

ANÁLISE DO RISCO FÍSICO RUÍDO E RISCO
ERGONÔMICO EM ROÇADORA
TRANSVERSAL MOTORIZADA.

ANÁLISE DO RISCO FÍSICO RUÍDO E RISCO
ERGONÔMICO EM ROÇADORA TRANSVERSAL
MOTORIZADA.

JOSÉ ANTONIO POLETTO FILHO

Bauru - 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Poletto, José Antônio

Análise do risco físico ruído e risco ergonômico
em roçadora transversal motorizada [livro eletrônico]
/ José Antônio Poletto. -- Bauru, SP : Ed. do Autor,
2024.

PDF

Bibliografia.

ISBN 978-65-00-98937-3

1. Engenharia mecânica 2. Ergonomia 3. Máquinas
agrícolas I. Título.

24-201398

CDD-621

Índices para catálogo sistemático:

1. Engenharia mecânica 621

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

SUMÁRIO	
INTRODUÇÃO	
14	
MÁQUINAS AGRÍCOLAS	21
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	22
EFEITO DO SOM SOBRE O TRABALHADOR	41
CONTROLE DE RUÍDO	53
ASPECTOS ERGONÔMICOS	65
MATERIAL E MÉTODOS	76
MÉTODOLOGIA	86
RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
EWA – ERGONOMIC WORKPLACE ANALYSIS	119
CONCLUSÃO	123
REFERÊNCIAS	124
Anexo I	135
Anexo II	137
Anexo III	155

Lista de Tabelas

Tabela 1: Faixa de frequência.....	31
Tabela 2: Filtros de compensação	36
Tabela 3: Frequências centrais e os limites superior e inferior.	38
Tabela 4: Exposição ao ruído - NR 15 - resumida.....	40
Tabela 5: Exposição ao ruído segundo a ISO e OSHA, resumida....	40
Tabela 6: Correção do nível de potencia sonora irradiado pela exaustão dos motores.	49
Tabela 7: Atenuação da potencia sonora pela incorporação de silenciadores de acordo com o tamanho.	49
Tabela 8: Fator de correlação - ruído no bloco.....	50
Tabela 9: Nível sonoro em bandas de oitavas.	51
Tabela 10: Distribuição dos trabalhadores nas equipes de trabalho.....	77
Tabela 11: Tarefas prescritas para cada integrante da equipe.	79
Tabela 12: Pontuação objetiva.....	88
Tabela 13: Resultados das médias dos níveis sonoros.....	96
Tabela 14: Desvio padrão para fabricante A - 2,54kW.....	97
Tabela 15: Desvio padrão para fabricante B - 1,64 kW e 2,00 kW.	98
Tabela 16: Desvio padrão para o fabricante C - 1,19 kw.....	99
Tabela 17: Desvio padrão.....	100
Tabela 18: Níveis em bandas de oitavas emitidos na exaustão...	104
Tabela 19: Perda de transmissão para as demais frequências...	107
Tabela 20: Coeficiente de absorção acustica para manta Geotextil.	109
Tabela 21: Perda de transmissão para as demais frequências para o silencioso tipo <i>plenum</i> , com manta Geotextil.	109
Tabela 22: Valor por banda de oitava.....	110
Tabela 23: Pressão sonora por banda de oitava após a instalação do silencioso - equipamento "E".....	114
Tabela 24: Resultado da avaliação EWA.....	120
Tabela 25: Avaliação objetiva - realizada pelo avaliador.....	137
Tabela 26: Avaliação da atividade física geral	138
Tabela 27: Classificação do levantamento.....	139

Tabela 28: Classificação das posturas de trabalho e movimento – pescoço e ombro.....	140
Tabela 29: Risco de acidente	144
Tabela 30: Gravidade do acidente	145
Tabela 31: Severidade do acidente	145
Tabela 32: Risco e severidade	146
Tabela 33: Conteúdo do trabalho	146
Tabela 34: Restrições no trabalho.....	147
Tabela 35: Comunicação entre trabalhadores e contatos pessoais	148
Tabela 36: Tomada de decisão.....	149
Tabela 37: Repetitividade do trabalho	150
Tabela 38: Duração do estado de alerta (atenção) em relação ao ciclo total	150
Tabela 39: Demanda por atenção	151
Tabela 40: Iluminação	152
Tabela 41: Valores de referencia para velocidade do ar e umidade relativa de condições térmicas semelhantes	152
Tabela 42: Ambiente térmico	153
Tabela 43: Ruído	154

