

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

ANÁLISE DE RUÍDO EM TRATORES CABINADOS NA OPERAÇÃO DE PLANTIO DA
SOJA

por

Rovian Krieger Santos

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, Maio de 2021.

CIP - Catalogação na Publicação

Krieger Santos, Rovian
Análise de ruído em tratores cabinados na operação
de plantio da soja / Rovian Krieger Santos. -- 2021.
22 f.
Orientador: Leticia Fleck Fadel Miguel.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica, Porto
Alegre, BR-RS, 2021.

1. ruído. 2. nível de pressão sonora. 3. tratores
cabinados . I. Fleck Fadel Miguel, Leticia, orient.
II. Título.

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

Rovian Krieger Santos

ANÁLISE DE RUÍDO EM TRATORES CABINADOS NA OPERAÇÃO DE PLANTIO DA
SOJA

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

Prof. Mario Roland Sobczyk Sobrinho
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de concentração: Mecânica dos Sólidos

Orientador: Profa. Dra. Letícia Fleck Fadel Miguel

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Juan Pablo Raggio Quintas

Prof. Dr. Edson Hikaro Aseka

Profa. Dra. Letícia Fleck Fadel Miguel

Porto Alegre, maio de 2021

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Vanderlei e Cida, pela minha formação de caráter e por todos os esforços realizados para me proporcionar ótimas condições e oportunidades de estudos.

Aos meus irmãos, pela parceria de sempre, em especial ao meu irmão mais velho por ter me influenciado na escolha pela engenharia.

À minha namorada, pelo companheirismo, amor e apoio incondicional durante todo o período da faculdade.

À minha orientadora, Prof. Letícia, pela ajuda e orientação no desenvolvimento desse trabalho.

Aos meus colegas e amigos, por toda ajuda e companheirismo durante esta árdua e desafiadora trajetória.

Santos, Rovian Krieger. **Análise de ruído em tratores cabinados na operação de plantio da soja**. 2021. 22f. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

RESUMO

O presente trabalho compreende uma análise de ruído no posto de operação de tratores cabinados realizando a operação de plantio da soja. Este estudo tem como objetivo realizar medições de nível de pressão sonora em tratores e determinar se a atividade se enquadra como insalubre pela norma regulamentadora NR-15 e averiguar se atende a Norma de Higiene Ocupacional NHO-01. Além disso, são investigados também os motivos contribuintes para a diferença de ruído entre as máquinas agrícolas. Para isso, são analisados três tratores agrícolas da mesma marca realizando o mesmo tipo de operação. Os resultados obtidos mostram que um dos tratores não obedece às normas usadas no estudo em referência aos níveis máximos de nível de pressão sonora tolerados para uma jornada de trabalho de 8 horas. Ao fim do trabalho, dentre as conclusões, se destaca que tratores cabinados não obrigatoriamente atendem às exigências das normas regulamentadoras e também conclui-se que o uso de protetor auricular se faz necessário para o operador do trator com os maiores níveis de ruído.

PALAVRAS-CHAVE: ruído, tratores agrícolas, NHO-01, NR-15.

Santos, Rovian Krieger. **Noise analysis in cabined tractors in soy planting operation.** 2021. 22p. Mechanical Engineering End of Course Monography – Mechanical Engineering degree, The Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

ABSTRACT

The present work consists of a noise analysis in the cab of the operating station of tractors realizing the soy plant operation. This study aims to perform noise measurements on tractors and determine if the activity is classified as unhealthy by the regulatory standard NR-15 and ascertain whether it meets the Occupational Hygiene Standard NHO-01. In addition, the contributing reasons for the difference in noise between these agricultural machines are also investigated. For that, three tractors of the same brand are analyzed, executing the same type of operation. The results obtained show that one of the tractors does not comply with the standards used in the study in reference to the maximum noise levels tolerated for an 8-hour working day. At the end of the work, among the conclusions, it is highlighted that cab tractors do not necessarily meet the requirements of regulatory standards and it is also concluded that the operator of the tractor with the highest noise levels must use hearing protection equipment.

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

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
3.1 NORMAS UTILIZADAS.....	4
3.1.1 NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL NHO-01.....	4
3.1.2 NORMA REGULAMENTADORA NR-15.....	6
3.2 RUÍDO.....	7
3.3 PERDA AUDITIVA INDUZIDA PELO RUÍDO (PAIR).....	7
4. METODOLOGIA.....	8
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	9
5.1 INVESTIGAÇÃO DA DIFERENÇA DO NÍVEL DE RUÍDO ENTRE OS TRATORES.....	11
6. CONCLUSÕES.....	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que possui uma grande área territorial, a qual, em termos de biodiversidade, difere de uma região para outra e possibilita as mais diversas formas de aproveitamento dos recursos naturais existentes. Tal riqueza em recursos naturais, nas últimas décadas, possibilitou que o agronegócio se tornasse o principal usufruidor desses recursos, tornando essa atividade econômica muito importante quando se trata da economia do país (CRUVINEL, 2009).

