

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DE RUÍDO DE TRATORES AGRÍCOLAS
SEM CABINES DE PROTEÇÃO

por

Jonathan Reck Benetti

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

Porto Alegre, 26, Novembro de 2018.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Escola de Engenharia

Departamento de Engenharia Mecânica

ANÁLISE DE RUÍDO DE TRATORES AGRÍCOLAS
SEM CABINES DE PROTEÇÃO

por

Jonathan Reck Benetti

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

Prof. Thamy Cristina Hayashi
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Mecânica dos Sólidos**

Orientador: Prof. Letícia Fleck Fadel Miguel

Comissão de Avaliação:

Prof. Edson Hikaro Aseka

Prof. Daniel Milbrath de Leon

Prof. Letícia Fleck Fadel Miguel

Porto Alegre, 26, Novembro de 2018.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Vanderlei e Arlete, por sempre me apoiarem nesta jornada e me incentivarem a realizar o sonho de me tornar engenheiro mecânico.

À minha namorada, Natália, por toda ajuda, compreensão, amor e companheirismo.

À minha orientadora, professora Letícia, pela disponibilidade, atenção e ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos que fiz durante o curso, por tornarem estes anos mais felizes e divertidos.

Aos agricultores de Maquiné, que foram extremamente receptivos e se dispuseram a realizar as medições em seus tratores.

BENETTI, J.B. **Análise de Ruído de Tratores Agrícolas sem Cabines de Proteção**. 2018. 19 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

RESUMO

O presente trabalho consiste em medir o nível de ruído que operadores de tratores agrícolas sem cabine de proteção estão expostos durante sua jornada de trabalho e comparar os valores obtidos com os valores requeridos pelas normas brasileiras NR-15 e NHO-01. O método de coleta de dados foi realizado por meio de medições de campo com a utilização de um decibelímetro. Dez tratores de diversas marcas e modelos e com potências e anos de fabricação variados, foram analisados executando diferentes operações do cotidiano dos agricultores. Os resultados revelaram que os níveis de ruído que operadores de tratores sem cabine estão expostos estão acima do permitido tanto pela NHO-01 quanto pela NR-15 para uma jornada de trabalho de 8 horas, sendo necessária a utilização de protetor auditivo.

PALAVRAS-CHAVE: trator, NHO-01, proteção.

BENETTI, J.B. **Noise Analysis of Agricultural Tractors without Protection Cabins**. 2018. 19 folhas. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

ABSTRACT

The present work consists in evaluating the noise level that operators of agricultural tractors without protection cabin are exposed to during their working hours and comparing the values obtained with the values required by Brazilian standards NR-15 and NHO-01. Data was obtained through field measurements using a decibel meter. Ten tractors of various brands and models with different power and manufacturing years were analyzed on different daily operations of farmers. The results revealed that the noise levels that tractor operators are exposed to are above allowed by the standards NHO-01 and NR-15 for an 8-hour working day, requiring the use of a hearing protector.

KEYWORDS: tractor, NHO-01, protection.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. JUSTIFICATIVA	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. RUÍDO E AUDIÇÃO	3
3.2. NORMAS REGULAMENTADORAS	4
3.2.1. NHO-01	4
3.2.2. NR-15	5
4. METODOLOGIA.....	7
4.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	7
4.2. PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO	7
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	9
6. CONCLUSÕES	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

1. INTRODUÇÃO

São diversas as anomalias que afetam a saúde dos trabalhadores, sendo que cada trabalhador enfrenta a respectiva anomalia de acordo com sua área de atuação no setor produtivo da economia. Por exemplo, um médico infectologista, por mais recursos que a medicina lhe proporcione, enfrenta o risco de ser contaminado por uma doença infecciosa no exercício de sua profissão. Também um técnico em radiologia está sujeito a lesões cancerígenas ao exercer o seu trabalho, devido à exposição prolongada aos efeitos dos raios X em sua pele.

Da mesma forma, um operador de máquinas corre sérios riscos de ter a sua qualidade de audição afetada (tímpanos comprometidos), caso esteja exposto a níveis de ruído elevados e/ou por tempo prolongado na operação de uma máquina. Há inúmeros outros exemplos na área da saúde ocupacional, porém o foco desta pesquisa diz respeito ao terceiro exemplo, ou seja, do operador de máquinas, onde este trabalho passa a ser concentrado.

1.1. JUSTIFICATIVA

Dentre os diversos fenômenos que influenciam a qualidade do trabalho de um operador de máquinas, o ruído, certamente tem papel de destaque. Por ser, de acordo com Bistafa, 2011, “um som indesejável, em geral de conotação negativa” o ruído pode causar somente incômodo, mas também causar problemas físicos e psíquicos e até mesmo a perda de audição dependendo da exposição do homem. Gerges, 2000, reforça que “qualquer redução na sensibilidade de audição é considerada perda de audição”.