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Roçadora transversal motorizada	21
Figura 2: Desenho esquemático do motor dois tempos.	24
Figura 3: Intensidade sonora na superfície de uma esfera.	33
Figura 4: Sistema auditivo humano.	47
Figura 5: Processamento do som nos seres humanos.....	48
Figura 6: Reflexão do som.....	54
Figura 7: Transmissão do som através de um material absorvente.	55
Figura 8: Silencioso reativo para motores a combustão interna.....	59
Figura 9: Relação entre as câmaras no atuador.	61
Figura 10: Silenciador tipo "Plenum"	62
Figura 11: Silenciadores resistivos	63
Figura 12: Silenciadores combinados.....	64
Figura 13: Determinantes do trabalhador e da empresa.....	71
Figura 14: Equipe de trabalhadores utilizando a roçadora transversal motorizada.	77
Figura 15: Conynto motor, tanque de combustível e admissão de ar.....	81
Figura 16: Equipamento sem o tanque de combustível e filtro de ar.....	81
Figura 17: Medidor de pressão sonora, modelo MS 6701 - Mastech	83
Figura 18: Medidor integrador de uso pessoal.....	84
Figura 19: Analisador de banda de oitava.	85
Figura 20: Localização do equipamento segundo a NBR 9999.	87
Figura 21: Equipe de trabalhadores exercendo a sua atividade na rodovia.....	90
Figura 22: Nível sonoro instantâneo do equipamento do fabricante A, equipamentos 1 e 2	94
Figura 23: Dosimetria de ruído.....	101
Figura 24: Pressão sonora por banda de oitava - equipamento "E".	103
Figura 25: Escapamento original.....	104
Figura 26: Silencioso a ser instalado - dimensões em mm.....	105

Figura 27: Plenum – dimensões em m.....	108
Figura 28: Desenho esquemático do protótipo do silencioso - medidas em mm.	111
Figura 29: Technyl, fez a separação das três câmaras.....	112
Figura 30: Polímero com os orifícios e uma das câmaras revestida com material fonoabsorvente.....	112
Figura 31: Tubos de PVC para a construção do corpo do silencioso.	113
Figura 32: Protótipo	113
Figura 33: Níveis de pressão sonora ´pr banda de oitava após a instalação do silencioso.....	114

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AET	Análise Ergonômica do Trabalho
ANSI	American Standards Institute
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
d	Distância entre a entrada e a saída
dB (A)	Decibel, escala A
EWA	Ergonomic Workplace Analysis
Hz	Hertz
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo [°C]
IBUTG _{máx}	Índice Bulbo Úmido Termômetro Globo máximo [°C]
IEC	International Electrotechnical Commission
t _{bn}	Temperatura de Bulbo Úmido Natural [°C]
t _g	Temperatura de Globo [°C]
t _{bs}	Temperatura Bulbo Seco [°C]
ISO	International Organization for Standardization
kcal/h	Quilocaloria por hora
kcal/h	Quilocaloria por hora
kg/m ²	Quilogramas por metro quadrado
L _{eq}	Nível sonoro equivalente
L _p	Nível de Pressão Sonora
m/s ²	Metros por segundo ao quadrado
NBR	Norma brasileira da ABNT
NHO	Norma de Higiene Ocupacional da Fundacentro
NIOSH	National Institute of Occupational Safety & Health
NR	Norma Regulamentadora
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OSHA	Occupational Safety & Health Administration
Pa	Pascal
PAIRO	Perda Auditiva Induzida por Ruído Ocupacional
PAO	Perda auditiva ocupacional

