,A,eqT})^2 \right]}$$

Eq. (3)

Onde:

$L_{p,A,eqT,n}$: É o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderado A, para a medição n do nível de ruído da obra – obra;

$L_{p,A,eqT}$: É a média aritmética de N medidas do trabalho – trabalho do nível de pressão sonora contínua equivalente ponderado A, ou seja:

$$L_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$$

Eq. (4)

N : É o número total de medições da obra – obra

Para o cálculo das contribuições para a incerteza de medição e o balanço de incertezas, ele é calculado de acordo com a tabela a seguir:

Tabela 11 - Contribuição para a Incerteza $c_1 u_1$ dos valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$ dB

N	L_{p,A,eqT,n} dB											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	5,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Fonte NTP ISO 9612 2010 (2010)

Para o cálculo da incerteza padrão u_2 , dos instrumentos, está indicado na tabela a seguir:

Tabela 12 - Incerteza padrão, u_2 , dos instrumentos

Tabla C.5 – Incerteza padrão, u_2, dos instrumentos	Desvio padrão u_2(o $u_{2,m}$)
Tipo de instrumentação	dB
Medidor de nível de som classe 1, conforme especificado na IEC 61672-1:2002	0,7
Dosímetro de som pessoal, conforme especificado na IEC 61252	1,5
Medidor de nível de som classe 2, conforme especificado na IEC 61672-1:2002	1,5

Fonte: NTP ISO 9612 2010 (2010).

Além disso; a incerteza padrão, u_3 , devido à posição da medição é de 1.0 dB

Para o coeficiente de sensibilidade c_2 y c_3 é encontrado na tabela a seguir:

Tabela 13 - Incerteza assumida para a determinação dos níveis de exposição ao ruído para uma medição baseada em função

Magnitude	Estimativa	Incerteza padrão, u_i	Distribuição de probabilidade	Coeficiente de sensibilidade, c_i	Contribuição para a incerteza $c_i u_i$ dB
$L_{p,A,eqT}$	$L_{p,A,eqT}$ Energia média da medição $L_{p,A,eqT,n}$	u_1 . A determinar utilizando la ecuación (C, 12)	Normal	c_1	$c_1 u_1$ Conforme indicado na tabela C.4
Q_2	0	u_2 . Conforme indicado na tabela C.5	Normal	$c_2=1$	u_2
Q_3^*	0	u_3 . Conforme indicado na tabela C.6	Normal	$c_3=1$	u_3

* Espera-se que Q_3 esteja na faixa de -1,0 dB a 0,5 dB. Para simplificar o valor da média aritmética estimada de Q_3 , se considera igual a zero. A incerteza padrão, u_3 , associada às posições do microfone deve cobrir essa incerteza extra.

Fonte: NTP ISO 9612 2010 (2010).

Para o cálculo da incerteza padrão combinada, u_2 , e da incerteza expandida, U é obtido a partir da seguinte equação:

$$u^2(L_{EX.8h}) = c_1^2 + u_1^2(u_2^2 + u_3^2)$$

Eq. (5)

A incerteza expandida é:

$$U = 1.65 \times u$$

Eq. (6)

3.3 CÁLCULO DA DOSE DE RUÍDO

A Norma de Higiene Ocupacional NHO 01 foi usada para a Avaliação da exposição ocupacional ao ruído no Brasil e a Norma de ergonomia básica RM 375 2008 no Peru onde a dose de ruído é calculada tendo um nível equivalente "L" em T horas em dBA. use o seguinte equação:

$$\%Dosis = \left(\frac{T}{8}\right) \cdot 2^{(L-85)/3}$$

Eq. (7)

Onde:

- T : É o tempo que o trabalhador foi exposto ao nível equivalente L.
- L : É o nível de ruído equivalente em decibéis na escala de ponderação "A" (dBA)

$$NE = 10 \times \log\left(\frac{480}{T_E} \times \frac{D}{100}\right) + 85 [dB]$$

Eq. (8)

$$D = \frac{T_E}{480} \times 100 \times 2^{\left(\frac{(NE-85)}{3}\right)} [\%]$$

Eq. (9)

Onde:

- NE : Nivel de exposição
- D : Dose diária de ruido em porcentagem
- T_E : Tempo de duração, em minutos, da jornada de trabalho