De acordo com Stansfeld, 2003, dentre os problemas fisiológicos causados pela exposição ao ruído se incluem aumento da frequência cardíaca, aumento da pressão arterial, vasoconstrição periférica e, portanto, aumento da resistência vascular periférica. Dentre os problemas endocrinológicos que são associados à exposição ao ruído se encontram níveis elevados de noradrenalina, adrenalina e cortisol. A exposição a altos níveis de ruído também causa distúrbios psiquiátricos como irritação, náusea, dores de cabeça, mudanças de humor e ansiedade. A falta de motivação também foi associada à exposição ao ruído em diversos estudos.

Bistafa, 2011, destaca que o ruído permeia as atividades humanas 24 horas por dia e vem sendo tratado como uma das principais causas de deterioração da qualidade de vida. Mas apesar do ruído ser o causador dos diversos problemas citados acima, o mesmo autor também informa que os problemas de saúde associados a ele não estão em lugar destacado na lista de prioridades dos controles ambientais.

Quando se fala de ruído, geralmente se associa o mesmo aos grandes centros urbanos, onde se concentram a maior parte da indústria. Dificilmente vêm à cabeça uma fazenda no interior quando o assunto é o ruído e suas consequências na vida ocupacional dos trabalhadores. Entretanto, a imagem de cidades do interior como locais tranquilos e pacatos não reflete a realidade do cotidiano das pessoas que ali habitam. Inúmeras máquinas desenvolvidas para facilitar a vida do homem no campo são extremamente ruidosas, como por exemplo, roçadeiras, motosserras, sopradores, máquinas de vinícolas e tratores.

De acordo com um estudo publicado pela Universidade da Colúmbia Britânica WINTERS, 2005, os níveis de ruído que trabalhadores de vinícolas estão expostos atingem 90 decibéis (dBA) e motoristas de tratores de potência média atingem 95 dBA. O estudo ainda informa que 92% dos agricultores apresentaram perda auditiva significativa, devido às diversas atividades do cotidiano, e o ruído foi declarado uma prioridade importante na saúde agrícola.

De acordo com TOSIN, 2015, “Na Itália, há cerca de 10 anos, a PAIR (perda auditiva relacionada ao trabalho) é a doença ocupacional mais registrada, representando 53,7% das doenças relacionadas ao trabalho. O ruído é agente físico insalubre presente em mais de 90% das atividades laborativas existentes. Na operação de um trator é o principal risco ao qual o operador está exposto.”.

Um artigo publicado no periódico *Public Health Reports* da Associação de Escolas e Programas de Saúde Pública dos Estados Unidos por PLAKKE, 1992, apresenta uma análise da sensibilidade auditiva de fazendeiros e pessoas que não estão expostas a ruído no trabalho. Neste estudo, 3 grupos de fazendeiros, separados por sua idade, foram comparados com 3 grupos de não fazendeiros, chamados de grupos de controle, também separados por sua idade.

De acordo com PLAKKE, 1992, “os dados mostram claramente que à medida que os agricultores envelhecem, sua sensibilidade auditiva é significativamente pior do que a dos membros do grupo de controle. O que é alarmante é que a tendência é estabelecida já na terceira década e se torna progressivamente pior. Esses achados são significativos porque estabelecem o fato de que a exposição ao ruído na agricultura é a principal causa de perda auditiva induzida por ruído nos agricultores.”.

Um estudo realizado em 2017 pelo Instituto Central de Engenharia Agrícola na Índia, um dos países com maior produção de alimentos no mundo, separou de todos agricultores, somente aqueles que tinham como principal atividade a operação de tratores agrícolas. Este estudo comparou a perda auditiva de 30 motoristas de tratores com a perda auditiva de 30 trabalhadores de escritório, tratados como grupo de controle a fim de comparação. Ambos os grupos tinham características similares de idade, peso e altura e não tinham histórico de exposição a altos níveis de ruído. Os motoristas de tratores tinham pelo menos 10 anos de experiência na atividade e o grupo tinha uma média de 20,2 anos de trabalho como motoristas de tratores. Os resultados dos testes apresentados por KHADATKAR, 2017, são ilustrados na Figura 1.

De acordo com KHADATKAR, 2017, o risco médio estimado de excesso de deficiência auditiva foi de 0,2% e 7,1% para trabalhadores de escritório e tratoristas, respectivamente. Pode-se concluir que o risco médio estimado de excesso de deficiência auditiva dos motoristas de trator é maior em relação ao controle devido ao risco ocupacional. Isso destaca a necessidade de intervenções para reduzir o potencial efeito prejudicial do maior ruído do trator experimentado pelos motoristas de trator.

