



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MARCIO PORFIRIO DA SILVA

**RUÍDO EMITIDO POR UM TRATOR DE RABIÇA EM OPERAÇÃO DE PREPARO
DE SOLO**

FORTALEZA

2019

MARCIO PORFIRIO DA SILVA

RUÍDO EMITIDO POR UM TRATOR DE RABIÇA EM OPERAÇÃO DE PREPARO DE
SOLO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- S581r Silva, Marcio Porfirio da.
Ruído emitido por um trator de rabiça em operação de preparo de solo / Marcio Porfirio da Silva. – 2019.
49 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.
1. Ergonomia. 2. Nivel de exposição. 3. Salubridade. I. Título.

CDD 630

MARCIO PORFIRIO DA SILVA

RUÍDO EMITIDO POR UM TRATOR DE RABIÇA EM OPERAÇÃO DE PREPARO DE
SOLO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Wally Mendonça Menezes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

A Deus.

Aos meus pais, amigos e professores.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, pela orientação durante todo o mestrado.

Aos operadores De Leon e Sandoval pela disponibilidade e contribuição na realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola- PPGEA.

Aos amigos do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas- LIMA, pela parceria, apoio e aprendizado.

Ao LIMPA (união dos grupos de pesquisa LIMA e NIMPA) pelas ideias compartilhadas em meio aos momentos descontraídos.

“Buscar e aprender, na realidade, não são mais do que recordar. ”

(Platão)

RESUMO

Muitos fatores contribuíram para a mecanização na agricultura, como a busca da redução do esforço humano e do aumento da produtividade. Para os pequenos produtores que não podem adquirir e, comumente, não necessitam de um maquinário que demande muita potência em suas operações, o uso de tratores de rabiça se torna mais presente, como uma forma de não comprometer os recursos financeiros, e sendo uma fonte potente de tração. A utilização do trator de rabiça envolve um árduo trabalho em sua operação. O operador está exposto a condições extremas, como temperatura, umidade, ruído e vibração. A Norma Regulamentadora 15 (NR-15) em seu anexo I define os limites de tolerância para ruído contínuo e intermitente, o critério utilizado corresponde a uma dose de 100% para exposição ao nível de 85 dB por 8 horas diárias. Assim, o presente estudo visou avaliar os níveis de ruído emitido por um trator de rabiça em operação de preparo de solo, utilizando a enxada rotativa, com e sem o acoplamento do encanteirador, em duas marchas de trabalho (2ª e 3ª) e em duas rotações do rotor (256 e 520 rpm). Esta pesquisa foi desenvolvida na área experimental pertencente ao Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA), vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA) na Universidade Federal do Ceará (UFC), campus Pici em Fortaleza. O delineamento experimental utilizado para a avaliação foi inteiramente ao acaso (DIC), no esquema fatorial de 2x2x2, sendo a operação realizada com a enxada com e sem o acoplamento do encanteirador, 2 marchas de trabalho (2ª e 3ª), correspondendo as velocidades de 1,6 e 2,1 km h-1 respectivamente, e 2 duas velocidades no rotor da enxada rotativa (265 e 520 rpm). Quando o encanteirador está montado na enxada rotativa o nível de ruído é maior em todas as combinações de marcha e rotação do rotor devido à maior demanda de potência para a operação. Foi verificado que os valores de ruídos emitidos estão acima de 85 dB (A) em todos os tratamentos estudados, valor esse, preconizado pela NR-15 como o nível na qual não afetaria a saúde do trabalhador, mostrando que a operação com o trator de rabiça nas condições estudadas não oferece condições seguras para o operador com uma carga diária de trabalho de 8 horas, sendo indispensável o uso de protetores auriculares durante a operação.

Palavras-chave: Ergonomia. Nível de exposição. Salubridade.

ABSTRACT

Many factors contributed to mechanization in agriculture, such as the pursuit of reduced human effort and increased productivity. For small producers who can not acquire and usually do not need machinery that demands a lot of power in their operations, the use of rabies tractors becomes more present, as a way of not compromising financial resources, and being a source powerful traction. The use of the bulldozer involves an arduous work in its operation. The operator is exposed to extreme conditions such as temperature, humidity, noise and vibration. Regulatory Standard 15 (NR-15) in its Annex I defines the limits of tolerance for continuous and intermittent noise, the criterion used corresponds to a dose of 100% for exposure at the level of 85 dB for 8 hours daily. Thus, the present study aimed to evaluate the noise levels emitted by a hand tractor in soil preparation, using the rotating hoe, with and without the coupling of the bedformer, in two working marches (2nd and 3rd) and in two rotor rotations (256 and 520 rpm). This research was developed in the experimental area belonging to the Laboratory of Agricultural Machinery Accidents (LIMA), linked to the Department of Agricultural Engineering (DENA) at the Federal University of Ceará (UFC), Pici campus in Fortaleza. The experimental design was completely randomized (DIC), in the factorial scheme of 2x2x2, the operation performed with the hoe with and without the coupling of the dozer, 2 work marches (2nd and 3rd), corresponding to the velocities of 1.6 and 2.1 km h⁻¹ respectively, and two rotator hoe rotor speeds (265 and 520 rpm). When the feeder is mounted to the rotary hoe, the noise level is higher in all combinations of rotor travel and rotation due to the increased power demand for the operation. It was verified that the values of noise emitted are above 85 dB (A) in all the treatments studied, which is recommended by the NR-15 as the level in which it would not affect the health of the worker, showing that the operation with the tractor under the conditions studied does not offer safe conditions for the operator with a daily work load of 8 hours, being indispensable the use of ear protectors during the operation.

Keywords: Ergonomics. Exposure level. Healthiness.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Onda sonora se propagando em todas as direções, a partir do ponto S.....	21
Figura 2 - Onda sonora com indicação da amplitude (y_m), comprimento de onda (λ).....	21
Figura 3 - Curvas relacionando a diferença entre dB (A), dB (B) e dB (C).....	22
Figura 4 - Representação do aparelho auditivo.....	23
Figura 5 - Curvas de exposições máximas permitidas a ruídos contínuos.....	24
Figura 6 - Audiograma mostrando dano causado pelo ruído.....	24
Figura 7 - Área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas- LIMA.....	28
Figura 8 - Termo-anemômetro digital modelo TAR-176.....	30
Figura 9 - Trator de rabiça Yanmar Agritech -TC14 Super.....	31
Figura 10 - Enxada rotativa com facas tipo L.....	31
Figura 11 - Encanteirador acoplado ao microtrator.....	32
Figura 12 - Dosímetro DOS-500.....	32
Figura 13 - Fixação do microfone no operador.....	33
Figura 14 - Curvas características de operação para diferentes valores de n para um nível de significância $\alpha = 0,05$	35
Figura 15 - Cartas de controle para média e amplitude amostral para cada tratamento para as operações sem o encanteirador.....	38
Figura 16 - Cartas de controle para média e amplitude amostral para cada tratamento para as operações com o acoplamento do encanteirador.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.....	26
Tabela 2 -	Umidade e resistência à penetração do solo.....	29
Tabela 3 -	Dados de velocidade do vento e temperatura durante o experimento.....	30
Tabela 4 -	Esquema do delineamento de avaliação.....	36
Tabela 5 -	Estatística descritiva dos dados.....	37
Tabela 6 -	Resumo do quadro da análise de variância.....	41
Tabela 7 -	Análise do fator encanteirador em comparação aos demais fatores.....	41
Tabela 8 -	Análise do fator rotação em comparação aos demais fatores.....	42
Tabela 9 -	Análise do fator rotação isoladamente.....	43
Tabela 10 -	Análise do fator marcha em comparação aos demais fatores.....	43
Tabela 11 -	Valores da dose diária (%) e do tempo de exposição permissível de acordo com a NR-15.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CLT	Consolidação das Leis Trabalhistas
CV	Coeficiente de variação
D	Dose
dB	Decibéis
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Hz	Hertz
NE	Nível de exposição
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Mecanização agrícola	15
2.2	Trator	16
2.3	Trator de rabiça	17
2.4	Preparo de solo	18
2.5	Ergonomia	19
2.6	Ruído	20
2.6.1	<i>Física do som</i>	20
2.6.2	<i>Saúde auditiva</i>	22
2.6.3	<i>O ruído em máquinas agrícolas</i>	25
2.7	Higiene ocupacional	26
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Local da pesquisa	28
3.2	Umidade e resistência do solo	29
3.3	Temperatura e velocidade do vento	29
3.4	Caracterização do conjunto mecanizado	30
3.5	Determinação dos níveis de ruído	32
3.6	Coleta de dados	33
3.7	Planejamento estatístico	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Análise descritiva	37
4.2	Comportamento dos dados	37
4.3	Análise fatorial	41
4.4	Salubridade	44
5	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A demanda crescente na produção de alimento trouxe consigo o desenvolvimento de tecnologias para a agricultura. A escolha desse artifício se baseia na necessidade e no poder aquisitivo do produtor. O trator de rabiça mostra-se como uma fonte potente de tração para os pequenos agricultores. Independentemente do recurso escolhido, a mecanização trouxe para o agricultor a agilidade e eficiência requerida para a realização das atividades.