Por outro lado, a técnica utilizada foi a observação e entrevista; da mesma forma, o instrumento para coleta de dados é um dosímetro de som pessoal SVANTEK SV 104A que atende à norma IEC 61672-1:2002 com seu calibrador SV 34A que atende à norma IEC 60942:2003.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS

O processo inicia-se com a entrega dos planos de projeto escolhidos e aprovados pelo cliente, este é direcionado para a área de corte onde são realizadas duas atividades:

1. O corte reto da folha de melamina (Figura 1) utilizando a fresa Robland Z3200 neste processo é gerado pó que é eliminado com uma pistola de ar comprimido que funciona com um compressor de ar com capacidade de 250 litros, em alguns casos onde é necessário fazer cortes complexos utiliza uma máquina chamada Roteador e (Figura 2);

Figura 1 – Placas de melamina



Fonte: O Autor

Figura 2 – Maquina de corte



Fonte: O Autor

Figura 3 – Compressor de ar



Fonte: O Autor

Figura 4 – Maquina Roteadora



Fonte: O Autor

2. A orla das peças cortadas utilizando a máquina Cehisa pro 11 que necessita de ar comprimido para seu funcionamento, que é alimentado por um compressor de ar.

Figura 5 – Maquina de afiação



Fonte: O Autor

Figura 6 - Maquina de afiação



Fonte: O Autor

3. Ressalta-se que na área de corte existem 2 (duas) fresas, 1 (uma) biseladora, 1 (um) compressor de ar com capacidade 250 litros e 1 (uma) fresadora,

máquinas que geram ruído no ambiente de trabalho para quais os trabalhadores estão expostos na área de corte, que será determinado a seguir.

No início da jornada de trabalho, foram entrevistados os trabalhadores que trabalhavam na área de corte da empresa em estudo, concluindo que cada máquina utilizada neste processo gera diferentes níveis de ruído de acordo com a sua percepção, nessa área existem 4 trabalhadores que trabalham a partir das 8h30 às 18h30 gerando 10 (dez) horas de trabalho, sendo 1 (uma) para o almoço, o que permite concluir que a duração efetiva da jornada de trabalho é de 9 horas, através da observação foi considerado como amostra para acompanhamento 1 (um) único trabalhador conforme mostrado descrito na seção de materiais e métodos.

A respectiva calibração foi realizada de acordo com os regulamentos em 114dB(A) antes e após o monitoramento conforme mostrado:

Figura 7 - Calibração dos dosímetros



Fonte: O Autor

Além disso; Para determinar qual orelha está mais exposta ao ruído em decorrência de suas atividades, os trabalhadores foram entrevistados, respondendo que a orelha direita foi a mais exposta, devido à posição do maquinário utilizado no referido

processo, motivo pelo qual a orelha foi colocada dosímetro de som pessoal para o trabalhador escolhido, conforme imagem a seguir:

Figura 8 – Posicionamiento do dosímetro día 1



Fonte: O Autor

Figura 9 – Posicionamiento do dosímetro día 2



Fonte: O Autor

Figura 10 – Posicionamiento do dosímetro día 3



Fonte: O Autor

Figura 11 – Recalibração do dosímetro



Fonte: O Autor

O monitoramento foi realizado por três dias conforme especificado pela metodologia descrita nesta pesquisa com o dosímetro svantek sv104, cujos resultados são mostrados na tabela a seguir:

Tabela 14 - Resultados do Monitoramento

Día	Nível de pressão sonora contínua		Duração da medição Horas
	equivalente	$L_{p,A,eqT,n}$	
	dB(A)		
1	83.82		8:18
2	84.56		8:10
3	84.61		8:03

Fonte: O Autor

Como os valores obtidos não diferem em 3 dB, os dados são aceitos, portanto não são necessários mais dias de monitoramento conforme indicado na metodologia utilizada.