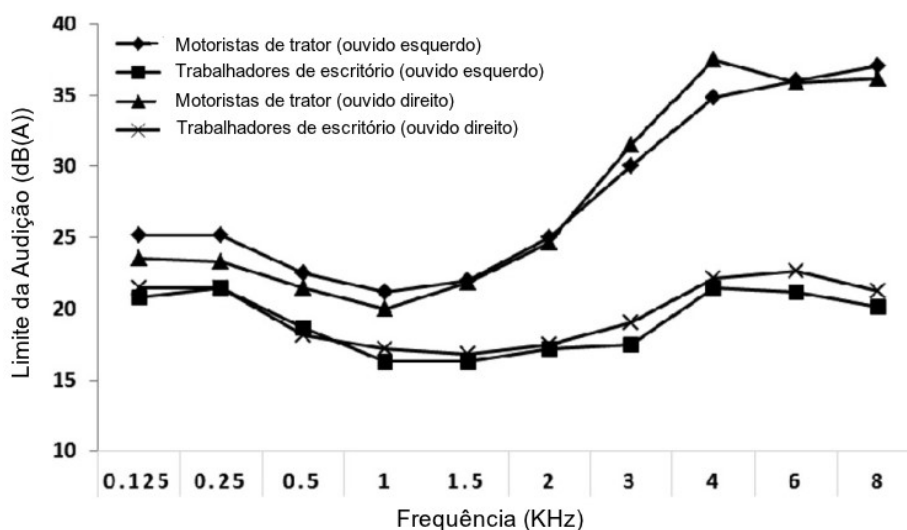


Figura 1: Limite auditivo de motoristas de tratores comparado com trabalhadores de escritório. Fonte: Adaptado de Khadatkhar (2017).

FERNANDES, 1991, entrevistou 111 motoristas de tratores e constatou que, mesmo após 14 a 16 horas de repouso acústico, 42% dos mesmos declararam sentir tonturas e 44% problemas de zumbido causados pela exposição aos altos níveis de ruído.

Infelizmente, apesar do ruído ser algo presente no cotidiano de motoristas de tratores, estar causando a perda auditiva e demais problemas nos mesmos, poucos trabalhadores desta classe sabem do risco a que estão submetidos e tomam ações no sentido de se proteger.

WINTERS, 2005, informa que uma pesquisa realizada com agricultores da Califórnia indicou que mais da metade dos entrevistados relatou usar proteção auditiva raramente ou nunca

ao trabalhar com maquinário ruidoso e menos de 80% relatou usar protetores auriculares raramente ou nunca sob quaisquer condições. FERNANDES, 1991, também verificou o uso de proteção auditiva em sua pesquisa e constatou que 92,8% dos 111 entrevistados não usam qualquer proteção. WINTERS, 2005, ainda ressalta que, “Embora o turno de 8 horas seja padrão em muitos locais de trabalho, os agricultores são conhecidos por trabalhar longas horas. Dependendo do tipo de fazenda e época do ano, os agricultores podem trabalhar de 11 até 15 horas por dia”.

Dessa forma, um motorista de trator, que além de ter uma jornada de trabalho exaustiva ainda tem suas atividades de trabalho submetidas a quaisquer anomalias causadas pelo ruído, desenvolverá problemas físicos e psíquicos como a perda de audição. Este cidadão também tem poucas chances de incremento de produtividade. Dessa forma, se essas anomalias estiverem relacionadas a quaisquer situações que afetem a sua saúde, a tendência de sua produtividade é diminuir a níveis capazes, muitas vezes, de comprometer a sua própria manutenção no trabalho por questões de desempenho.

Deste modo, é necessário avaliar se os operadores de tratores agrícolas estão expostos a níveis de ruído que ultrapassam o limite estabelecido pelas normas NR-15 e NHO-01 e propor medidas corretivas caso o limite de exposição esteja excedido. Tratores sem cabine permitem uma maior exposição dos operadores ao ruído, e por este motivo, se tornaram o foco deste trabalho.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar o nível de ruído que operadores de tratores agrícolas sem cabine de proteção estão expostos mediante a operação dos referidos tratores no campo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos desta pesquisa são os de:

- Medir os níveis de ruídos dos tratores agrícolas sem cabine em operação no campo utilizando um medidor integrador.
- Avaliar a exposição ocupacional ao ruído de operadores de tratores agrícolas sem cabine em sua jornada de trabalho à luz das normas NHO-01 e NR-15;
- Propor medidas corretivas caso o limite de exposição esteja excedido.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. RUÍDO E AUDIÇÃO

Conforme Gerges, 2000, “som é definido como variação da pressão atmosférica dentro dos limites de amplitude e bandas de frequências aos quais o ouvido responde”, sendo que o ruído é associado a um som desagradável e indesejável. Bistafa, 2011, traz um enfoque bastante semelhante ao conceito, sendo que, para ele, “o som é a sensação produzida no sistema auditivo; e o ruído é um som indesejável, em geral de conotação negativa”. Assim, de acordo com os conceitos, é necessário que se compreendam os limites de sons que o ouvido humano pode ser submetido, sem que se tenham danos à audição.