Muitos fatores contribuíram para a mecanização na agricultura, sempre em busca da redução do trabalho árduo envolvendo o manejo das atividades agrícolas e do aumento da produtividade. Porém, o trabalho com o trator de rabiça tem suas limitações nas questões da segurança do operador.

Durante a operação com máquinas agrícolas, os operadores estão constantemente expostos a riscos, dentre eles, aos ruídos produzidos pelas próprias máquinas, principalmente nas que não possuem proteção acústica. Além do desconforto causado durante a operação, os riscos causados aos operadores pela exposição ao ruído, pode não ser imediata, mas os danos causados a saúde a longo prazo podem ser severos e irreversíveis quando não tomadas as medidas necessárias, como a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI).

A Norma Regulamentadora 15 preconiza os níveis de ruído a qual o trabalhador pode estar exposto durante a carga horária diária de trabalho, sendo 85 dB (A) sem que haja possíveis danos à saúde. A Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01) define os procedimentos para a determinação do ruído recebido pelo trabalhador.

Assim, o presente estudo visou avaliar os níveis de ruído emitido por um trator de rabiça em operação de preparo de solo, utilizando a enxada rotativa, com e sem o acoplamento do encanteirador, em duas marchas de trabalho (2ª e 3ª) e em duas rotações do rotor (256 e 520 rpm).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mecanização agrícola

Até o século XVIII, os equipamentos utilizados para desenvolver a agricultura, eram constituídos com materiais simples, feitos artesanalmente, de ferro ou madeira (VIAN *et al.*, 2013). Após esse período, a população mundial iniciou uma fase de amplo crescimento acarretando em grande demanda de alimentos, juntamente com um grande desenvolvimento tecnológico, fatores que contribuíram para o aumento no investimento em tecnologias para a produção de alimentos.

No século XIX houve o surgimento das máquinas e implementos para a agricultura, o que possibilitou grandes ganhos de produtividade agrícola e do trabalho (VIAN *et al.*, 2013). Em 1889 foi construído o primeiro trator com motor de combustão interna (SRIVASTAVA *et al.*, 2012). No Brasil, a indústria de tratores foi fomentada a partir da década de 60 com um número anual crescente de unidades produzidas (BELLOCHIO *et al.*, 2016).

Muitos fatores contribuíram para a mecanização na agricultura, sempre em busca da redução do esforço humano e do aumento da produtividade. A melhoria dos processos agrícolas como plantio e colheita, e reduziu a demanda dessa mão de obra e dos processos realizados.

A mecanização agrícola, inicialmente, atingiu somente a parcela dos grandes produtores, com equipamentos de elevado custo, que pequenos grupos de agricultores não conseguiriam adquirir. Segundo Alves (2006) o agricultor familiar escolhe a tecnologia que será aplicada na sua propriedade considerando as restrições financeiras, das quais não pode se evadir, fugindo então, da realidade da aquisição de maquinários.

Na agricultura brasileira, a mecanização agrícola representa um fator de grande importância em termos de custo, chegando a ser o segundo fator de produção mais importante, sendo inferior apenas à posse da terra (PELOIA, 2010). Balsan (2006) ainda afirma que as transformações no campo ocorrem heterogeneamente, pois as políticas de desenvolvimento rural, são contaminadas de desigualdades, favorecendo os grandes produtores e refreando os pequenos.

A mecanização agrícola hoje é essencial para a agricultura moderna. Atividades como preparo de solo, adubação, pulverização e colheita, que eram realizadas com trabalho manual e animal, atualmente são realizadas utilizando-se máquinas cada vez mais modernas

(MORAES, 2015). Isso ajuda a garantir melhores produtividades e permite o cultivo de maiores áreas (CUNHA *et al.*, 2009).

Para os pequenos produtores que não podem adquirir e, comumente, não necessitam de um maquinário que demande muita potência em suas operações, e o uso de tratores de rabiça se torna mais presente, como uma forma de não comprometer os recursos financeiros, e sendo uma fonte potente de tração.

O uso de tratores na atividade agrícola é imprescindível para o incremento de produtividade das atividades no campo, já que esta máquina proporciona rapidez na execução das atividades, maior eficiência no uso dos recursos e redução dos custos de produção (SANTOS, 2016).

2.2 Trator

Os tratores agrícolas compõem a principal fonte de tração no meio rural, colaboram diretamente para o desenvolvimento e avanço tecnológico dos sistemas agrícolas envolvidos na produção de alimento (MONTEIRO; ALBIERO, 2013).

Uma máquina agrícola tem componentes que trabalham juntos como um sistema para que a máquina desempenhe sua função pretendida. Podendo ser acoplados a diversos implementos, o trator pode executar diversas operações, dependendo da necessidade do agricultor (SRIVASTAVA *et al.*, 2012).

De acordo com Albiero *et al.* (2015), é necessário considerar as condições financeiras e as necessidades do produtor no momento da escolha dos equipamentos a serem empregados, bem como o tamanho da propriedade, entre outros fatores. O emprego correto dos conjuntos mecanizados pode gerar importante economia para o produtor e, em consequência, maior lucro para a empresa agrícola (MONTEIRO, 2010).

Em pequenas propriedades os tratores de rabiça, que são equipamentos de baixa potência, são utilizados devido a uma série de fatores, podendo citar o preço de aquisição, menor consumo, tanto de combustível como de manutenção e, dependendo da demanda do produtor, podem suprir todas as necessidades de tração nas atividades da lavoura (NASCIMENTO, 2012). Para Machado *et al.* (2010), os tratores de rabiça são indicados para realizar qualquer operação agrícola em áreas que possuam até 30 hectares.

2.3 Trator de rabiça

A Norma Regulamentadora 12 (NR-12), no seu Anexo IV define o trator de rabiça como um equipamento motorizado de duas rodas utilizado para tracionar diversos implementos, desde preparo de solo até colheita, caracteriza-se pelo fato de o operador caminhar atrás do equipamento durante o trabalho.

A mecanização agrícola por meio de tratores de rabiça, exerce um fundamental papel no fortalecimento da agricultura, principalmente considerando à de pequenas propriedades familiares, onde preconiza o segmento da horticultura, acoplado o encanteirador a enxada, a confecção de canteiros pode ser realizada (NASCIMENTO, 2016).

São constituídos por um motor sobre um eixo com duas rodas motrizes e guiadas por dois guidões, principal característica dos tratores de rabiça. Indicado para pequenas propriedades, ou terrenos declivosos, tem potências variando de 6 a 27 cv (ARAÚJO, 2013). São dotados de motores de combustão interna, que transformam a energia potencial calorífica dos combustíveis em energia mecânica (RODRIGUES, 2006).

A utilização do trator de rabiça envolve um árduo trabalho em sua operação. Paralelamente ao desenvolvimento da tecnologia, o uso de máquinas nos processos de mecanização da produção agrícola provocou fatores como ruído, vibração, gás, etc., que afetam o ambiente de trabalho (AYBEK, 2010).

O operador está exposto a condições extremas, como temperatura, umidade, ruído e vibração (DEWANGAN, 2009), efeitos que contribuem no conforto durante a operação, conseqüentemente afetando a qualidade do trabalho realizado. Veiga *et al.* (2017) citam que as condições climáticas e ambientais adicionam fator de risco de acidente as atividades realizadas com o trator de rabiça, visto que as proteções para essas condições são limitadas aos equipamentos de proteção individual (EPIs).

Veiga *et al.* (2015) destacam que a excessiva vibração e nível de pressão sonora são deficiências importantes nos projetos de tratores de rabiças. Mitarai *et al.* (2008), em estudo realizado nas Filipinas com 124 operadores de tratores de rabiças em operações em pé, constataram que um dos principais problemas apontados pelos operadores é o excessivo ruído produzido pelo motor.

2.4 Preparo de solo

As operações de preparo do solo, desde os mais remotos tempos, têm sido realizadas com a finalidade de arranjar ao solo as condições para o pleno desenvolvimento do sistema radicular das sementes que serão colocadas no solo (BALASTREIRE, 1987).