Devido ao crescimento exponencial do agronegócio no Brasil, a segurança das pessoas que trabalham exercendo funções essenciais para esse ramo se tornaram foco de atenção, pois o trabalho no campo pode gerar diversos acidentes, anomalias e problemas quando se trata da saúde ocupacional desses trabalhadores (TEIXEIRA e FREITAS, 2003). Portanto, apesar de existir inúmeros riscos à saúde dos trabalhadores, essa pesquisa se concentra em analisar os problemas auditivos oriundos do trabalho no campo, uma vez que esses colaboradores estão expostos diariamente à altos ruídos quando operam tratores agrícolas com cabines.

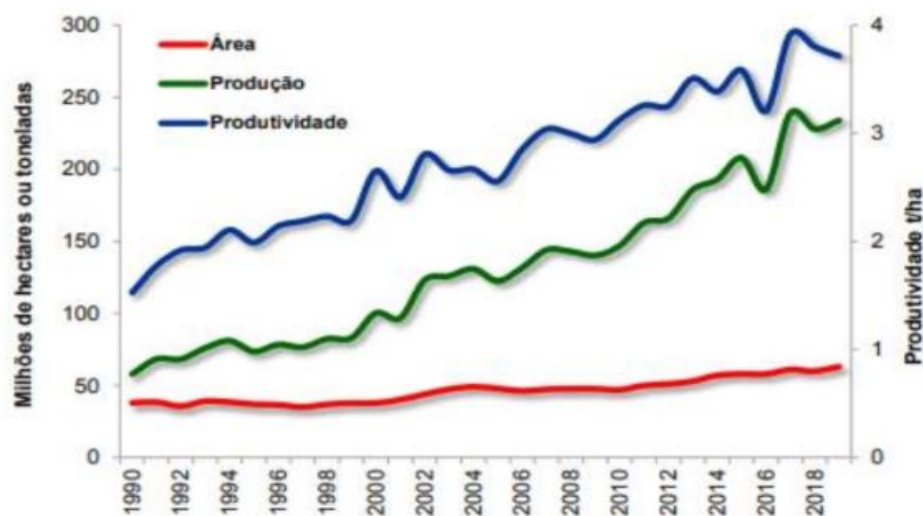
1.1 JUSTIFICATIVA

Ao abordar o uso de maquinários agrícolas no Brasil, vale ressaltar que os mesmos não são usados somente em lavouras. O maquinário agrícola também é usado na pecuária, que junto com as lavouras compõem uma importante parcela do agronegócio. Portanto, sendo o Brasil um país rico em fatores contribuintes para o agronegócio, como água, terras agricultáveis, solo rico em nutrientes, luminosidade e clima favorável, junto com a expansão da agricultura, ocorreu a expansão do mercado de máquinas agrícolas.

Segundo Gasque et al. (2004), uma das razões para a expansão da área plantada com Soja, no início dos anos 2000, que ocorreu através da conversão de pastagens em lavouras, foi o fato de que essa conversão ficou mais viável tecnologicamente. Nesse período o Brasil contou com o início do programa do governo, idealizado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) chamado Moderfrota, que viabilizou tanto a compra como a expansão no estoque de máquinas e implementos agrícolas no país (GASQUE et al., 2004). Tal programa possibilita financiar produtos agrícolas, tratores e implementos a juros subsidiados, itens essenciais quando se trata da conversão de pastagens em lavouras.

Conforme Baricelo e Bacha (2013), além do Moderfrota outros dois fatores impactaram diretamente na alta demanda por máquinas agrícolas no início dos anos 2000: a expansão da área plantada com grãos e a variação cambial, que reduziu os valores de importação dos maquinários agrícolas. Na Figura 1 pode-se analisar os indicadores referentes ao cultivo da soja no Brasil.

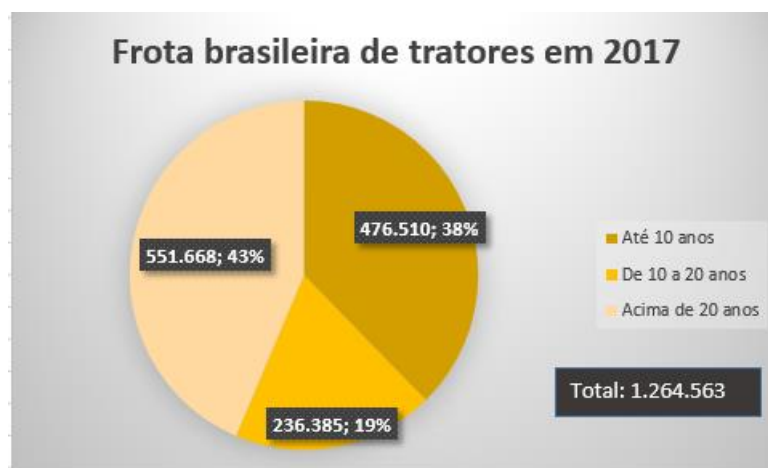
Figura 1 – Evolução da área, produção e produtividade da soja no Brasil.



Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (2019).

A análise da Figura 1 possibilita verificar que houve um aumento expressivo da área plantada e da produção da soja nos últimos 30 anos, esses indicadores estão relacionados com a tecnologia disponibilizada pela frota de maquinários agrícolas que vem sendo inserida no Brasil. De acordo com Cogo (2017), a expansão da frota possibilitou um aumento de 59% na área plantada com grãos no país, essa expansão ocorreu com a venda de 658 mil tratores entre os anos de 2000 e 2016. A composição brasileira da frota de tratores agrícolas em 2017 é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Composição da frota brasileira de tratores agrícolas em 2017.



Fonte: Adaptado de Cogo (2017).

De acordo com o cenário apresentado, percebe-se a necessidade de uma maior preocupação com a saúde ocupacional dos trabalhadores do campo, principalmente com os que utilizam tratores agrícolas, justificando assim a necessidade desse trabalho.

A exposição ao ruído, ou níveis elevados de pressão sonora, é a principal causa, sujeita à prevenção, de perda auditiva sensorio-neural em indivíduos adultos (MARQUES e COSTA, 2006). Assim, investigar tal exposição e suas consequências para a audição tem sido uma preocupação constante no campo da saúde pública, a qual investe em estudos na intenção de

entender e delimitar a ocorrência da Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR). A PAIR é uma doença que se intensifica ao longo dos anos, apresentando relação direta com a intensidade, tempo de exposição e a susceptibilidade individual do trabalhador ao ruído (MARQUES e COSTA, 2006).

Destaca-se que além dos riscos à saúde, o ruído pode perturbar o trabalho, o descanso, o sono e a comunicação dos seres humanos (MARQUES e COSTA, 2006). Deve-se levar em consideração, que os locais de trabalho desses operadores, por serem mais afastados e sem poluição sonora como nas cidades, passam despercebidos de políticas e boas práticas de saúde ocupacional, principalmente quando se considera as pequenas propriedades rurais.

Em seu estudo com operadores de tratores com até 5 anos de exposição aos ruídos, Fernandes (1991) relata que 42,9% apresentavam perda de audição induzida por ruído. Ainda na visão do autor, esse cenário pode ser reflexo da exposição aos ruídos acima dos valores estabelecidos pela legislação, junto com a grande porcentagem e precoce perda de audição. Considera-se que o estudo de Fernandes (1991) concluiu que para tratores de maior potência, acima de 100cv, os níveis de ruído emitidos são ainda mais altos.

Ressalta-se que diferentes tratores possuem diferentes níveis de ruídos, no entanto para os operadores que estão expostos a valores acima do permitido pela legislação, existe a possibilidade de prevenção da PAIR com o uso de EPIs. Entretanto, essa prevenção normalmente não é feita pelos tratoristas, uma vez que a maioria não faz uso de protetores auriculares enquanto exercem seu trabalho (FERNANDES, 1991). Um dos fatores que pode motivar os tratoristas a não usarem EPIs, é o fato de alguns maquinários desse tipo possuírem cabines, que geram uma falsa sensação de proteção e conforto, pois quando comparados com tratores não cabinados, estes possuem um maior conforto acústico.

Para a realização deste trabalho, foram analisados os ruídos no posto dos operadores de três tratores agrícolas cabinados de média-alta potência (165, 185 e 190cv) e comparado com as normas NHO-01 e NR-15 para averiguar se o nível de pressão sonora a que os tratoristas estão expostos obedecem às normas.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Medir e analisar os níveis de pressão sonora no posto dos operadores de três tratores agrícolas cabinados de média-alta potência (165,185 e 190cv) na operação de plantio da soja.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Averiguar o nível de pressão sonora a que os tratoristas estão expostos.
- b) Avaliar o nível de ruído a que os tratoristas estão expostos utilizando a Norma Regulamentadora NR-15 e a Norma de Higiene Ocupacional NHO01.
- c) Investigar a causa da diferença de ruídos entre os tratores.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nessa seção são expostos os principais conceitos para o entendimento desta pesquisa, como as normas utilizadas, definição de ruído e perda auditiva induzida pelo ruído, para que assim os resultados apresentados na pesquisa sejam melhor compreendidos.

3.1 NORMAS UTILIZADAS

Levando em consideração o objetivo desse estudo, utilizaram-se a Norma Regulamentadora NR15 e a Norma de Higiene Ocupacional NHO01. Com o uso dessas normas, é possível concluir se a atividade dos operadores de tratores agrícolas na operação de plantio da soja se enquadra como insalubre.

3.1.1 NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL NHO-01

A norma NHO-01 tem como objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído, que pode implicar algum risco potencial de surdez ocupacional. Essa norma se aplica à exposição ocupacional a ruídos do tipo contínuo, intermitente ou de impacto, mas não é voltada para a caracterização das condições de conforto acústico.