Gerges, 2000, informa que o limiar de audição é a pressão acústica mínima que o ouvido humano pode detectar, sendo que, na frequência de 1000 Hz, este valor é de $2 \times 10^{-5} N/m^2$. O autor complementa que a banda de frequência auditiva vai de 20 Hz a 20.000 Hz e, mesmo dentro desta banda, o ouvido não é igualmente sensível, havendo variações no nível de audição

com a mudança de frequência. Bistafa, 2011, esclarece que há dois tipos básicos de perda de audição: a condutiva e a neurossensorial. Na perda de audição condutiva, as lesões ocorrem fora da cóclea, podendo ser, tanto na orelha externa quanto média, e podem ser compensadas pelo auxílio de próteses auditivas. Já na perda da audição neurossensorial, as lesões são causadas na cóclea, podendo ser repentinas ou graduais. As repentinas podem ser provocadas por doenças (infecções, meningite, esclerose, caxumba, etc.), lesões cranianas, uso de drogas que afetam o sistema nervoso central e trauma acústico. E, nas graduais, as principais causas são as neurites, os tumores, a surdez por envelhecimento e a surdez induzida por ruídos, que é o objeto desta pesquisa.

Conforme informa Gerges, 2000, os danos à audição são causados não somente pelo nível de ruído, mas também pelo tempo de exposição a este ruído. Dessa forma, é utilizada a expressão (3.1) para estabelecer o nível médio baseado na equivalência de energia, onde Neq é o nível de pressão sonora equivalente referente ao intervalo de integração $T = t_2 - t_1$, $p(t)$ é a pressão sonora instantânea e $p_o(t)$ é a pressão acústica de referência $2 \times 10^{-5} N/m^2$.

$$Neq = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p^2(t)}{p_o^2} dt \right) [dB] \quad (3.1)$$

Segundo as normas ISO/1.995 e 1.999 o Neq deve ser medido utilizando um medidor integrador de doses de ruído para a execução automática dos cálculos.

3.2. NORMAS REGULAMENTADORAS

3.2.1. NHO-01

De acordo com NHO-01(2001, p.14), “O critério de referência que embasa os limites de exposição diária adotados para ruído contínuo ou intermitente corresponde a uma dose de 100% para exposição de 8 horas ao nível de 85 dB(A). O critério de avaliação considera, além do critério de referência, o incremento de duplicação de dose (q) igual a 3 e o nível limiar de integração igual a 80 dB(A).”

Para se avaliar a exposição ocupacional ao ruído contínuo ou intermitente deve se determinar a dose diária de ruído ou o nível de exposição que são parâmetros equivalentes e podem ser obtidos através das seguintes expressões:

$$NE = 10 \times \log \left(\frac{480}{T_E} \times \frac{D}{100} \right) + 85 [dB] \quad (3.2)$$

$$D = \frac{T_E}{480} \times 100 \times 2^{\left(\frac{NE-85}{3}\right)} \quad (3.3)$$

onde T_E é o tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho, D é a dose diária de ruído em porcentagem e NE é o nível de exposição em dB.

De acordo com a norma, a exposição ocupacional ao ruído pode ser determinada tanto pelo método da dose diária, quanto pelo método do nível equivalente.

A medição da exposição de um trabalhador ao ruído pelo método da dose deve ser determinada preferencialmente utilizando um medidor integrador de uso pessoal. Porém, na impossibilidade da utilização de um medidor integrador de uso pessoal, pode ser determinada utilizando medidor portado pelo avaliador. Nesta situação, a dose diária pode ser determinada através da expressão:

$$Dose \ Diária = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) \times 100 [\%] \quad (3.4)$$

onde C_n é o tempo total diário que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico e T_n é o tempo máximo diário permissível a este nível, segundo a Tabela 1. Caso os níveis de ruído tenham valores intermediários aos valores da Tabela 1 será considerado o tempo máximo admissível do nível acima. Para o cálculo da dose não se contabilizam exposições a ruídos de níveis inferiores a 80 dB(A). No método da dose, o limite de exposição diária ao ruído corresponde a uma dose diária igual a 100%.

Conforme se mostra na Tabela 1, a NHO-01 não permite exposição a ruídos com níveis superiores a 115 dB(A).

Tabela 1: limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente pela NHO-01.