Para o preparo do solo, com a finalidade de implantação da cultura, são utilizados, geralmente, arados de disco ou de aiveca e grades aradoras. O arado de aiveca corta, eleva e revolve o solo, o arado de disco não vira a leiva de solo, e se for acionado a velocidade elevada, fragmenta demasiadamente a terra, prejudicando sua estrutura e contribuindo para a formação de camadas endurecidas (SILVEIRA, 2001).

A grade aradora normalmente trabalha o solo a pouca profundidade, incorporando os resíduos orgânicos e plantas invasoras superficialmente. Porém é comum o agricultor considerar a utilização de arado uma operação dispendiosa em tempo e dinheiro, realizando somente a operação com grade aradora (SILVEIRA, 2001).

Visando a horticultura, prática comum dentro da agricultura familiar, o implemento comumente utilizado é a enxada rotativa, também podendo ser utilizado para a eliminação de ervas daninhas em culturas perenes. São constituídas de um eixo perpendicular à direção do deslocamento da máquina, suportado por dois ou mais mancais, fixado nesse eixo flanges onde são fixadas as facas (BALASTREIRE, 1987).

A enxada rotativa é o implemento mais usualmente acoplado ao trator de rabiça. São constituídas por lâminas, cujo formato mais comum é em L, o qual é menos exigente em potência de acionamento, requer menos força de tração, produz uma boa desagregação do solo e a dispersão de restos de cultura é bastante uniforme em comparação a outros implementos (BALASTREIRE, 1987).

Para o trator de rabiça, em operações direcionadas a horticultura da agricultura familiar, juntamente com a enxada, costuma-se utilizar o encanteirador, que consistem em duas placas metálicas fixadas lateralmente as enxadas, com finalidade de amontoar o solo desagregado pela enxada para a formação de um canteiro.

No manuseio desse equipamento, o operador está exposto a diversos fatores que podem interferir no seu bem-estar. Poeira, ruído, vibração, vento, radiação, são condições as quais o operador está sujeito, além de todo o esforço necessário durante para o controle interferindo na postura do trabalhador.

2.5 Ergonomia

Dul & Weerdmeester (2004) definiram a ergonomia como ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e a eficiência no trabalho. Já Killesse (2006) definiu o caráter aplicado da ergonomia à adaptação do posto de trabalho e do ambiente cotidiano às necessidades de conforto humano, envolvendo vários campos de estudos para atingir sua finalidade.

Para Carvalho (1984), a ergonomia propõe resguardar o homem da fadiga, do desgaste físico e mental, colocando-o apto ao trabalho produtivo. Sendo de suma importância para que os produtores possam executar seus trabalhos sem grandes consequências a sua saúde. Ergonomia é o estudo sobre o relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente (FERNANDES, 2003).

A ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem, mas não somente aos executados com máquinas e equipamentos, mas todo aquele que envolve uma atividade produtiva, é uma visão ampla, envolvendo atividades antes, durante e após a execução do trabalho. A ergonomia objetiva reduzir os fatores que influenciam no desempenho do sistema produtivo, reduzindo fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, satisfação e, principalmente, saúde aos trabalhadores, gerando eficiência no ambiente de trabalho (IIDA, 2005).

O estudo da ergonomia se torna cada dia mais necessário e sua importância está sendo considerada com maior relevância atualmente. As críticas aos modelos anteriores de desenvolvimento se fazem presentes, na medida em que estes valorizaram os aspectos econômicos e tecnológicos sem, contudo, favorecer o bem-estar daqueles que ainda vivem em regiões rurais (GUIMARÃES, 2013).

As condições de trabalho que os operadores de máquinas agrícolas, mesmo que em pequenas propriedades, são extremamente desgastantes, interferindo na qualidade do serviço. Nem sempre os tratores agrícolas fornecem todo o conforto necessário aos operadores, a proteção da cabine de operação se restringe aos tratores mais modernos, tratores de rabiça não possibilitam nenhum tipo de conforto durante a operação, por isso os estudos ergonômicos são importantes para prevenir doenças relacionadas ao trabalho (SANTOS, 2016).

Veiga (2017) descreve os fatores desgastantes ao trabalhador, citando que as condições climáticas (como temperatura e precipitação pluviométrica) e ambientais (como

solo e vegetação) e suas variações repentinas adicionam fator de risco de acidentes durante a operação com tratores de rabiça. Conseguir boas condições para a realização do trabalho é um fato dificultado considerando, ainda, a carga horária não definida durante a operação, podendo ser desde poucas até várias horas consecutivas, causando um grande desgaste ao operador, prejudicando a qualidade do serviço.

2.6 Ruído

O ruído pode ser definido como sons desagradáveis, indesejáveis ou em desarmonia, podendo eles causar problemas físicos e psicológicos a saúde do homem (MIALHE, 1996). Pode ser considerado um estressor não específico e pode causar diferentes reações (BILSKI, 2013).

Para Tosin (2009) o ruído é definido como qualquer vibração ou conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas. Iida (2005) cita que ruído é um estímulo auditivo que não contém informações úteis para a tarefa em execução. É um dos fatores ambientais mais importantes que afeta a saúde e a eficiência dos trabalhadores (AYBEK, 2010).

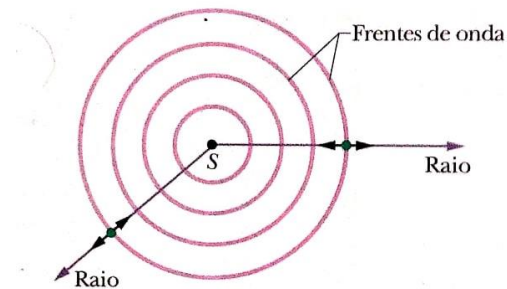
Existem dois tipos de ruídos, os contínuos e de impacto (IIDA, 2005). Os contínuos são aqueles que ocorrem uniformemente durante toda a jornada de trabalho, já os de impacto ocorrem com curta duração, mas em altos níveis.

2.6.1 Física do som

Fisicamente, o som é uma onda mecânica, que consiste na transferência de uma perturbação através do espaço sem a conseqüente transferência de matéria, para isso o som requer uma fonte de perturbação, um meio que possa ser perturbado e um mecanismo físico pelo qual as partículas do meio possam influenciar umas às outras (SERWAY, 2009).

As ondas sonoras são chamadas de ondas longitudinais, em que as partículas do meio realizam deslocamentos paralelos ao sentido de propagação (HALLIDAY, 2013). Qualquer movimento mecânico repentino gera flutuações na pressão do ar, que se expandem como ondas em todas as direções em torno da fonte (Figura 01). Essas vibrações de pressão ocorrem com uma frequência e intensidade regulares, o ouvido humano reage a elas como sons (KROEMER, 2005).

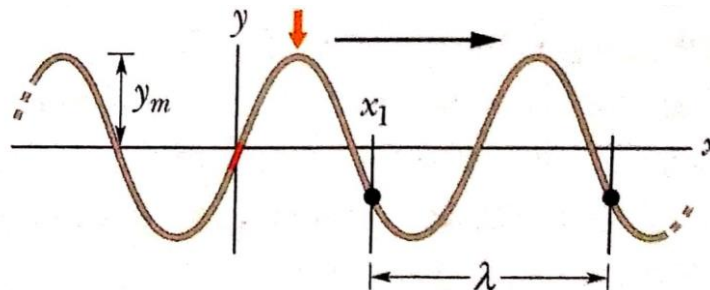
Figura 01 – Onda sonora se propagando em todas as direções, a partir do ponto S.



Fonte: Halliday (2013)

A onda sonora gerada possui atribuídos físicos, como a amplitude, que é módulo do deslocamento máximo sofrido a partir do ponto de equilíbrio, o comprimento de onda, que consiste na distância entre repetições da forma de onda e a frequência que é o número de flutuações por segundo, expressa em Hertz (Hz) (Figura 02). A pressão do som é percebida como altura e a frequência como tonalidade (KROEMER, 2005).

Figura 02 – Onda sonora com indicação da amplitude (y_m), comprimento de onda (λ).