Para estabelecer os limites de exposição diária ao ruído contínuo ou intermitente, a norma utiliza o limite de 85dB (A) como referência para uma dose de 100% para uma exposição de 8 horas.

Para avaliar a exposição ocupacional ao ruído, deve-se ser determinada a dose diária de ruído ou do nível de exposição, que são parâmetros que representam a exposição diária do trabalhador ao ruído. Esses parâmetros podem ser obtidos seguindo as seguintes expressões matemáticas:

$$NE = 10 \times \log \left(\frac{480}{TE} \times \frac{D}{100} \right) + 85 \text{ [dB]} \quad (1)$$

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

onde TE é o Tempo de Duração, em minutos, da jornada diária de trabalho, D é a dose diária de ruído em porcentagem e NE representa o nível de exposição.

Segundo a norma NHO-01 (2001, p.16):

“A determinação da dose de exposição ao ruído, deve ser feita, preferencialmente, por meio de medidores integradores de uso pessoal (dosímetros de ruído). Neste caso, o limite de exposição ocupacional ao ruído contínuo ou intermitente corresponde a dose diária igual a 100%”.

Caso haja a impossibilidade de utilização de medidores integradores de uso pessoal, podem ser utilizados medidores portados pelo avaliador. Para esse caso, a dose diária pode ser determinada pela seguinte expressão matemática:

$$\text{DOSE DIÁRIA} = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) \times 100 \text{ [%]} \quad (3)$$

onde Cn é o tempo total diário que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído e Tn é o tempo máximo diário permissível a este nível de ruído, segundo dados apresentados na Tabela 1.

Os valores limites de tolerância ao ruído contínuo ou intermitente podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1 – Limites de tolerância de ruído contínuo e intermitente segundo a NHO-01.

Nível de ruído dB (A)	Tempo máximo diário permissível (Tn) (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

Fonte: NHO-01 (2001, p.18-19).

Para os casos em que houver níveis de ruídos que são intermediários aos valores estabelecidos na Tabela 1, é considerado o tempo máximo diário permissível relativo ao nível imediatamente acima. A norma também estipula que exposições a níveis inferiores a 80 dB (A) não são consideradas no cálculo da dose e tem como valor máximo para o limite de exposição o valor de 115 dB (A). Portanto, seguindo esses critérios, o limite de exposição ocupacional diária ao ruído contínuo ou intermitente corresponde a dose diária igual a 100%.

3.1.2 NORMA REGULAMENTADORA NR-15

A norma NR-15 estabelece uma classificação de atividades de trabalho consideradas insalubres caso as condições ocupacionais atinjam limites de tolerância superiores aos pré-estabelecidos. De acordo com o Anexo 1 da NR-15, são estabelecidos limites de tolerância para ruídos contínuos e intermitentes.

Os limites de tolerância para máxima exposição diária à ruídos contínuos e intermitentes são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Limites de tolerância de ruído contínuo e intermitente segundo a NR-15.

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

Fonte: NR-15 (1978, p.3).

Segundo a NR-15, as medições devem ser realizadas próximas ao ouvido dos trabalhadores, e para medidas intermediárias, as quais não aparecem na tabela, deve-se considerar os valores mais próximos apresentados na Tabela 2, ressalta-se que deve-se considerar a máxima exposição diária permissível relativa ao nível de ruído imediatamente mais

elevado. Além disso, não é permitida a exposição de trabalhadores a ruídos maiores que 115 dB (A) sem uma proteção adequada.

Para os casos em que numa jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a diferentes níveis de ruídos, devem ser considerados os seus efeitos combinados, conforme a expressão matemática a seguir:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (4)$$

onde C_n é o tempo total diário que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído e T_n é o tempo máximo diário permissível a este nível de ruído, segundo dados apresentados na Tabela 2.

3.2 RUÍDO

Entende-se por ruído os sons que são desagradáveis, indesejáveis e causam algum tipo de desconforto, essa definição é subjetiva, pois o som que é agradável para uma pessoa, pode ser desconfortável para outra (RODRIGUES, 2009). Apesar dessa definição subjetiva, “para especialistas da saúde e da segurança do trabalho, o ruído é classificado como um agente físico que causa danos à saúde e à capacidade auditiva dos seres humanos” (RODRIGUES, 2009, p.5). Portanto, segundo essa autora, mesmo sons que podem ser considerados agradáveis, mas que possuem volume elevado, devem ser considerados ruídos. E o dano causado por ruídos depende de diversos fatores, como amplitude e frequência, tempo de duração, e a suscetibilidade de cada pessoa.

Já no ambiente de trabalho, é considerado como ruído ocupacional. A NR-15 distingue ruído em três classificações, o Ruído Contínuo, refere-se ao ruído cuja variação do Nível de Pressão Sonora (NPS) não ultrapassa 3 dB(A) durante um período relativamente longo, de aproximadamente 15 minutos. Ruído intermitente entende-se como ruído cujo NPS varia bruscamente mais que 3 dB(A), várias vezes, em um período de tempo curto. Já o Ruído impulsivo ou de impacto refere-se ao ruído que representa picos de energia acústica com duração inferior a 1 segundo e com intervalos de ocorrência, entre picos, superiores a 1s.