Nível de ruído dB(A)	Tempo máximo diário permissível (T_n) (minutos)
80	1.523.90
81	1.209.52
82	960.00
83	761.95
84	604.76
85	480.00
86	380.97
87	302.38
88	240.00
89	190.48
90	151.19
91	120.00
92	95.24
93	75.59
94	60.00
95	47.62
96	37.79
97	30.00
98	23.81
99	18.89
100	15.00
101	11.90
102	9.44
103	7.50
104	5.95
105	4.72
106	3.75
107	2.97
108	2.36
109	1.87
110	1.48
111	1.18
112	0.93
113	0.74
114	0.59
115	0.46

3.2.2. NR-15

De acordo com a norma regulamentadora 15 os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A" e circuito de resposta lenta (*SLOW*). As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador.

O tempo de exposição a determinado ruído não deve ultrapassar os limites estabelecidos na Tabela 2. Caso os níveis de ruído tenham valores intermediários aos valores da Tabela 2 será considerado o tempo máximo admissível do nível acima.

A norma regulamentadora 15 não permite exposição a ruídos com níveis superiores a 115 dB(A) durante a jornada de trabalho e caso ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados de forma que a soma das frações abaixo não ultrapasse a unidade.

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (3.5)$$

onde C_n é o tempo total que o trabalhador é exposto a um nível de ruído específico e T_n é a máxima exposição diária permissível a este nível de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente pela NR-15.

Fonte: Adaptado de Norma Regulamentadora 15 (1978).

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

4. METODOLOGIA

4.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

No tocante à metodologia, utilizou-se a classificação de Gonsalves, 2001. Assim, com base na referida classificação, os objetivos desta pesquisa foram alcançados mediante recursos metodológicos da pesquisa descritiva e analítica, pois o trabalho é apresentado em forma de texto, com análise crítica dos dados medidos. Já quanto ao procedimento de coleta o mesmo foi de pesquisa bibliográfica, sendo esta obtida nas obras referenciadas e que abordam o estado da arte sobre o tema. O procedimento de coleta da pesquisa também foi de campo, uma vez que os ruídos foram medidos nos tratores em operação. Já, nas fontes de informação, os recursos metodológicos utilizados foram de natureza de dados quantitativos, uma vez que os níveis dos decibéis tolerados pelo ouvido humano foram comparados à luz das normas NHO-01 e NR-15.

4.2. PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

O procedimento de avaliação do ruído dos tratores foi feito de acordo com a norma NHO-01. Dessa forma, para caracterizar a exposição de todos trabalhadores considerados, foram escolhidos tratores de diversos tamanhos, fabricantes e potências variados.

Para medição da exposição ocupacional dos motoristas de trator, foi utilizado um dosímetro de ruído portado pelo avaliador (Figura 2) atendendo as especificações da norma ANSI S1.25 - 1991 com classificação mínima do tipo 2 e com seus parâmetros ajustados da seguinte forma:

- circuito de ponderação - "A";
- circuito de resposta - lenta (*slow*) ou rápida (*fast*), quando especificado pelo fabricante;
- critério de referência - 85 dB(A), que corresponde a dose de 100% para uma exposição de 8 horas;
- nível limiar de integração - 80 dB(A);
- faixa de medição mínima - 80 a 115 dB(A);
- incremento de duplicação de dose = 3 ($q = 3$);
- indicação da ocorrência de níveis superiores a 115 dB(A).



Figura 2: Decibelímetro utilizado na obtenção dos dados.

As medições foram realizadas com o microfone dentro da zona auditiva dos operadores e ao lado no qual o tubo de escape do motor está posicionado, visto que este é o lado de maior exposição ao ruído. O nível médio fornecido pelo dosímetro foi considerado representativo da exposição do trabalhador durante toda sua jornada de trabalho.

Os tratores foram analisados em operações diversas a fim de se obter uma representação apropriada da jornada de trabalho deste grupo de trabalhadores. A título de ilustração, a Figura 3 mostra a medição de ruído em operação de transporte. Também foram feitas medições utilizando o trator Yanmar 1155 executando operações diferentes em tipos de solos diferentes (Figura 4) para analisar a influência do tipo de operação e do tipo de solo no nível de ruído no qual o operador está exposto. As operações analisadas foram as de gradagem, aração, encanteiramento, aração subsolar, pulverização, transporte e bombeamento. Todas medições foram realizadas em campo aberto sem ruídos de fundo significativos.



Figura 3: Medição de ruído em operação de transporte.



Figura 4: Solo não pedregoso (à esquerda) e solo pedregoso (à direita).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram analisados dez tratores conforme o procedimento de medição descrito na Seção 4. Estes tratores além de pertencerem à diversas marcas e modelos e possuírem potências e anos de fabricação variados, foram analisados executando diferentes operações do cotidiano dos agricultores. Os valores obtidos nas medições representam o nível médio de ruído e podem ser verificados na Tabela 3.