Isso permite proceder ao cálculo do nível diário de exposição ao ruído ponderado (A) para o grupo de trabalho homogêneo a partir da média energética dos 3 valores obtidos de $L_{p,A,eqT,n}$ no 3(três) de monitoramento para da equação 1; obtendo o seguinte resultado:

$$L_{p,A,eqT_e} = 84.35 \text{ dB(A)}$$

Então, o nível de ruído ponderado A é calculado a partir da Equação 2:

$$L_{EX,8h} = 84.86 \text{ dB(A)}$$

Então, a incerteza é calculada, para a qual a incerteza padrão u_1 é encontrada pela primeira vez na equação 3:

$$u_1 = 0.44$$

Da mesma forma, encontra-se a contribuição para a incerteza c_1u_1 da tabela 11. Contribuição para a incerteza c_1u_1 dos valores medidos $L_{p,A,eqT,n}$ dB

$$N = 3 \quad y \quad u_1 = 0.44$$

Portanto:

$$c_1u_1 = 0.6$$

Então, a incerteza padrão devido à instrumentação, u_2 , é encontrada na Tabela 12. Incerteza padrão, u_2 , dos instrumentos; tendo em vista que o instrumento utilizado foi um dosímetro de som pessoal:

$$u_2 = 1.5 \text{ dB}$$

Então, a incerteza padrão devido à posição do microfone, u_3 , é calculada, de acordo com a metodologia utilizada, tem um valor de:

$$u_3 = 1.0 \text{ dB}$$

Em seguida, os coeficientes de sensibilidade c_2 y c_3 da tabela 13 são calculados. Incerteza assumida para a determinação dos níveis de exposição ao ruído para uma medição baseada na função:

$$c_2 = c_3 = 1$$

Da mesma forma, a incerteza padrão combinada, $u(L_{EX,8h})$ é calculada a partir da equação 5:

$$u^2(L_{EX,8h}) = 3.61$$

Portanto:

$$u(L_{EX,8h}) = 1.9$$

Finalmente, a incerteza expandida é encontrada na equação 6:

$$U = 1.65 \times 1.9$$

$$U = 3.14$$

4.1.1 Cálculo da dose de ruído

4.1.1.1 Perú

$$\%Dosis = \left(\frac{9}{8}\right) \cdot 2^{\frac{(84.86-85)}{3}}$$

% Dosis = 1.089 %

4.1.1.2 Brasil

$$D = \frac{540}{480} \times 100 \times 2^{\frac{(84.86-85)}{3}} [\%]$$

D=108.9 %

4.2 DISCUSSAO

Após determinar a exposição ao ruído dos trabalhadores na área de corte da empresa em estudo, verifica-se que o nível de ruído emitido pelas cortadoras, a biseladora, o compressor e a tupia é de 84,86 dB(A) \cong 85 dB(A) encontrando-se no limite máximo de ruído permitido, conforme regulamentação peruana, indicada na RM 375 2008 Norma Básica de Ergonomia (Ver tabela 4. Tempo de exposição ao ruído de acordo com os níveis) e brasileira conforme NR15 Anexo 1 (Ver Tabela 5. Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermítente) Igual a 85 dB(A) para uma jornada de trabalho de 8 horas, embora seja certo que os referidos trabalhadores trabalhem 9 (nove) horas por dia, ajusta-se a metodologia para 8 (oito) horas diárias; a que se deve acrescentar uma incerteza que pode ser causada por erros como a variação natural da situação de trabalho de 3,14 dB(A), fazendo com que os quatro trabalhadores na área de corte sejam submetidos a um nível diário de ruído ponderado (A) de 84,86 com incerteza expandida associada de 3,14 dB para uma probabilidade de cobertura unilateral de 95% ($K= 1,65$) o que determinaria que os trabalhadores da área de corte da empresa em estudo estejam sujeitos a níveis de ruído acima do máximo limites permitidos de acordo com as regulamentações peruana e brasileira, que considerariam a adoção de medidas corretivas imediatas para evitar doenças ocupacionais e/ou doenças decorrentes da exposição ao ruído no ambiente de trabalho; Da mesma forma, a dose foi determinada com base no nível de ruído encontrado e 540 minutos de jornada diária de trabalho, resultando em um valor de 108,9%, sendo superior a 100%, conforme indicado pela avaliação do NHO 01 de aumento da exposição ao ruído (Ver Tabela 6 . Limites de tolerância para ruído

contínuo ou intermitente) e RM 375 2008 Norma básica de ergonomia (MINISTERIO DE TRABAJO, 2008)

Por outro lado, refira-se que a empresa em estudo está localizada numa zona urbana, calma e isenta de ruídos externos; Da mesma forma, a instalação de móveis melamínicos é realizada em casas, condomínios familiares ou empresas pertencentes a clientes fora da área de corte, o que pode levar a concluir que o nível de ruído presente na referida área se deve apenas às máquinas utilizadas no referido processo.