3.3 PERDA AUDITIVA INDUZIDA PELO RUÍDO (PAIR)

A PAIR é considerada uma doença ocupacional que acarreta perda auditiva. Segundo Almeida et al. (2000), essa doença começou a se intensificar a partir da revolução industrial, porém na época, poucas medidas e prevenções eram tomadas. Ainda segundo os autores, os maiores índices de perda auditiva devido ao ruído ocupacional passaram a ser dos países mais industrializados, incluindo o Brasil. Dada a relevância do problema, aos custos sociais e econômicos às indústrias, a partir de 1940, fatores de prevenção do problema e fatores de risco foram alvos de diversos estudos clínicos e experimentais no mundo todo (ALMEIDA et al., 2000).

Conforme Menezes e Teixeira (2005), a perda de audição devido ao ruído ocupacional é uma doença que se desenvolve lentamente, e o surgimento dos sintomas são tardios e insidiosos. Além de danos auditivos, quando uma pessoa se expõe a altos níveis de pressão sonora, podem surgir problemas secundários, como: alteração do ritmo cardíaco e pressão sanguínea, zumbidos e estresse. Altos níveis de pressão sonora, ao longo do tempo acabam prejudicando parcialmente ou totalmente, o órgão de Corti, que se situa na parte interna do ouvido, devido à exaustão física, alteração química, mecânica e metabólica deste.

4. METODOLOGIA

Os procedimentos usados para a obtenção dos dados deste trabalho não foram realizados de acordo com os procedimentos aconselhados pela norma NHO-01. A obtenção dos dados foi feita utilizando o decibelímetro digital, mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Decibelímetro Digital Minipa MSL-1301.



Fonte: Arquivo pessoal.

Características do decibelímetro:

- a) Marca: Minipa
- b) Modelo: MSL-1301
- c) Instrumento de acordo com a norma EN61326-1 Classe 2 para decibelímetros
- d) Faixa de medição dinâmica de 30dB a 130dB
- e) Tempo de resposta utilizado: *Slow*

Este decibelímetro não atende as normas recomendadas pela NHO-01 e NR-15. Não obedece a classe de ser no mínimo tipo 2 e também não segue as especificações constantes das normas ANSI S1.4 – 1983 e IEC 651. Esse equipamento não estava calibrado no momento da coleta de dados e somente foi utilizado por falta de disponibilidade do equipamento correto.

Mesmo que os procedimentos utilizados para realizar a coleta dos dados não estão de acordo com a norma NHO-01, o estudo foi feito considerando algumas diretrizes desta. Segundo a Norma NHO-01, o conjunto de todas as medições obtidas, devem ser precisas e representativas da realidade de exposição ao ruído em que os trabalhadores se encontram. Para isso ser atendido, as medições devem cobrir todas as condições, operacionais e ambientais, que envolvem o trabalhador.

Portanto, para realizar a coleta dos dados, as medidas foram obtidas na lavoura, onde os tratores realizaram a operação de plantio da soja. Na Figura 4 é mostrado um dos conjuntos trator-plantadeira utilizados para a obtenção dos dados.

Figura 4 – Trator e plantadeira em seu ambiente de trabalho.



Fonte: Arquivo pessoal.

Para a aquisição dos dados enquanto os tratores realizaram suas operações, a rotação foi variada de 1600 a 2200 rotações por minuto (rpm), de 100 em 100 rpm. Essas rotações condizem com a realidade do trabalho executado, pois nesse tipo de operação, o motor dos tratores opera sempre no intervalo de 1600 a 2200 rpm.

No procedimento de medição dos ruídos foram executadas medidas em duas posições: uma fora, próxima ao escapamento e outra no interior da cabine, numa localização aproximada do ouvido direito do operador.

As medições foram feitas por um período de 5 minutos enquanto os tratores realizavam as suas operações. Foi feita a constatação que o nível de pressão sonora variava muito pouco em um período mais longo de tempo, possuindo características de ruído contínuo.

Vale destacar, que apesar de existir uma norma específica para a medição de ruído em tratores, a NBR ISO 5131 (Tratores agrícolas e florestais – Medição de ruído na posição do operador – Método de avaliação), porém esse trabalho não segue todos os procedimentos previstos nela.

Após realizadas as medidas, foram feitas as médias logarítmicas desses dados, utilizando a equação 5.

$$LA_{eq} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N 10^{\frac{NPS_i}{10}} \right) \quad (5)$$

Na equação 5, temos LA_{eq} igual ao Nível de Pressão Sonora equivalente na escala de compensação A, N igual ao número de medidas realizadas e NPS_i igual ao i-ésimo Nível de Pressão Sonora na escala de compensação A.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a coleta dos dados, foram analisados três tratores da mesma marca, de três diferentes potências e realizando a mesma operação, o plantio da soja. Na Tabela 3, é caracterizado cada um dos tratores.