PMI	Ponto morto inferior
PMS	Ponto morto superior
PT	Perda de Transmissão
PVC	Policloreto de polivinila
RSS	Somatório dos quadrados das componentes da aceleração
S_e	Área da câmara [m ²]
TLV	Threshold Limit Value
TST	Tribunal Superior do Trabalho
W	Watts
W/m ²	Watts por metro quadrado
ω_i	Energia Sonora Incidente
ω_t	Energia Sonora Transmitida
θ	Ângulo que d faz com a normal da superfície de entrada
τ	Coefficiente de Transmissão
r	Razão entre as áreas S_c/S_E [m];
S	Sensação
I	Intensidade do estímulo
K	Constante
L_p	Nível de pressão sonora [dB]
p	Valor da pressão sonora medido no ambiente [Pa]
P_0	Valor de referência padronizado de 20 μ Pa – limiar de audibilidade
Pot	Potência do motor [kW]
k	Fator turbocompressor
l_{ex}	Comprimento da tubulação de exaustão [m]
γ	Comprimento da onda [m]
C_{ar}	Velocidade do som no ar [m/s]
f	Frequência [Hz]
T_{ar}	Temperatura do ar [°C]
α	Coefficiente de absorção sonora do revestimento interno
S_s	Área de saída da câmara [m ²]
S_c	Área interna da câmara [m ²]
d	Distância entre a entrada e a saída [m]

θ	Ângulo que d faz com a normal da superfície de entrada
a_{hv}	Valor da vibração total, $[m/s^2]$
$a_{hwx}, a_{hwz}, a_{hwz}$	Valores eficazes de aceleração ponderados em frequência, em m/s^2 , determinados segundo as coordenadas ortogonais (x, y, z)
T	Duração total diária da exposição à vibração
T_o	Duração de referencia de oito horas (28.800s)
L_c	Comprimento [m]
s	Desvio padrão
n	Número de amostras
x_i	Amostra
M_a	Média aritmética
REM	Movimento Rápido dos olhos

INTRODUÇÃO

No Brasil os números de acidentes no trabalho apresentaram uma redução de aproximadamente 7% entre os anos de 2008 e 2010, mesmo assim ainda é alto. Segundo Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho do Ministério do Trabalho e Emprego (2011) o número de acidentes de trabalho em 2006 foram 512.232, em 2007, 653.090, 2008 foram 755 mil, 2009 foi setecentos e trinta e três mil e 2010 um total de setecentos e um mil, representando uma queda de aproximadamente 7 % no período. O presente trabalho teve por objetivo estudar os principais agentes geradores de lesões presentes na atividade dos operadores de roçadora transversal motorizada que podem gerar sobrecargas físicas e mentais a estes operários. Os dados coletados a partir da percepção de uma amostra de 45 trabalhadores na operação com este equipamento que é cada vez mais utilizado nas operações de limpeza no meio rural e urbano, mostram riscos ao trabalhador em relação ao equipamento: calor, ruído e vibração, em relação às condições ambientais: trabalho a céu aberto e ergonômicos: dores musculares. O trabalho em tela foi realizado na Rodovia Comandante João Ribeiro de Barros, com aproximadamente cem quilômetros, entre os municípios de Bauru e Marília, na região oeste do Estado de São Paulo. Com relação aos

resultados encontrados, o ruído ultrapassa 115 dB(A). As avaliações ergonômicas também demonstraram que a atividade causa lesão aos trabalhadores. Diante disso, verificou-se a necessidade de se propor melhorias no equipamento e nas condições de trabalho.

Para solucionar os altos níveis de ruído foi proposto a implantação de um silencioso na descarga dos gases gerados na combustão, desta forma fazendo com que o nível de ruído produzido pelo equipamento fosse reduzido, sendo assim o protótipo aqui proposto reduziria o ruído a aproximadamente 107 dB(A).

Segundo o Anuário Brasileiro de Proteção do Ministério e Trabalho e Emprego (MTE, 2012), apesar do número de acidentes no trabalho no Brasil não apresentarem um crescimento nos últimos anos, geram custos anuais de dez bilhões e setecentos milhões aos cofres da Previdência Social, deve-se lembrar de que essas estatísticas de acidentes no trabalho refletem somente os acidentes registrados pela Previdência Social e que há no Brasil uma alta taxa de não notificação de acidentes de trabalho. Mesmo assim, a diminuição do número de acidentes não repercutiu na diminuição do número de acidentes fatais, que vem apresentando aumento. De dois mil quinhentos e sessenta óbitos registrados em 2009, o ano de 2010 contabilizou a morte de dois mil setecentos e doze e no ano