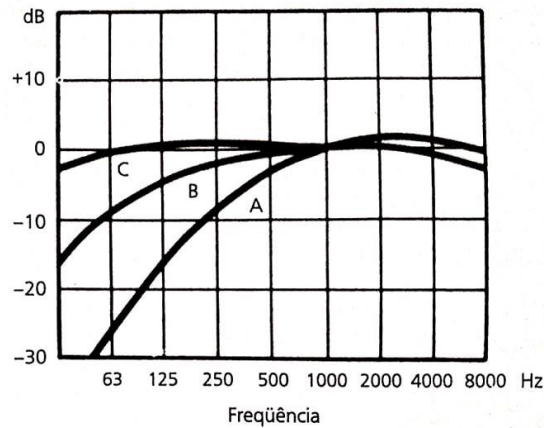
Fonte: Halliday (2013)

A unidade física da pressão sonora é o micropascal (μPa). Porém, o ouvido humano consegue detectar uma enorme faixa de intensidades, para lidar com uma faixa tão grande, foi introduzida uma unidade logarítmica, o decibel (dB) (HALLIDAY, 2013).

Atualmente, os estudos sobre as energias sonoras são realizados através dos níveis sonoros ponderados (ruído) que consiste em um processo de filtragem do nível sonoro em frequências onde o ouvido humano é menos sensível, abaixo de 2000 Hz e acima de 5000 Hz. A Figura 03 mostra as curvas ponderadas atualmente utilizadas, dB (A), dB (B) e dB (C), sendo a primeira a mais aceita por fornecer uma boa avaliação da percepção segundo estudos

(KROEMER, 2005).

Figura 03 – Curvas relacionando a diferença entre dB (A), dB (B) e dB (C).



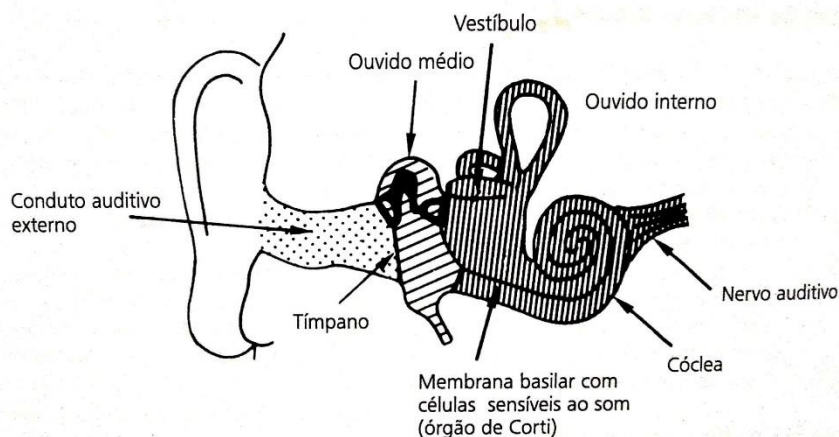
Fonte: Kroemer (2005)

A Figura 03 mostra o comportamento das curvas de ponderação utilizadas no estudo do ruído (dB) em relação a frequência. A curva dB (A) é a comumente mais utilizada por apresentar características mais fiéis as condições apresentadas pelo ouvido humano, a maioria dos aparelhos para medição de ruído já são calibrados dentro dessa curva de ponderação. As curvas dB (B) e dB (C) também são utilizadas, porém com menos frequência.

2.6.2 Saúde auditiva

A principal consequência a exposição a altos níveis ruído é a surdez, quanto mais intenso e repetitivo é o ruído maior é o dano para a audição (KROEMER, 2005). A sensação da audição é produzida quando as ondas sonoras passam pelo conduto auditivo externo, passando pelo ouvido médio e chegando ao ouvido interno, onde é convertido em impulsos nervosos e enviados ao cérebro (Figura 04).

Figura 04 – Representação do aparelho auditivo.



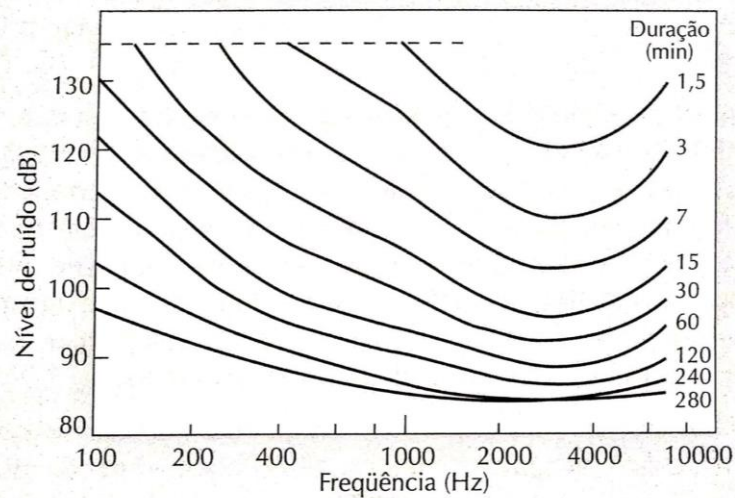
Fonte: Kroemer (2005)

Para IIDA (2005) a perda da audição pode ser de duas naturezas: surdez de condução, que consiste na redução da transmissão das vibrações do ouvido externo para o interno, pode ser instigada por ruídos de impactos com alta intensidade, provocando a ruptura da membrana do tímpano ou danificando a transmissão pelos ossículos do ouvido médio; e a surdez nervosa que ocorre no ouvido interno e é ocasionada pela redução da sensibilidade das células nervosas da cóclea quando expostas a ruídos intensos.

A exposição acima de 80 dB durante oito horas de trabalho, pode provocar surdez (DUL & WEERDMEESTER, 2004). Para Iida (2005) exposição a ruídos acima de 90 dB começam a provocar reações fisiológicas prejudiciais ao organismo, aumentando estresse e fadiga. Em seu estudo, Jaafar (2017) verificou perda auditiva em trabalhadores expostos a níveis de ruídos entre 91,3 e 100,7 dB. Oliva *et al.* (2011) verificou que os trabalhadores expostos a níveis de ruído de 79,9 a 89,9 dB, com média de 10 anos de serviço, já apresentavam queixas de zumbido e sensação de perda auditiva.

O tempo de exposição, para que não afete a audição, também depende da frequência, já que o ouvido humano é mais sensível em uma faixa específica, de 2000 a 5000 Hz, diminuindo o tempo de exposição permitido nesse intervalo (Figura 05). Pode-se observar que se aproximar dos 2000 Hz, as curvas se apresentam de forma decrescente, voltando a se elevar após atingir a frequência de 5000 Hz, mostrando que na faixa de frequência especificada, de 2000 a 5000 Hz, a sensibilidade do ouvido humano se elevada, aumentando a percepção do ruído, conseqüentemente sendo mais afetado pelas injurias causadas. Sendo assim, nesse intervalo de frequência, o tempo de exposição se reduz.

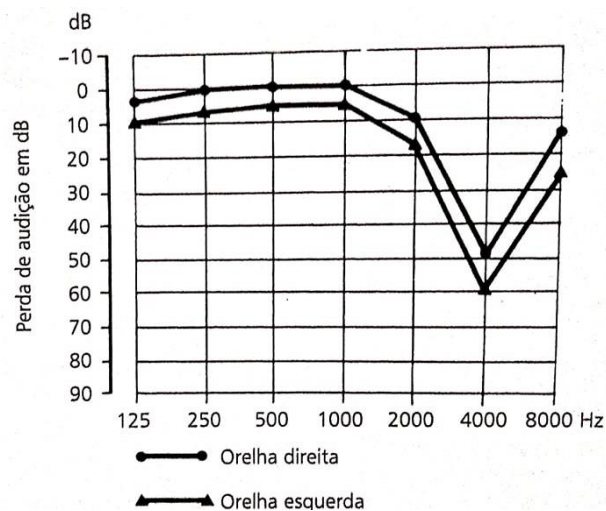
Figura 05 – Curvas de exposições máximas permitidas a ruídos contínuos.



Fonte: Iida (2005)

A capacidade de audição de uma pessoa pode ser medida pela audiometria, a Figura 06 mostra um exemplo em que ocorre a perda auditiva em torno de 4000 Hz, causada pela exposição a um som prejudicial nessa frequência (KROEMER, 2005). Na figura está representado um estudo realizado com uma pessoa em que no intervalo em que o ouvido humano tem maior sensibilidade a percepção do ruído, em torno de 4000 Hz, a detecção do ruído só foi notada com um retardo mínimo de 50 dB, mostrando a deficiência auditiva ocasionada pela exposição contínua a ruídos intermitentes.

Figura 06 – Audiograma mostrando dano causado pelo ruído.



Fonte: Kroemer (2005)

O ruído também prejudica a comunicação verbal, bem como o foco na atividade executada. Dessa forma, atividades que necessitam de concentração e interação entre trabalhadores são prejudicadas quando o ruído não é controlado (IIDA, 2005).