Tabela 3 – Caracterização dos tratores utilizados na coleta de dados.

Marca do trator	Modelo	Potência	Ano
Valtra	BH 165	165 cv	2009
Valtra	BH 184 Hi-Tech	185 cv	2019
Valtra	BT 190	190 cv	2011

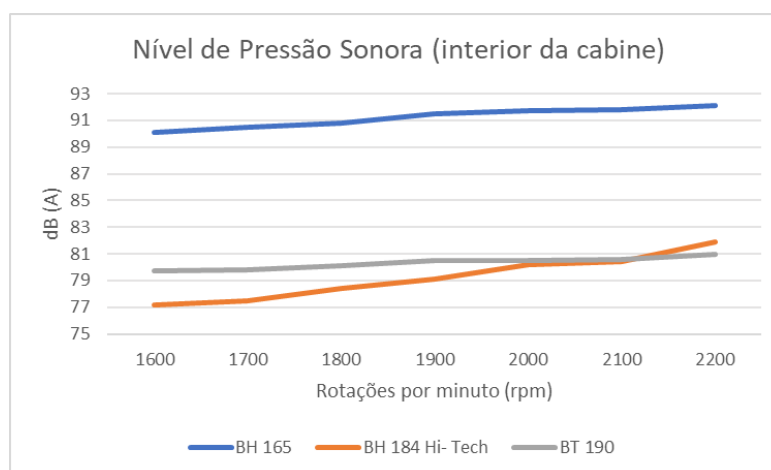
Os valores obtidos para o nível de pressão sonora dentro das cabines dos tratores, são mostrados na Tabela 4. Dentro das cabines, foram obtidas medidas em 3 posições, como mostrado na Figura 5, porém, na tabela a seguir, foram considerados somente os maiores valores obtidos nessas 3 posições.

Tabela 4 – Níveis de ruído coletados nas rotações de 1600 a 2200 rpm

	BH 165	BH 184 Hi-Tech	BT 190
1600 rpm	90,1 dB (A)	77,2 dB (A)	79,7 dB (A)
1700 rpm	90,5 dB (A)	77,5 dB (A)	79,8 dB (A)
1800 rpm	90,8 dB (A)	78,4 dB (A)	80,1 dB (A)
1900 rpm	91,5 dB (A)	79,1 dB (A)	80,5 dB (A)
2000 rpm	91,7 dB (A)	80,2 dB (A)	80,5 dB (A)
2100 rpm	91,8 dB (A)	80,4 dB (A)	80,6 dB (A)
2200 rpm	92,1 dB (A)	81,9 dB (A)	81 dB (A)

Na Figura 5 é representada graficamente a variação do nível de pressão sonora, em dB (A) por rpm, para cada trator analisado.

Figura 5 – Gráfico representativo da variação do nível de pressão sonora por rpm para cada trator.



Os dados coletados mostram que para os tratores BH 184 Hi-Tech e BT 190, independente da rotação utilizada, no intervalo de 1600 a 2200 rpm, o nível de ruído no interior da cabine (posto do operador), é adequado e menor que 85 dB(A), assim cumprindo as tolerâncias estipuladas pelas normas NHO-01 e NR-15.

Já o trator BH 165, embora seja cabinado, apresentou níveis de ruídos superiores ao valor de 85 dB (A), que corresponde ao valor máximo para uma jornada de trabalho de 8 horas

segundo a NHO-01 e a NR-15. Então ressalta-se que segundo a NHO-01, as atividades que esse operador está executando implicam em risco potencial de surdez ocupacional, e que segundo a NR-15 o trabalhador está executando uma atividade considerada insalubre. Para esse trator, considerando os valores extremos de 90,1 dB(A) e 92,1 dB(A) medidos, segundo a norma NHO-01 o operador desse trator pode executar sua tarefa por 120 minutos (2 horas), caso mantenha constante a rotação de 1600 rpm, e no máximo 75,59 minutos caso a rotação da máquina esteja constante em 2200 rpm. Para os valores intermediários de rotações, o tempo máximo de execução do trabalho se encontra no intervalo de 75,59 a 120 minutos (ver Tabela 1).

De outra forma, comparando os ruídos medidos no trator BH 165 com a norma NR-15, para os valores de 90,1 dB(A) e 92,1 dB(A), tem-se como jornada máxima de trabalho permitida 3 horas e 30 minutos para a rotação de 1600 rpm e 2 horas e 40 minutos para a rotação de 2200 rpm (ver Tabela 2).