Por outro lado, quando esta pesquisa foi realizada, foi possível observar nesta área que as máquinas utilizadas geram vibrações, o que poderia aumentar a probabilidade de risco de perda auditiva e/ou presença de doenças ocupacionais, conforme indicado (THEMANNA & MASTERSON, 2019), (ERIKSSON, SÖDERBERG, NEITZEL, TORÉN, & ANDERSSON, 2021), (ARVE, et al., 2016), (PRETZSCH, SEIDLER, & HEGEWALD, 2021) em suas pesquisas; Da mesma forma, foi possível observar a geração de material particulado suficiente emitido no processo de corte, recomendando-se futuramente que esses agentes contaminantes sejam avaliados e se determine se ultrapassam os limites máximos permitidos pelas normas nacionais e internacionais, em termos de material particulado, recomenda a realização do estudo de poeira torácica e respirável.

CONCLUSÕES

O presente estudo foi realizado na área de corte de uma empresa fabricante de móveis melamínicos na qual existem dois cortadores, um compressor, uma biseladora e uma fresadora, onde trabalham 4 (quatro) trabalhadores, que são considerados um grupo de exposição homogêneo ao ruído, com duração efetiva da jornada de trabalho de 9 horas.

Conclui-se que o nível de ruído emitido pelas cortadoras, a biseladora, o compressor e a tupia é de $84,86 \text{ dB(A)} \cong 85 \text{ dB(A)}$, sendo este o limite máximo de ruído permitido, de acordo com a regulamentação peruana. , indicado na RM 375 2008, Norma Básica de Ergonomia e Brasileira, de acordo com a NR15 Anexo 1 igual a 85 dB(A) para uma jornada de trabalho de 8 horas, embora seja verdade que os referidos trabalhadores trabalham 9 (nove) horas por dia é ajustado conforme a metodologia para 8 (oito) horas por dia; a que se deve acrescentar uma incerteza que pode ser causada por erros como a variação natural da situação de trabalho de $3,14 \text{ dB(A)}$, fazendo com que os quatro trabalhadores na área de corte sejam submetidos a um nível diário de ruído ponderado (A) de $84,86$ com incerteza expandida associada de $3,14 \text{ dB}^2$ para uma probabilidade de cobertura unilateral de 95% ($K= 1,65$) o que permite determinar que os trabalhadores da área de corte da empresa em estudo estão expostos a níveis de ruído acima dos limites máximos permitidos de acordo com as regulamentações peruana e brasileira, que considerariam a adoção de medidas corretivas imediatas para evitar doenças ocupacionais e/ou doenças decorrentes da exposição ao ruído no ambiente de trabalho; da mesma forma, a dose foi determinada com base no nível de ruído encontrado e 540 minutos de jornada diária de trabalho, resultando em um valor de 108,9%, sendo superior a 100% conforme indicado pela avaliação NHO 01 de exposição ocupacional ao ruído e o RM 375 2008 Norma básica de ergonomia.

² Expansão ancorada na finalidade da norma básica, isto é, a prevenção de doenças ocupacionais dos trabalhadores.