2.6.3 O ruído em máquinas agrícolas

Poje *et al.* (2016) destacaram a importância de se estudar os níveis de ruído produzido por máquinas agrícolas, afim de compreender melhor sua propagação e o efeito causado na audição do operador agrícola.

Bilski (2013) afirmou que o trator agrícola é a principal fonte de ruído na agricultura, e suas alterações não têm efeitos imediatos e, sim, acumulativos e vão-se implantando com o tempo.

Uma das fontes de ruído é a vibração dos elementos do sistema mecânico. Esses processos são a interação de elementos do sistema mecânico de equipamentos de produção, incluindo erros de superfície e forma desequilibrada (GVOZDKOVA, 2017).

Os operadores de máquinas agrícolas estão constantemente expostos aos ruídos, principalmente em máquinas que não possuem proteção acústica, como as cabines, nesses casos, a exposição quase sempre está acima do nível recomendado. A proteção pessoal, como tampões para ouvidos, deve ser usada para isolar o ruído dos tratores sem cabines (AYBEK, 2010).

Os tratores agrícolas modernos emitem níveis de ruído atmosférico consideráveis que tendem a exceder os limites de exposição ocupacional obrigatórios em alguns países (BILSKI, 2013). No seu estudo, Fernandes (2003) identificou, isoladamente, as cinco principais fontes de ruído em um trator agrícola (exaustão dos gases, admissão e filtragem do ar, hélice de ventilação, bomba injetora e a vibração geral do motor) em situação estatística, deve-se, ainda, considerar que durante a operação, os níveis de ruídos se elevam.

Segundo Silveira (2008) o ruído produzido nas operações agrícolas pode prejudicar a sensibilidade da audição não só do operador, mas também de pessoas que estejam ao alcance do ruído.

Baesso *et al.* (2014) em seus estudos, encontraram que os valores maiores de ruído ocorrem, em geral, até cinco metros de distância do trator, assim, pessoas que estejam dentro dessa distância, terão que usar equipamento de proteção individual (EPI).

Pressupõe-se que o nível de ruído será afetado pela rotação, distância, velocidade

e a condição do solo na operação de um trator agrícola. Baesso *et al.* (2017) evidenciou a relação positiva entre o nível de ruído e a potência do motor. O nível de ruído aumenta à medida que ocorre incremento na rotação do motor do trator. (MAGALHÃES, 2012).

2.7 Higiene ocupacional

A Norma Regulamentadora 15 (NR-15) em seu anexo I define os limites de tolerância para ruído contínuo e intermitente, expressos na Tabela 01. O critério utilizado corresponde a uma dose de 100% para exposição ao nível de 85 dB por 8 horas diárias.

A Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO 01) estabelece os critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído. A avaliação deverá ser realizada por meio da determinação da dose diária de ruído (%) ou do nível de exposição (dB), utilizando medidores integrados fixados no trabalhador.

Tabela 01 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.

Nível de ruído dB (A)	Dose diária (%)	Exposição diária permissível
85	100%	8 horas
86	115%	7 horas
87	132%	6 horas
88	152%	5 horas
89	174%	4 horas e 30 minutos
90	200%	4 horas
91	230%	3 horas e 30 minutos
92	264%	3 horas
93	303%	2 horas e 40 minutos
94	348%	2 horas e 15 minutos
95	400%	2 horas
96	459%	1 hora e 45 minutos
98	606%	1 hora e 15 minutos
100	800%	1 hora
102	1056%	45 minutos
104	1393%	35 minutos
105	1600%	30 minutos
106	1838%	25 minutos
108	2425%	20 minutos
110	3200%	15 minutos
112	4222%	10 minutos
114	5572%	8 minutos
115	6400%	7 minutos

Fonte: Adaptado de NR-15

A avaliação considera ainda o incremento de duplicação de dose que define o parâmetro de cálculo do nível de pressão sonora média, que para a NR-15 o valor adotado é 5, para a NHO o valor é 3. Além disso, considera-se o nível limiar de integração, que define o nível de pressão sonora mínimo que será considerado no cálculo da dose.

Na Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT), artigo 189, define atividades ou operações insalubres como aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos. No artigo 190, o Ministério do Trabalho adota normas sobre os critérios de caracterização da insalubridade, os limites de tolerância aos agentes agressivos, meios de proteção e o tempo máximo de exposição do empregado a esses agentes. No caso específico, para o ruído, se o trabalhador se mantiver exposto a uma dose diária acima de 100% durante a carga horária de 8 horas diária, essa atividade será considerada insalubre.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local da pesquisa

Esta pesquisa foi desenvolvida na área experimental pertencente ao Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA), vinculado ao Departamento de Engenharia Agrícola (DENA) na Universidade Federal do Ceará (UFC), campus Pici em Fortaleza, no estado do Ceará (Figura 07), situada entre os paralelos $3^{\circ}44'45,72''$ e $3^{\circ}44'48,67''$ de latitude sul da linha do equador e os meridianos $38^{\circ}34'51,05''$ e $38^{\circ}34'53,52''$ a oeste de Greenwich, à 27 metros do nível do mar. O solo da área é classificado como Argissolo vermelho amarelo (EMBRAPA, 2006) de textura areia franca com aproximadamente 82,90% de areia, 10,60% de argila e 6,40% de silte (MACEDO *et al.* 2016).

Figura 07 – Área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas- LIMA



Fonte: Google Earth (2018)

3.2 Umidade e resistência do solo

Na determinação da umidade do solo, foi utilizado o método gravimétrico conforme EMBRAPA (1997), onde foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0 – 15 e de 15 – 30 cm em toda a área experimental. Foi feita uma amostra composta para a obtenção de um valor para a caracterização da área. A amostra então foi pesada antes e após ser levada a estufa por 24 horas a uma temperatura constante de 105 – 110°C.

Na determinação da resistência mecânica do solo à penetração, foi utilizado um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar - stolf, com 15 pontos de amostragem, distribuídos aleatoriamente para a caracterização da área. As leituras foram realizadas nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm e os resultados foram posteriormente convertidos em unidade de pressão.

Os valores referentes a umidade e resistência à penetração do solo estão apresentados na Tabela 02.

Tabela 02 – Umidade e resistência à penetração do solo

Profundidade da amostragem (cm)	Umidade do solo (%)	Resistência à penetração (Mpa)
0-15	7,14	0,98
15-30	6,96	1,39

Fonte: Autor (2018)

3.3 Temperatura e velocidade do vento

Para a caracterização da velocidade do vento e da temperatura durante o experimento foi utilizado um termo anemômetro digital modelo TAR-176 fabricado pela INSTRUTHERM (Figura 08), com escala de velocidade do ar de 0,8 a 12,0 m s⁻¹, resolução de 0,01 m s⁻¹ e precisão de 0,2 m s⁻¹. Para temperatura, contem escala de 0 a 80°C, resolução de 0,1°C e precisão de 0,8°C. As coletas foram realizadas durante o experimento para verificar a possível influência do vento nos níveis de ruído obtidos.

Figura 08 - Termo anemômetro digital modelo TAR-176



Fonte: Autor (2019)

A velocidade do vento durante o experimento e temperatura durante o experimento estão expressas na Tabela 03.

Tabela 03 – Dados de velocidade do vento e temperatura durante o experimento.

	Mínima	Média	Máxima
Vel. Vento (m s^{-1})	0,95	2,42	4,79
Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	27,3	27,4	27,5

Fonte: Autor (2019)

3.4 Caracterização do conjunto mecanizado

Foi utilizado um trator de rabiça modelo TC14 Super, marca YanmarAgritech, 2 x 2, motor a diesel, 4 tempos, com potência de 10,3 kW (14 cv) a 2400 rpm, 6 marchas a frente e 3 a ré, com massa de 498 kg e dimensões: comprimento 2.215 mm, largura 824 m e altura 1.434 mm (Figura 09). Equipado com pneus de medida 6 x 12,4 nas rodas motrizes, com pressão recomendada pelo fabricante de 96,53kPa (14 psi). Motor à caixa de transmissão: 3 correias em “V” B-58, embreagem multidisco a seco e tomada de força de 517 e 1.038 rpm (YANMAR AGRITECH, 2019).

Figura 09 - Trator de rabiça Yanmar Agritech -TC14 Super



Fonte: Autor (2019)

Enxada rotativa montada com facas do tipo L, com profundidade de 200 mm e largura de corte de 750 mm, rendimento máximo de $2.600 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ (Figura 10).