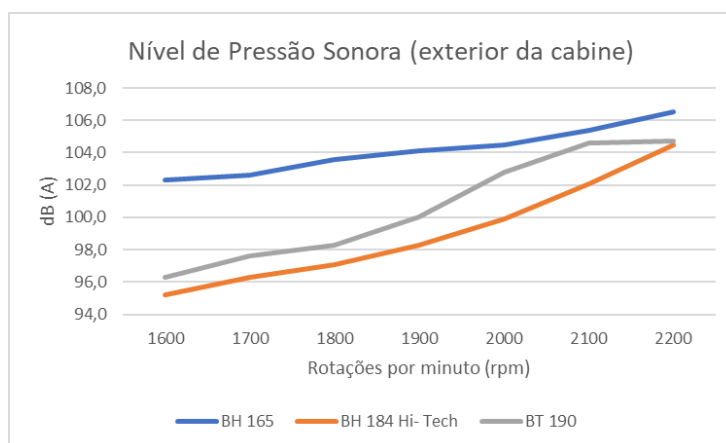
Portanto, considerando o relato do operador desse trator, que afirma trabalhar até mais do que 8 horas em suas jornadas, se torna imprescindível a tomada de prevenções para diminuir o ruído a que esse trabalhador está exposto. Para tratores não cabinados, uma fácil medida a ser adotada é a colocação de uma cabine, e embora essa solução seja altamente custosa, não se garante total isolamento, como pode-se perceber nas medições realizadas no trator BH 165. Logo, para esse trator que já é cabinado, dentre as mais diversas soluções para diminuir ruído a que o operador está exposto, como regulagem do motor, troca de óleo, troca de vedações da cabine e ajuste de escapamento, a mais simples e mais barata de ser adotada é o uso de equipamento de proteção individual (protetor auricular) pelo operador.

5.1 INVESTIGAÇÃO DA DIFERENÇA DO NÍVEL DE RUÍDO ENTRE OS TRATORES

Ao investigar a diferença de ruído entre os tratores, diversos fatores podem influenciar nos resultados. Deve-se considerar que os três tratores usados na realização dessa pesquisa são da mesma marca (Valtra), o que significa que muitos componentes dos tratores são iguais, similares ou oriundos de um mesmo fabricante, colaborando para uma amostra mais homogênea.

Deve-se considerar que quanto mais ruído o trator emite, mais ruído entra na cabine. Na Figura 7 é representado o nível de ruído emitido pelos tratores, medido do lado de fora da cabine, ao lado do escapamento.

Figura 6 – Nível de pressão sonora externo dos tratores.



Através da Figura 6, pode-se perceber que o trator BH 165, para rotações de 1600 rpm emite cerca de 6 dB (A) a mais do que os outros dois tratores envolvidos nas análises. Embora para rotações em torno de 2200 rpm essa diferença caia para aproximadamente 2 dB (A), pode-se afirmar que o trator BH 165, é significativamente mais ruidoso que o BH 184 Hi-Tech e o BT 190. Esse é um dos fatores colaboradores para que dentro da cabine, esse trator possua um maior nível de pressão sonora que os outros.

Além disso, outra diferença encontrada entre os três tratores é que o trator BH 165 (o mais ruidoso) possui uma transmissão mecânica do tipo caixa seca, já os outros dois possuem transmissão do tipo *powershift*. Na transmissão mecânica caixa seca, o processo de troca de marchas é totalmente mecânico, sem auxílio hidráulico, e gera ruídos consideráveis no momento dessa troca. Já o sistema de transmissão *powershift* possui auxílio hidráulico, fazendo com que a troca de marchas ocorra de forma mais suave, com menos vibrações e menos ruído. Portanto, se considera o sistema de transmissão como um possível contribuinte para o maior nível de emissão de ruído do trator BH 165.

Uma outra análise feita entre os tratores, com o intuito de encontrar possíveis fontes geradoras de ruído, foi o comparativo entre as carenagens desses. Os tratores menos ruidosos (BT 190 e BH 184 Hi-Tech) possuem carenagens fabricadas com polímeros e com um sistema de fixação das mesmas formado por presilhas também de polímeros. Já o trator BH 165 é equipado com carenagens fabricadas somente em metal, com sistema de fixação por parafusos. Os tratores em suas atividades costumam vibrar muito, e as carenagens de metal, devido às altas vibrações a que são submetidas, acabam emitindo um ruído maior que as carenagens fabricadas em polímero.

Outro indicador relevante na hora de comparar tratores é o número de horas trabalhadas. Um trator com mais horas de trabalho, caso não tenha passado por uma correta manutenção, pode vir a apresentar problemas, e conseqüentemente, maiores ruídos. Entre os três tratores analisados, temos o BH 165 (2009) com 4660 horas, o BT 190 (2011) com 4595 horas e o BH 184 Hi-Tech (2019) com 412 horas. Considerando que os dois tratores mais velhos possuem praticamente a mesma quantidade de horas trabalhadas, e grande diferença no nível de ruídos, não se pode afirmar, que neste caso, o número de horas trabalhadas por cada trator tenha influenciado no nível de ruído emitido.