REFERÊNCIAS

- AMADO PÉREZ, R. A., & PAJA VILCA, I. F. (2019). *Medición, evaluación y propuesta de control del ruido ocupacional presente en el área operativa de la empresa Dona Servicios y Transportes E.I.R.L. Arequipa – 2018.* [Tesis de pregrado], Universidad Tecnológica del Perú, Arequipa. Retrieved 01 18, 2022, from <https://hdl.handle.net/20.500.12867/1935>
- ANSI. (2014). *ANSI WEBSTORE.* Acesso em 20 de 01 de 2022, disponível em AS/NZS 1269.0:2005 (R2016) - Occupational Noise Management - Overview And General Requirements: <https://webstore.ansi.org/Standards/SAI/NZS12692014>
- ANSI. (2018). *ANSI WEBSTORE.* Acesso em 20 de 01 de 2022, disponível em CSA Z107.56 2018 - Measurement Of Noise Exposure: <https://webstore.ansi.org/Standards/CSA/CSAZ107562018>
- ANSI. (2020). *ANSI WEBSTORE.* Acesso em 20 de 01 de 2022, disponível em ANSI/ASA S3.44-2016/Part 1 / ISO 1999:2013 (MOD)-Acoustics - Estimation Of Noise-Induced Hearing Loss - Part 1: Method For Calculating Expected Noise-Induced Permanent Threshold Shift : <https://webstore.ansi.org/Standards/ASA/ANSIASAS3442016PartISO19992013-2415764>
- ARENAS, J. P., & SUTER, A. H. (2014). **Comparison of occupational noise legislation in the Americas:** An overview and analysis. *Noise and Health*, 16(72), 306-319. Retrieved 01 22, 2022, from <https://www.noiseandhealth.org/text.asp?2014/16/72/306/140511>
- ARGÜELLO MÉNDEZ, T. R., & CHÁVEZ AGUILAR, R. Y. (2015). *Elaboración de un plan de seguridad e higiene industrial en el taller Muebles de mi Tierra.* [Tesis de pregrado], Universidad Nacional de Ingeniería, Managua. Retrieved 01 18, 2022, from <http://ribuni.uni.edu.ni/id/eprint/3254>
- ARVE, L., MARIT, S., HÅKON A., J., TORE, T., INGRID, S. M., KARL-CHRISTIAN, N., . . . KRISTIAN, T. (2016). **Occupational noise exposure and hearing:** a systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 89, 351–372. doi:<https://doi.org/10.1007/s00420-015-1083-5>
- BOLM-AUDORFF, U., HEGEWALD, J., PRETZSCH, A., FREIBERG, A., NIENHAUS, A., & SEIDLER, A. (2020). **Occupational Noise and Hypertension Risk:** A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 2-25. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph17176281>
- CARRILLO MIÑANO, J. (2018). *Atenuación del ruido utilizando metodologías de impresión 3D.* [Tesis de pregrado], Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena. Retrieved 01 19, 2022, from <http://hdl.handle.net/10317/7469>
- CHEN, K., SU, S., & CHEN, K. (2020). **An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: epidemiology, pathogenesis, and preventive measures.** *Environmental Health and Preventive Medicine*, 25(65), 1-10. doi:<https://doi.org/10.1186/s12199-020-00906-0>
- COMISIÓN DE NORMALIZACIÓN Y DE FISCALIZACIÓN DE BARRERAS COMERCIALES NO ARANCELARIAS-INDECOPI. (2010). **NTP - ISO 9612 2010 ACÚSTICA. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería.** Lima, Perù. Acesso em 18 de 01 de 2022

CULTURA QHSE. (2022). *Cultura QHSE*. Fonte: <http://culturaqhse.com/2018/12/norma-tecnica-peruana-ntp-iso-9612-2010>

DIGESA. (s.f.). **GUÍA TÉCNICA: VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS A RUIDO.** Perú. Retrieved 01 18, 2022, from http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20VST%20Expuestos%20a%20Ruido.pdf

DZHAMBOV, A. M., & DONKA, D. D. (2016). **Occupational noise and ischemic heart disease: A systematic review.** *Noise & health*, 18(83), 167-77. doi:doi:10.4103/1463-1741.189241

DZHAMBOV, A., & DIMITROVA, D. (2017). **Occupational Noise Exposure and the Risk for Work-Related Injury:** A Systematic Review and Meta-analysis. *Annals of Work Exposures and Health*, 61(9), 1037–1053. doi:doi: 10.1093/annweh/wxx078

ERIKSSON, H. P., SÖDERBERG, M., NEITZEL, R. L., TORÉN, K., & ANDERSSON, E. (2021). **Cardiovascular mortality in a Swedish cohort of female industrial workers exposed to noise and shift work.** *International archives of occupational and environmental health*, 94(2), 285-293. doi:10.1007/s00420-020-01574-x

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO. (2001). NHO 01-Procedimento Técnico-Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído. São Paulo, Brasil. Acesso em 19 de 01 de 2022, disponível em Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho: <https://www.areaseg.com/bib/10%20-%20NHO%20Normas%20de%20Higiene%20Ocupacional/NHO-01.pdf>