Figura 10 – Enxada rotativa com facas tipo L



Fonte: Autor (2019)

Acoplado a enxada, o encanteirador consiste em duas placas metálicas fixadas lateralmente, com finalidade de amontoar o solo desagregado pela enxada para a formação de um canteiro (Figura 11).

Figura 11 – Encanteirador acoplado ao microtrator



Fonte: Autor (2019)

3.5 Determinação dos níveis de ruído

Para a coleta de dados de ruído foi utilizado o dosímetro modelo DOS-500, fabricado pela INSTRUTHERM (Figura 12), contendo um microfone condensado de eletreto de ½ polegada equipado com protetor de vento, com nível de critério selecionável entre 80, 84, 85 e 90 dB, com escala de medição de nível de ruído de 70 a 140 dB e com precisão de $\pm 1,5$ dB. Para o experimento, a configuração utilizada foi a recomendada pelo fabricante e a NR-15, que consiste em:

- Nível de critério: 85 dB;
- Nível limiar: 80 dB;
- Taxa de troca (Fator duplicativo de dose): 5 (estipulado pela NR-15);
- Frequência de coleta: 2 segundos.

Figura 12 – Dosímetro DOS-500



Fonte: Autor (2019)

3.6 Coleta de dados

Na a execução do experimento, o trator de rabiça efetuou as operações em uma rotação fixa de 1000 rpm, trabalhando em parcelas de 30 m. Valores determinados em testes preliminares realizados na área para a obtenção de dados confiáveis para o experimento.

Para a coleta, o dosímetro foi configurado conforme a NR-15. O microfone do foi colocado próximo ao ouvido do operador, para uma justa determinação do ruído que o operador estará submetido durante as operações, de forma que não prejudicasse o manuseio do trator (Figura 13). As coletas foram realizadas durante as operações em uma parcela de 30 metros para cada repetição.

Figura 13 – Fixação do microfone no operador.



Fonte: Autor (2019)

A avaliação da exposição ocupacional ao ruído é feita pela determinação do nível de exposição (NE) em decibéis ou dose diária em porcentagem. O nível de exposição foi obtido diretamente pelo equipamento, enquanto a dose diária foi obtida através da Equação 1 que considera o tempo em que o operador foi exposto durante os testes.

$$D = \frac{T_E}{480} \times 100 \times 2^{\left(\frac{NE-85}{5}\right)} \quad (1)$$

Onde:

NE = nível de exposição em dB;

D = dose diária de ruído em porcentagem;

T_E = tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

Os valores obtidos na avaliação do ruído foram comparados aos valores descritos na NR - 15 para exposição ao ruído contínuo e intermitente, e assim, verificar a exposição máxima diária permissível.

3.7 Planejamento estatístico

Primeiramente, foi realizado o levantamento de dados para a determinação do número mínimo de amostras para se obter normalidade. Com base nos dados de Cunha *et al.* (2009), utilizou-se a equação sugerida por Montgomery (2004) para o cálculo do erro médio padrão (Equação 02).

$$d = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \quad (2)$$

Em que:

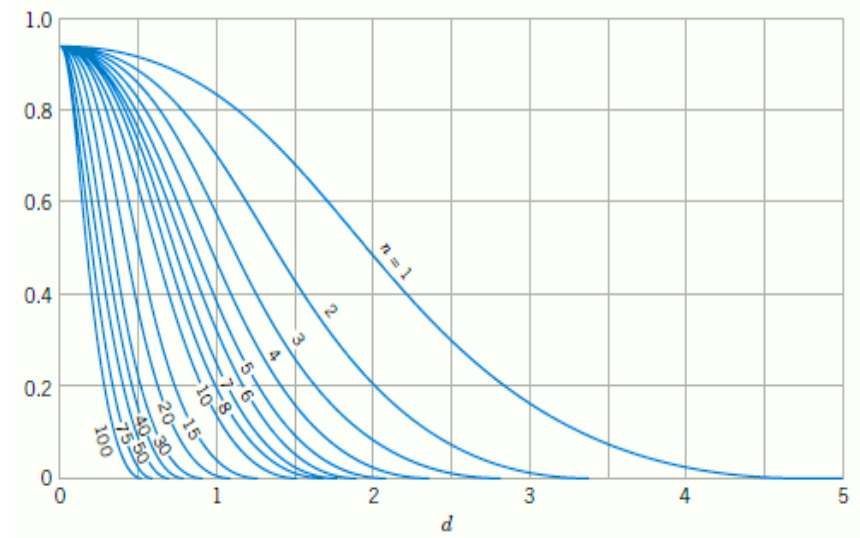
d = erro médio padrão;

μ_1 e μ_2 = média;

σ_1 e σ_2 = desvio padrão.

Obteve-se um valor de “ d ” de 1,04, e a partir da curva sugerida por Montgomery (2004) (Figura 14), determinou-se que o número mínimo de amostras deveriam ser 20. Porém, o equipamento utilizado registra os valores a cada 2 segundos. Assim, em cada repetição foram coletados um valor mínimo de 25 dados, superando o mínimo definido por esse cálculo.

Figura 14 – Curvas características de operação para diferentes valores de n para um nível de significância $\alpha = 0,05$.



Fonte: Montgomery (2004).

Foi realizada uma análise descritiva dos dados, onde se verificou o coeficiente de simetria e curtose, tomando-os como indicadores de normalidades, segundo Oliveira (2010) valores entre -3 e 3 indicam normalidade em trabalhos nas áreas de agricultura.

Comprovada a distribuição normal, foram confeccionadas as cartas de controle para cada combinação de tratamento, com subgrupos de 5 amostras, com a finalidade de verificar o comportamento dos dados e a possível interferência de fatores externos ao experimento. As cartas foram feitas no software Minitab 18.1.

Foi realizada a análise variância (ANOVA) pelo teste F, e, quando significativos, foi aplicado o teste de comparação de médias Tukey a 5% de significância. Foram realizados no software Sisvar 5.6.

O delineamento experimental utilizado para a avaliação foi inteiramente ao acaso (DIC), no esquema fatorial de $2 \times 2 \times 2$, sendo a operação realizada com a enxada com e sem o acoplamento do encanteirador, 2 marchas de trabalho (2^a e 3^a), correspondendo as velocidades de 1,6 e 2,1 km h^{-1} respectivamente, e 2 duas velocidades no rotor da enxada rotativa (265 e 520 rpm), para cada tratamento efetuou-se 5 repetições, totalizando 80 unidades experimentais (Tabela 04).

Tabela 04 – Esquema do delineamento de avaliação.

Encanteirador	Marcha	Rotação (rpm)
Sem	2 ^a	256
		520
	3 ^a	256
		520
Com	2 ^a	256
		520
	3 ^a	256
		520

Fonte: Autor (2019)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise descritiva

Uma análise descritiva dos dados está disposta na Tabela 05. A partir do resumo dos dados, nota-se que os valores médios de ruído encontrado durante o experimento variam de 95,53 a 99,69 dB (A), mostrando que não houve grandes discrepâncias nos valores obtidos, resultando em baixos valores de coeficientes de variação (CV).

Tabela 05 – Estatística descritiva dos dados.

Encanteirador	Sem				Com			
	265		520		265		520	
Rotação (rpm)	2 ^a	3 ^a	2 ^a	3 ^a	2 ^a	3 ^a	2 ^a	3 ^a
Média	98,85	96,19	95,53	95,67	97,85	97,45	99,69	99,66
Assimetria	0,80	1,51	1,68	1,63	0,42	-0,02	-0,22	-0,47
Curtose	0,56	2,36	2,72	2,41	0,15	1,75	-0,06	2,66
Des. P.	3,94	1,33	1,42	1,05	1,34	1,53	2,12	1,51
CV (%)	4,00	1,39	1,49	1,10	1,37	1,58	2,13	1,52

Fonte: Autor (2019)

Os valores dos indicadores de normalidade, assimetria e curtose, estão conforme Oliveira (2010) indicou como padrão para a distribuição normal, sendo esses valores entre -3 e 3, quando o experimento é executado em campo aberto e sem controle total de agentes externos. Esses parâmetros indicam como a distribuição dos dados obtidos se encontram em relação à média. Tendo a normalidade dos dados sendo confirmada, os testes estatísticos de comparação de média podem ser aplicados.

Os coeficientes de variação (CV) se mostraram entre os valores 1,10 e 4,00 %, sendo o maior coeficiente pertencente ao tratamento sem encanteirador, na 2^a marcha e com rotação de 256 rpm. Os baixos valores de CV mostram que os dados apresentam baixa variação em relação à média, dentro de cada tratamento analisado.