Tabela 3: Níveis de ruído dos tratores analisados.

Marca	Modelo	Potência (cv)	Ano	Operação	Nível de ruído (dB(A))
Massey Ferguson	65X	65	1978	aração	94
Massey Ferguson	275	75	1994	gradagem	96
Massey Ferguson	275	75	1992	encanteiramento	93
Massey Ferguson	275	75	1999	transporte	92
Massey Ferguson	235	51	1979	bombeamento	95
Valtra	785	75	2002	aração subsolar	92
Valtra	785	75	1995	gradagem	93
Agrale	4300	36	1995	encanteiramento	90
Yanmar	1155	55	2015	pulverização	92
Yanmar	1175	75	2014	aração subsolar	94

De acordo com a tabela 3, podemos verificar que, em todos os casos, os níveis de ruído medidos, estão acima de 85 dbA, e segundo a norma, é necessário utilizar proteção para uma jornada diária de mais de 8 horas. Como os trabalhadores informaram que geralmente trabalham durante mais de 8 horas por dia, é necessário reduzir o nível de ruído que os operadores estão expostos ou os mesmos devem utilizar algum tipo de proteção auricular.

Foi verificado que tratores de maior potência são mais ruidosos quando comparados com tratores de menor potência. O uso de motores menos potentes, reduziria o nível de ruído que o operador é exposto, porém algumas atividades necessitam de tratores potentes para serem realizadas, como a aração, e mesmo motores menos potentes como o trator Agrale de 4300 tem um nível médio de ruído de 90 dbA, sendo necessário o uso de proteção para uma jornada diária de mais de 151,19 minutos.

São diversos os fatores que influenciam o nível de ruído que um motor emite. Como por exemplo o número de cilindros, o modo como os cilindros estão distribuídos no bloco do motor, a pressão dentro dos cilindros, o sistema de escapamento e o sistema de admissão de ar. É possível alterar diversas especificações dos motores para reduzir o nível de ruído que os mesmos emitem, como por exemplo, sistema de escapamento pode utilizar abafadores para absorver os ruídos mais agudos. Porém, esta e outras alterações nas especificações dos motores, são determinadas pelo fabricante quando o motor é produzido e dificilmente podem ser alteradas após a fabricação do mesmo, ou tem um custo elevado para efetuar.

Outro modo de reduzir o nível de ruído oriundo do motor, é enclausurar o mesmo com material isolante acústico. Porém o motor necessita ser refrigerado, e ao envolver o motor, a sua troca de calor com o ambiente será reduzida e problemas de sobreaquecimento podem surgir. Trabalhos futuros podem ser desenvolvidos a fim de verificar um modo de isolar acusticamente motores de tratores e manter a temperatura de operação em níveis aceitáveis.

Também foi possível verificar que tratores com um maior tempo de uso são mais ruidosos quando comparados com tratores com menor tempo de uso. Não foi possível verificar as causas deste fenômeno, mas uma possível origem do aumento nos níveis de ruído dos tratores com mais tempo de uso é o desgaste de alguns componentes que acabam gerando folgas e ao serem

excitados pela vibração do motor geram ruídos que não são observados em componentes não desgastados. Um estudo pode ser desenvolvido para verificar este fenômeno.

A fim de verificar a influência do tipo de solo e do tipo de operação no nível de ruído no qual o operador está exposto, o trator Yanmar modelo 1155 de 55cv e ano de fabricação 2015 foi submetido a operações em solo pedregoso e não pedregoso. Os níveis de ruído medidos podem ser verificados na Figura 5.