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. (s.f.). *Noise at work*. Acesso em 19 de 01 de 2022, disponível em <https://www.hse.gov.uk/noise/advice.htm>

JE SPEAR CONSULTING, LP. (2022). **Preventing Noise-Induced Hearing Loss.** Acesso em 20 de 01 de 2022, disponível em <https://www.jesppear.com/preventing-noise-induced-hearing-loss/>

KAI-CHING HAU, A., KWAN, T. H., & KAM-TAO LI, P. (2009). **Melamine Toxicity and the Kidney.** *Journal of the American Society of Nephrology*, 20(2), 245-250. doi:<https://doi.org/10.1681/ASN.2008101065>

MARTÍNEZ MORA, J. A. (2020). **Evaluación de la contaminación acústica del hospital Francesc de Borja de Gandia.** [Tesis de pregrado], UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA, Gandia. Retrieved 01 19, 2022, from <http://hdl.handle.net/10251/151738>

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. (2006). Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. España. Retrieved 01 20, 2022, from <https://www.boe.es/buscar/pdf/2006/BOE-A-2006-4414-consolidado.pdf>

MINISTERIO DE TRABAJO. (2008). *Resolución Ministerial N° 375-2008-TR*. Lima. Retrieved 01 19, 2022, from https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/472127/Anexo_1-Norma_B%C3%A1sica_de_Ergonom%C3%ADa....pdf

NEITZEL, R., FLIGOR, B., & WHO. (2017). **DETERMINATION OF RISK OF NOISE-INDUCED HEARING LOSS DUE TO RECREATIONAL SOUND: REVIEW.** Acesso em 18 de 01 de 2022, disponível em

- https://www.who.int/pbd/deafness/Monograph_on_determination_of_risk_of_HL_due_to_exposure_to_recreational_sounds.pdf
- NIOSH. (2015). **Hierarchy of Controls**. Acesso em 19 de 01 de 2022, disponível em <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/>
- NR. (2007). NR17 - **Ergonomics**. Brasil. Acesso em 20 de 01 de 2022, disponível em <https://www.braziliannr.com/brazilian-regulatory-standards/nr17-ergonomics/>
- NR. (s.f.). NR15-**Unhealthy activities and operations**. Brazil. Acesso em 19 de 01 de 2022, disponível em <https://www.braziliannr.com/brazilian-regulatory-standards/nr15-unhealthy-activities-and-operations/>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (s.f.). **Escuchar sin riesgos**. Geneva, Switzerland. Acesso em 19 de 01 de 2022, disponível em https://www.who.int/pbd/deafness/activities/MLS_Brochure_Spanish_lowres_for_web.pdf
- OSHA. (2001). **29 CFR 1926.52**. Acesso em 20 de 01 de 2022, disponível em <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1926/1926.52>
- OSHA. (2008). **29 CFR 1910-95**. Acesso em 20 de 01 de 2022, disponível em <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.95>
- PERALTA CHANTA, C. (2021). **Diseño de puestos de trabajo ergonómicos para aumentar la productividad en una empresa de melamina**. [Tesis de pregrado], Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Acesso em 19 de 01 de 2022, disponível em <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3681>
- PETTERSSON, H., OLSSON, D., & JÄRVHOLM, B. (2020). **Occupational exposure to noise and cold environment and the risk of death due to myocardial infarction and stroke**. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 93, 571–575. doi:<https://doi.org/10.1007/s00420-019-01513-5>
- PRETZSCH, A., SEIDLER, A., & HEGEWALD, J. (2021). **Health Effects of Occupational Noise**. *Current Pollution Reports*, 7, 344-358. doi:<https://doi.org/10.1007/s40726-021-00194-4>
- QUINTANA MARTINEZ, I. (2019). **Medida, análisis y control del ruido industrial**. [Tesis de maestría], Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid. Acesso em 19 de 01 de 2022, disponível em https://oa.upm.es/65393/1/TFM_IVAN_QUINTANA_NARTINEZ.pdf
- RAE. (2022). **Real Academia Española**. Acesso em 20 de 01 de 2022, disponível em <https://dle.rae.es/melamina>
- TEIXEIRA, L., PEGA, F., DZHAMBOV, A., BORTKIEWICZ, A., DA SILVA, D., DE ANDRADE, C., . . . GAGLIARDI, D. (2021). **The effect of occupational exposure to noise on ischaemic heart disease, stroke and hypertension**: A systematic review and meta-analysis from the WHO/ILO Joint Estimates of the Work-Related Burden of Disease and Injury. *Environment international*, 154. doi:[doi:10.1016/j.envint.2021.106387](https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106387)
- THEMANNA, C. L., & MASTERSON, E. A. (2019). **Occupational noise exposure**: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 146, 3879–3905. doi:[doi:10.1121/1.5134465](https://doi.org/10.1121/1.5134465)

UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR. (s.f.). *Occupational Safety & Health Administration*. Fonte:
<https://www.osha.gov/noise>

ANEXOS



Página 7 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PL - AV183 - 21 - 5

1. SOLICITANTE: E & L ENVIRONMENTAL CONSULTING SERVICES S.R.L.

2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE: CALLE ZELA 603A, YANAHUARA - AREQUIPA

3. DATOS DEL EQUIPO:

INSTRUMENTO	DÓSIMETRO
DE MEDIDA:	
MARCA:	SVANTEK
MODELO:	SV 104A
SERIE:	85841
IDENTIFICACIÓN:	EL/DS/15 (*)
INTERVALO DE MEDIDA:	55 dB a 141 dB (**)
RESOLUCIÓN:	0,1 dB
PROCEDENCIA:	POLONIA

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN: Instalaciones de Paz de Laboratorios S.R.L.

5. FECHA DE CALIBRACIÓN: 2021-05-19

6. ORDEN DE TRABAJO: CAL-0300-2021-5

7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:

Este certificado de calibración es igualable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados en este certificado son válidos solo para el equipo de medición calibrado en las condiciones y momento en que se realizó la calibración.

El solicitante y/o usuario es responsable de definir el período de calibración según la recomendación del fabricante, uso, registros de mantenimiento, análisis de deriva y exactitud de medición.

La duplicación del presente certificado debe ser de forma completa, sin modificaciones y únicamente cuando se cuente con la aprobación y autorización de PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Los certificados de calibración de PAZ LABORATORIOS S.R.L. son únicamente válidos si cuentan con el sello de agua, las firmas del Gerente General y el Responsable de Laboratorio de Metrología.

8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

PL-LM-PC-27, Procedimiento interno para la calibración de dosímetros.

Arequipa, 19 de Mayo de 2021



Braulio Edgardo Paz Gómez
 GERENTE GENERAL
 PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Francisco Gonzales
 RESPONSABLE DE METROLOGÍA
 PAZ LABORATORIOS S.R.L.

000365

Oficina: Calle Oscar Benavides N° 602, Yanahuara - Arequipa

Tel: (054) 855069 RPC: 953766479 - 959010230

web: www.pazlaboratorios.com Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com



Página 2 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - AV183 - 21 - 5

9. PATRONES UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	Nº CERTIFICADO
Este equipo es trazable a los patrones de referencia de Lo JUSTO S.A.C.	Termómetro	TE-163-2021
Este equipo es trazable a los patrones de referencia de Lo JUSTO S.A.C.	Barómetro	MN-057-2020
Este equipo es trazable a los patrones de referencia de INACAL.	Calibrador acústico	LAC-016-2021

10. CONDICIONES AMBIENTALES:

Temp. Amb. (°C.)	H.R. (%)	Presión (mbar)
20,2	48,0	760,1
20,4	51,3	760,3

11. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

Valor Nominal (dB)	Frecuencia de salida (Hz)	**Lectura Promedio del instrumento (dB)	Corrección (dB)	Incertidumbre (dB)
93,0	1000,0	93,0	-0,1	0,3
114,0	1000,0	114,0	0,0	0,3

**Valor promedio de cinco lecturas no consecutivas.

12. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estandar de medición multiplicada por el factor de cobertura k=2 de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008, Centro Español de Metrología (CEM).

Este Certificado cumple con los requisitos de la Norma NTP ISO/IEC 17025, Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

PAZ LABORATORIOS se se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento, si de una incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

Se coloca en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. Identificada con N° 00421

(*) Información proporcionada por el cliente.

(**) Información tomada de su manual.

Arequipa, 19 de Mayo de 2021

_____ FIN DEL DOCUMENTO _____

000366