4.2 Comportamento dos dados

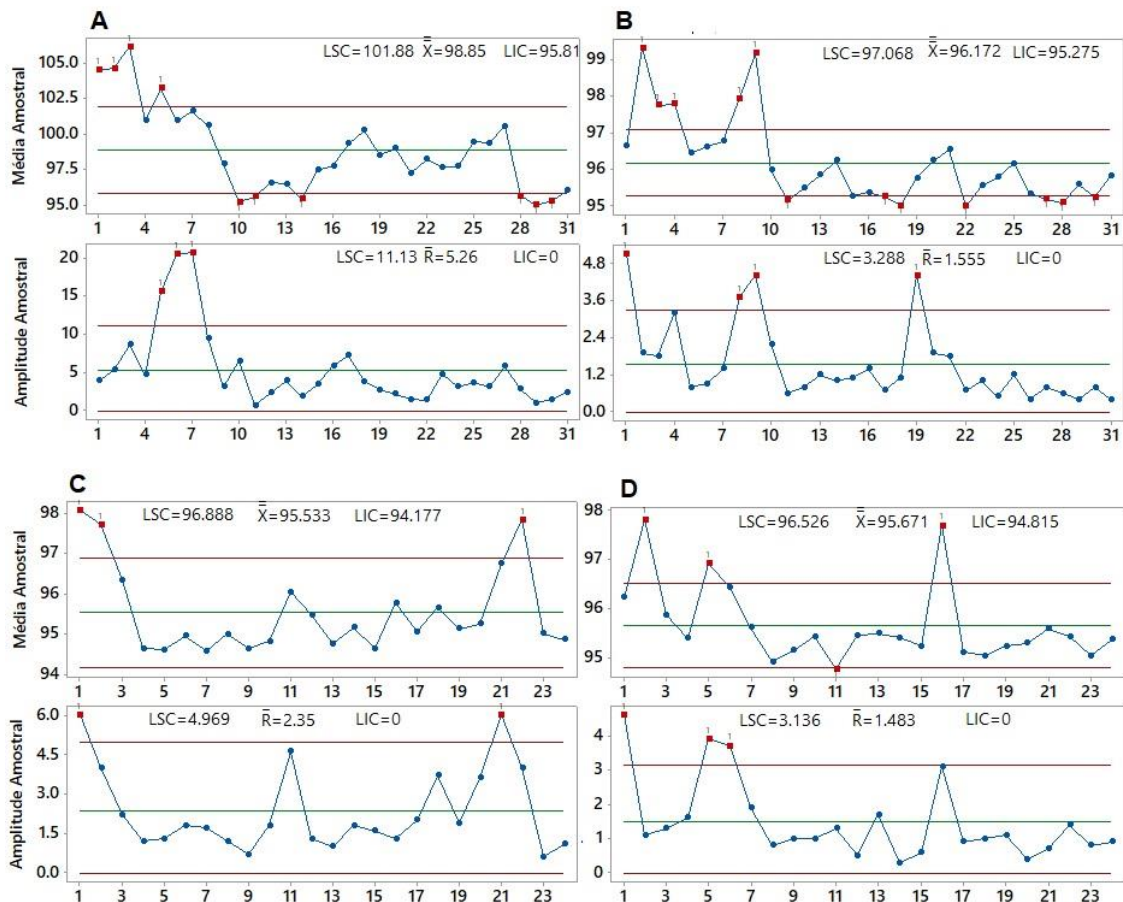
Nessa análise foram confeccionadas as cartas de controles, que são uma ferramenta do controle estatístico de processos para a avaliação do comportamento dos dados,

bem como identificar os pontos que foram influenciados por efeitos externos que possam alterar o resultado final da avaliação. Essa técnica foi utilizada nesse estudo para analisar como os dados obtidos se manifestaram ao longo do experimento para cada tratamento estudado.

Para a composição das cartas, é calculado o Limite Superior de Controle (LSC) e o Limite Inferior de Controle (LIC) a partir do desvio padrão dos dados. Os dados, que foram agrupados em subgrupos de 5 amostras, obtendo-se uma média dos 5 dados, foram então comparados aos valores dos LSC e LIC e quando se mostram fora dessa faixa evidencia um efeito externo que possa estar interferindo nos dados. O efeito externo só pode ser observado durante o experimento.

As cartas de controle para os tratamentos com a enxada sem o acoplamento do encanteirador se encontram na Figura 15.

Figura 15 – Cartas de controle para média e amplitude amostral para cada tratamento para as operações sem o encanteirador.



Fonte: Autor (2019). A) 2ª marcha/256 rpm; B) 2ª marcha/520 rpm; C) 3ª marcha/256 rpm; D) 3ª marcha/520 rpm.

A partir da carta de controle para a 2ª marcha e rotação de 256 rpm (Figura 15A) nota-se que nesse tratamento ocorreu o valor de maior pico de ruído dentro do experimento, de 109.1 dB (A). Os três primeiros subgrupos se mostraram fora do limite superior de controle, mas com sua amplitude amostral ainda dentro dos limites, isso evidência uma possível influência externa ao experimento, como a do vento, que elevou os níveis de ruído durante os primeiros segundos desse tratamento, mesmo com a proteção do microfone.

Tanaka & Shiraishi (2008) em seus experimentos avaliando a propagação sonora do ruído ambiental, viram que tanto a velocidade como a direção do vento influenciaram nos níveis de ruídos obtidos. Isso demonstra a importância do monitoramento do vento ao longo do experimento.

Para a 2ª marcha em rotação do rotor em 520 rpm, a carta está disposta na Figura 15B. Nesse caso, houve picos acima do limite superior de controle, diferentemente da carta anterior, esses picos foram isolados e não contínuos. A carta de amplitude amostral confirma que, nesse caso, houve a presença de *outliers*, já que houve picos de valores dentro do subgrupo, afetando a amplitude amostral. Estatisticamente, *outliers* são considerados dados fora do padrão da população estudada, nesse caso, esses dados são considerados como picos de ruídos, que ocorrem devido a influência de algum fator externo.

A irregularidade do terreno, bem como a presença de pedras, quando em contato com as lâminas da enxada podem ter ocasionado esses picos de ruídos, podendo ser considerados como ruídos de impacto, que segundo a NR-15 apresentam picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, e intervalos superiores a 1 um segundo. Esses valores podem ser frequentes já que no experimento acontece durante a operação.

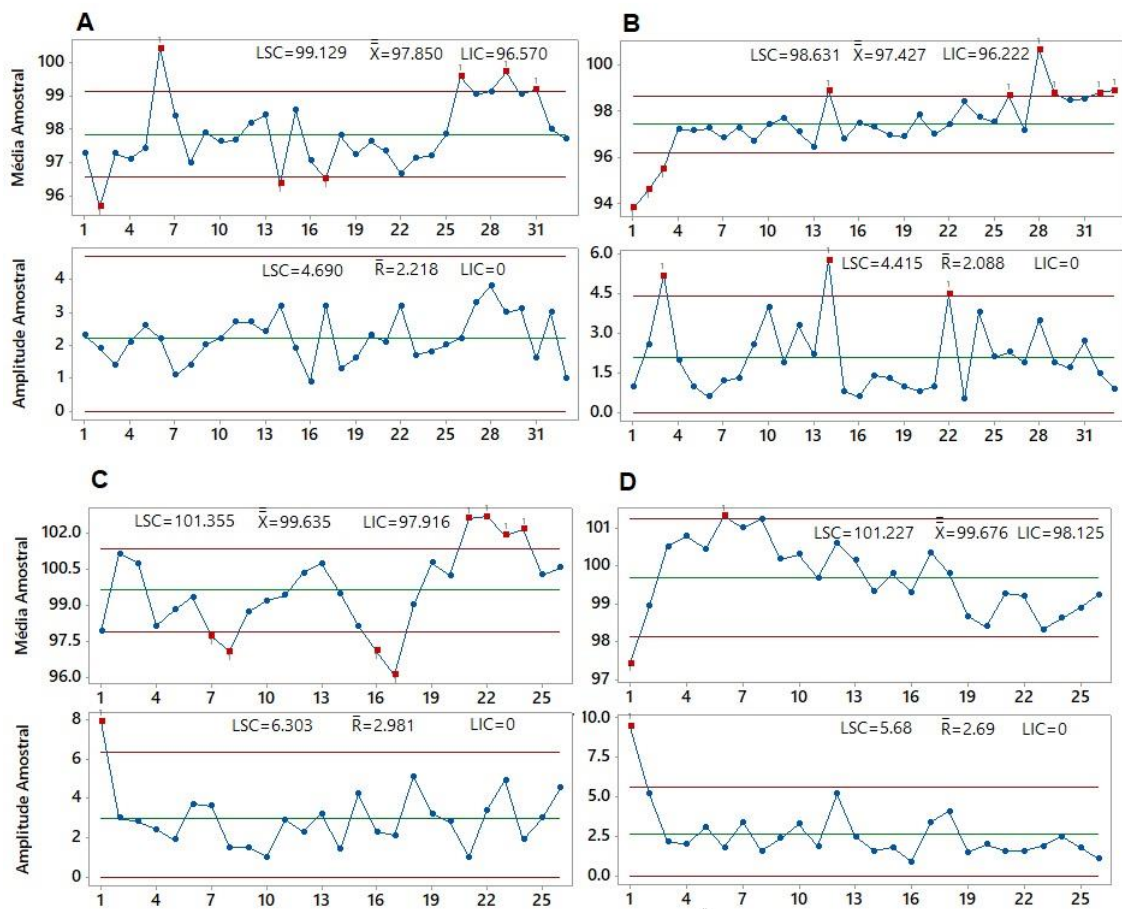
Em seu estudo, Benetti (2018) evidenciou que operações aonde partes móveis dos implementos estão em constante contato com o solo, apresentaram um maior nível de ruído em solos pedregosos. O contato da enxada com as pedras gera um pico no nível de ruído que pode ser superior ao produzido pela própria máquina.