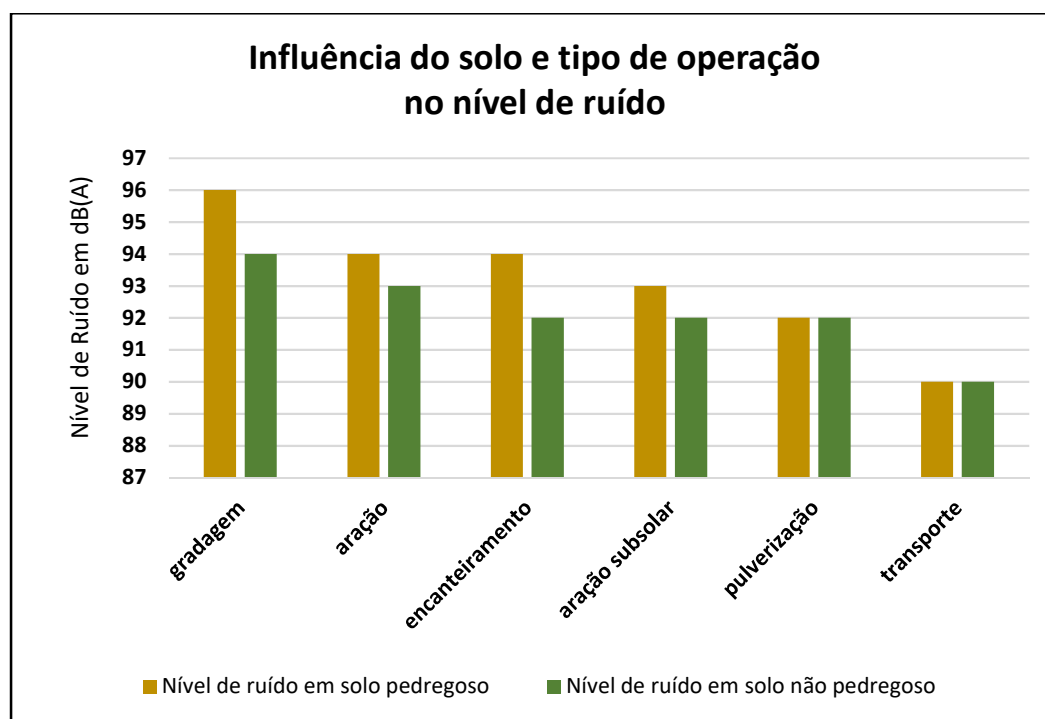


Figura 5: Comparativo da influência do solo e tipo de operação no nível de ruído.

Operações aonde partes móveis dos implementos estão em constante contato com o solo, como gradagem, aração e encanteiramento, apresentaram um maior nível de ruído em solos pedregosos devido ao choque das partes móveis com as pedras e também por impor uma carga maior no motor, elevando o nível de ruído do mesmo. Por outro lado, operações que não resultam em impacto dos componentes dos implementos com as pedras, como transporte e pulverização, não geraram diferentes níveis de ruído entre solos pedregosos e não pedregosos.

Uma maneira de evitar a exposição ao ruído causada por operações em solos pedregosos é plantar culturas que podem ser produzidas por plantio direto, evitando o trabalho do solo e o ruído oriundo do impacto das pedras com as partes móveis dos implementos. Entretanto, nem todas as culturas podem ser cultivadas por plantio direto em todas as regiões, por diversos fatores como por exemplo o clima.

A utilização de tratores com cabine de proteção reduz consideravelmente o nível de ruído que o operador é exposto em qualquer operação e em qualquer tipo de solo. A cabine é um compartimento, geralmente feita de vigas de aço, paredes de vidro e teto de polímeros a qual envolve o espaço de trabalho do operador. A cabine isola o motorista do motor e dos implementos, que são as principais fontes de ruído. Infelizmente tratores com cabine de proteção tem um custo relativamente maior que tratores sem cabine de proteção, e para muitos agricultores a aquisição de um trator com cabine é inviável.

O uso de protetores auriculares pelos motoristas de tratores seria uma forma de reduzir o nível de ruído que os mesmos estão expostos realizando qualquer operação em qualquer tipo de solo. Esta solução, não teria problemas de aquecimento do motor, não restringiria o agricultor somente ao cultivo de culturas por plantio direto, não teria grandes custos e não seria necessário alterar nenhuma característica do motor.

6. CONCLUSÕES

Foi verificado que os tratores com maior potência e maior tempo de uso apresentaram níveis de ruído maiores quando comparados com tratores de menor potência e menor tempo de uso.

As operações em solo pedregoso apresentaram níveis de ruído maiores quando comparadas com as operações em solo não pedregoso devido ao impacto constante das partes móveis dos implementos com as pedras. As operações de gradagem, aração e encanteiramento apresentaram níveis mais altos de ruído quando comparadas com outras operações.

Em todos os casos, as operações com tratores apresentaram níveis de ruído acima do permitido tanto pela NHO-01 quanto pela NR-15 para uma jornada de trabalho de 8 horas. Como os trabalhadores informaram trabalhar geralmente por mais de 8 horas por dia, o limite de exposição diária ao ruído foi extrapolado.

Dessa forma é necessário reduzir o nível de ruído que os operadores estão expostos ou proteger o sistema auditivo dos mesmos. Foi discutido o uso de motores com potências menores, mas algumas atividades necessitam de tratores potentes para serem realizadas e mesmo tratores com menor potência tem um nível médio de ruído acima do permitido para a jornada diária dos motoristas de tratores.