Quando se trata de ruído dentro das cabines de operação, é importante analisar o isolamento dessas cabines, levando em consideração as borrachas de vedação e a possível existência de frestas. No trator mais ruidoso envolvido nesse estudo, foi observada a existência de diversas frestas na porta da cabine, defeito que colabora com a passagem de ruído do motor diretamente para dentro da cabine. Além disso, o trator BH 165, no teto da cabine, possui um filtro de ar, com o objetivo de evitar a entrada de poeira e sujeira para dentro da cabine. Esse filtro, no momento da análise, estava velho e bem danificado. O dono da máquina confirmou que esse filtro nunca foi trocado. Na Figura 7 é mostrado esse sistema.

Figura 7 – Sistema de filtro de ar na cabine do trator BH 165.



Fonte: Arquivo pessoal.

Considerando que por esse sistema de filtro de ar (Figura 8), têm-se acesso ao interior da cabine, e que o filtro estava danificado, esse pode ser mais um contribuinte para o alto nível de ruído dentro da cabine do trator BH 165.

6. CONCLUSÕES

Para atingir o objetivo de medir e analisar os ruídos no posto dos operadores de três tratores agrícolas cabinados de média-alta potência (165,185 e 190cv) na operação de plantio da soja, foram analisados três tratores da mesma marca. Percebe-se que para a rotação exercida pelo motor nesse tipo de operação, de 1600 a 2200 rpm, quanto maior a rotação, maior o nível de ruído emitido pelos tratores, e conseqüentemente, maior o ruído dentro das cabines de operação.

Os resultados obtidos nesse estudo, não permitem afirmar que quanto maior a potência, maior o nível de ruído gerado pelo trator. Pois neste caso, justamente o trator de menor potência (165 cv), foi o que apresentou os maiores níveis de ruído, tanto externo como no interior da cabine.

Dos três tratores analisados, somente um não obedece às normas NHO-01 e NR-15, que toleram 85 dB (A) para uma jornada de trabalho de 8 horas. No caso do trator BH 165, considerando que o operador afirmou nunca utilizar protetor auricular, a jornada máxima de trabalho se encontra entre 1 hora e 15 minutos e 2 horas seguindo a norma NHO-01. Considerando a NR-15, esse período para execução do trabalho, se encontra no intervalo de 2 horas e 40 minutos e 3 horas e 30 minutos.

Alguns proprietários de tratores, com o intuito de diminuir o ruído aos operadores das máquinas sem cabines, optam por colocar cabines nestes. Porém, pode-se perceber através das análises feitas, que existem casos, como o do BH 165, que apenas uma cabine não garante total conforto acústico, e mesmo com ela, a execução da jornada de trabalho pode ser considerada insalubre.

Para que o operador do trator BH 165 possa realizar sua jornada de trabalho por um período de tempo maior, é recomendado que ele utilize protetor auricular para diminuir o ruído a que seu sistema auditivo é exposto. Além disso, considerando mudanças que podem ser feitas na máquina, deve-se levar em consideração a troca das vedações da cabine, para eliminar as frestas, e também uma possível substituição das carenagens de metal por outras fabricadas em polímeros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA S. I. C., ALBERNAZ P.L. M., ZAIA P.A.; XAVIER O.G., KARAZAWA E.H.I. **História natural da perda auditiva ocupacional provocada por ruído.** Revista da Associação Médica Brasileira, v. 46, n. 2, p. 143-158, 2000.

BARICELO, L. G.; BACHA, C. J. C. **Oferta e demanda de máquinas agrícolas no Brasil.** Revista de política agrícola, v. 22, n. 4, p. 67-83, 2013.

COGO, C. **Cenários para o Agronegócio Brasileiro e global e tendências de longo prazo.** 9º Simpósio SAE Brasil de Máquinas Agrícolas, 2017. Disponível em: [www.carloscogo.com.br › agribusiness_rel_0161](http://www.carloscogo.com.br/agribusiness_rel_0161). Acesso em: 13 de mar. de 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **O crescimento da cultura da soja no Brasil.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> Acesso em: 12 de mar. de 2021.

CRUVINEL, P. E. Agronegócio e oportunidades para o desenvolvimento sustentável do Brasil. **Embrapa Instrumentação-Documentos (INFOTECA-E)**, 2009. Disponível em: www.infoteca.cnptia.embrapa.br. Acesso em: 15 de mar. de 2021.

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

GASQUES, J. G. et al. **Desempenho e crescimento do agronegócio no Brasil.** 2004.

MARQUES, F. P.; COSTA, E. A. DA. Exposição ao ruído ocupacional: alterações no exame de emissões otoacústicas. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 72, n. 3, p. 362-366, 2006.

MENEZES P. L., TEIXEIRA C. F. **RUÍDOS.** IN: MENEZES P. L.; CALDAS NETO S, DA MOTTA M A. Biofísica da audição. São Paulo: Lovise, p. 73-83, 2005.

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.

RODRIGUES, M. N. **Metodologia para definição de estratégia de controle e avaliação de ruído ocupacional.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de estruturas. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais: Belo Horizonte ,2009.

TEIXEIRA, M. La P.; FREITAS, R. M. V. de. **Acidentes do trabalho rural no interior paulista**. São Paulo em perspectiva, v. 17, n. 2, p. 81-90, 2003.