Se discutiu o isolamento acústico do motor, mas esta alternativa poderia causar o sobreaquecimento do mesmo. Também foi discutido realizar alterações nas especificações dos motores para que os mesmos gerem um nível menor de ruído, porém algumas características dificilmente podem ser alteradas após a fabricação do motor, ou tem um custo elevado para serem realizadas. Se discutiu a realização do plantio direto para evitar o ruído oriundo do impacto das pedras com as partes móveis dos implementos, entretanto esta técnica não é possível com certas culturas em certas regiões.

A utilização de tratores com cabine de proteção reduz consideravelmente o nível de ruído que o operador é exposto em qualquer operação e em qualquer tipo de solo, mas em contrapartida tratores com cabine de proteção tem um custo relativamente maior que tratores sem cabine de proteção, e para muitos agricultores a aquisição de um trator com cabine é inviável.

Dessa forma, a alternativa mais adequada para a solução do problema, seria o uso de protetores auriculares conforme indica a NR-6, pois o protetor auricular não teria um custo elevado aos agricultores, reduziria o ruído oriundo do motor e dos implementos, não geraria problemas de sobreaquecimento do motor e não seria necessário alterar as características do mesmo. Dentre os 3 modelos apresentados na norma, o mais facilmente aceito pelos agricultores é o protetor auditivo de inserção, pois tem um custo mais atrativo e é considerado mais confortável pelos mesmos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAESSO, M. M.; MODOLO, A. J.; BAESSO, R. C. E.; FISCHER, C. **Níveis de ruído emitidos por tratores agrícolas**. Brazilian Journal of Biosystems Engineering, Pirassununga, v. 11, n. 3, p 229-238, 2017.

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

CELEN, I. H.; ARLN, S. **Noise levels of agricultural tractors**. Pakistan Journal of Biological Sciences, Tekirdag, v. 6, n. 19, p. 1706-1711, 2003.

FERNANDES, J. C. **Avaliação dos níveis de ruído em tratores agrícolas, e seus efeitos sobre o operador**. 1991. 193 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído: Fundamentos e controle**. 2. ed. Florianópolis: NR Editora, 2000.

GONSALVES, Elisa Pereira. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. São Paulo: Atlas, 2001.

KHADATKAR, A.; MEHTA, C. R. **Effect of age and duration of driving on hearing status of Indian agricultural tractor drivers**. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Thousand Oaks, v. 37, n. 2, p. 1-8, 2018.

KHADATKAR, A.; MEHTA, C. R.; GITE, L. P.; NARWARIYA, B. S.; KUMAR, A. **Hearing impairment of indian agricultural tractor drivers**. Current Science, bangalore, v. 113, n. 5, p. 969-974, 2017.

MAGALHÃES, A. T.; CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. J. **Nível de ruído de um trator agrícola em função da rotação, da distância, da velocidade e da condição do solo obtido por meio de decibelímetro com e sem proteção de vento**. Revista Energia na Agricultura, Botucatu, v. 27, n. 4, p. 27-44, 2012.

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL – PROCEDIMENTO TÉCNICO. **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído (NHO-01)**. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília: Fundacentro, 2001.

NORMA REGULAMENTADORA 15. **Atividades e operações insalubres (NR15) – Anexo No1 Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente**. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília: Portaria N°3214, 1978.

NORMA REGULAMENTADORA 6. **Equipamento de proteção Individual – EPI (NR6) – Anexo No1 lista de equipamentos de proteção individual**. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília: Portaria N°194, 2010.

PLAKKE, B. L.; DARE, E. **Occupational hearing loss in farmers**. Public Health Reports, Washington, v. 107, n. 2, p. 188-192, 1992.

PREZA, D. L. C.; AUGUSTO, L. G. S. **Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, v. 37, n. 125, p. 89-98, 2012.

SCHENKER, M.B.; ORENSTEIN, M. R.; SAMUELS, S. J. **Use of protective equipment among California farmers.** American Journal of Industrial Medicine, Hoboken, v. 42, n. 5, p. 455-464, 2018.

SHARIFZADEH, M. S.; DAMALAS, C. A.; ABDOLLAHZADEH G. **Perceived usefulness of personal protective equipment in pesticide use predicts farmers' willingness to use it.** Science of the Total Environment, Nova York, v. 609, n.1, p. 517-523, 2017.

STANSFELD, S.A; MATHESON, M.P. **Noise pollution: non-auditory effects on health.** British Medical Bulletin, Londres, v. 68, n.1, p. 243-257, 2003.

TOSIN, R. C.; LANÇAS, K. P.; ARAUJO, J. A. B. **Avaliação do ruído no posto de trabalho em dois tratores agrícolas.** Revista Energia na Agricultura, Botucatu, v. 24, n. 4, p. 108-118, 2015.

WINTERS, M.; MACINTYRE, E. **Noise and hearing loss in farming.** Research Gate, 2005. Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/29734945_Noise_and_hearing_loss_in_farming>. Acesso em: 09 sep. 2018.