O incremento da marcha não alterou o comportamento dos dados, como mostra a Figura 15C e Figura 15D, onde estão representadas as cartas para a 3ª marcha nas rotações de 256 e 520 rpm, respectivamente. Nesses casos, os dados apresentaram picos, como na situação anterior, mostrando que as pedras e outros materiais estavam presentes no solo, fazendo com que picos de ruídos estivessem presentes.

Com o encanteirador acoplado a enxada, o comportamento dos dados seguiu-se com um desempenho semelhante (Figura 16). A carta para a 2ª marcha em rotação de 256 rpm (Figura 16A) se mostrou fora de controle, com 7 subgrupos fora dos limites de controle, tanto

superior quanto inferior, porém a amplitude amostral se mostrou controlada. Esse comportamento aponta que existe a influência de fatores externos ao processo de operação afetando os níveis de ruídos. Fatores esses que devem ser considerados na avaliação, pois o operador está sendo sujeito a essas elevações de ruídos.

Figura 16 – Cartas de controle para média e amplitude amostral para cada tratamento para as operações com o acoplamento do encanteirador.



Fonte: Autor (2019). A) 2ª marcha/256 rpm; B) 2ª marcha/520 rpm; C) 3ª marcha/256 rpm; D) 3ª marcha/520 rpm.

A carta para 2ª marcha e rotação de 520 rpm (Figura 16.B) mostrou os 3 subgrupos iniciais abaixo do limite inferior de controle. Como o encanteirado movimenta um maior volume de terra para a elaboração do canteiro, a exigência de força do trator é maior, elevando o nível de ruído. Nagahama *et al.* (2013) também viu em seu estudo que em operações que demandam maior potência do motor o nível de ruído emitido é maior. Esses subgrupos, por serem no início do tratamento, o volume de terra acumulado possivelmente não estava em um volume suficiente para elevar o nível de ruído.

Para a 3ª marcha com o encanteirador acoplado (Figura 16.CD), os comportamentos apresentados durante a operação se mostraram semelhantes aos vistos anteriormente, como vários subgrupos seguidos fora do limite superior de controle, com uma possível interferência de ventos durante o experimento, e com valores de picos apresentados como irregularidades do terreno.

4.3 Análise fatorial

Na Tabela 06 encontra-se a análise de variância dos dados, através dela consta-se que praticamente todos os fatores se mostraram estatisticamente significante ao nível de 1%, exceção apenas para o fator marcha quando avaliado isoladamente, onde não apresentou significância. O coeficiente de variação foi de 2,06% mostrando a baixa variabilidade dentro dos dados.

Tabela 06 – Resumo do quadro da análise de variância.

Fonte de Variação	Valor F
Encanteirador (E)	249,56**
Marcha (M)	1,65 ^{ns}
Rotação (R)	47,86**
E x M	268,89**
E x R	23,68**
R x M	41,05**
E x M x R	27,57**
CV (%)	2,06

Fonte: Autor (2019)

A análise do fator encanteirador dentro dos outros parâmetros avaliados, marcha e rotação, se encontra apresentado na Tabela 07.

Tabela 07 – Análise do fator encanteirador em comparação aos demais fatores.

		Encanteirador	
		Sem	Com
2 ^a marcha	256 rpm	98,85 b	97,85 a
	520 rpm	96,19 a	97,46 b
3 ^a marcha	256 rpm	95,53 a	99,69 b
	520 rpm	95,67 a	99,66 b
CV (%)		2,06	

Fonte: Autor (2019)

A partir da Tabela 07, é possível notar que quando o encanteirador está equipado na enxada rotativa o nível de ruído é maior em todas as combinações de marcha e rotação do rotor, com exceção para o caso da 2^a marcha na rotação de 256 rpm onde a média de 98,85 dB(A), quando sem encanteirador, se mostrou estatisticamente maior. Fato que pode ser explicado observando a carta de controle para esse tratamento, mostrado anteriormente na Figura 15.A, onde valores extremamente elevados foram observados, possivelmente com interferência de vento.

Souza *et al.* (2006) em seu estudo mostrou que o nível de ruído tende a se elevar em função do aumento da força de tração requerida para a execução da operação. O encanteirador tem a função de amontoar o solo desagregado pela enxada, conseqüentemente, tem uma maior mobilização do volume de solo, aumentando a força exercida e exigindo uma potência do trator, isso faz com que o nível de ruído emitido pelo conjunto seja maior quando comparado a operação apenas com a enxada rotativa.

A análise do parâmetro rotação da enxada está disposto na Tabela 08.

Tabela 08 - Análise do fator rotação em comparação aos demais fatores.

Encanteirador		Rotação	
		256	520
Sem	2 ^a marcha	98,85 b	96,19 a
	3 ^a marcha	95,53 a	95,67 a
Com	2 ^a marcha	97,46 a	97,85 a
	3 ^a marcha	99,66 a	99,69 a
CV (%)		2,06	

Fonte: Autor (2019)

A interação da rotação da enxada com os fatores foi onde se apresentou as menores diferenças estatisticamente, exceção para a combinação de 2^a marcha sem o uso do encanteirador, em que a menor rotação se mostrou com maiores níveis de ruído, devido a

influência de fatores externos como mostra a carta de controle para esse tratamento (Figura 15A).

Quando avaliado isoladamente, a rotação da enxada apresentou uma diferença significativa entre os dois valores avaliados, como visto na análise de variância mostrado anteriormente (Tabela 06), estando expresso na Tabela 09.

Tabela 09 - Análise do fator rotação isoladamente.

Rotação	rpm		DMS
	256	520	
dB(A)	98,05 b	97,23 a	0,23

Fonte: Autor (2019)

A menor rotação (256 rpm) se mostrou com menores níveis de ruído, tendo uma média de 97,23 dB (A), oposto ao encontrado por Magalhães *et al.* (2012), em que as maiores rotações resultaram em um maior nível de ruído, já que condiciona uma maior movimentação das partes mecânicas do trator, gerando maiores vibrações e procedendo em altos valores de ruído.

Para o parâmetro marcha, apresentado na Tabela 10, o comportamento se mostrou diferente para a presença ou ausência do encanteirador.

Tabela 10 - Análise do fator marcha em comparação aos demais fatores.

Encanteirador		Marcha	
		2ª marcha	3ª marcha
Sem	256 rpm	98,85 b	95,53 a
	520 rpm	96,19 b	95,67 a
Com	256 rpm	97,85 a	99,69 b
	520 rpm	97,46 a	99,66 b
CV (%)	2,06		

Fonte: Autor (2019)

Quando sem encanteirador, a análise mostrou que a 2ª marcha apresentou os maiores níveis de ruído (98,85 e 96,19 dB). Segundo Santos *et al.* (2014) as menores velocidades estão nas marchas com maior torque, as quais emitem maior ruído. Já com o encanteirador equipado, o ruído se apresentou mais elevado na 3ª marcha (96,69 e 99,66 dB) o que corrobora com o estudo de Alves *et al.* (2011) que verificou que maiores velocidades apresentam tendência a um valor de nível de potência sonora mais elevado. Araújo (2018)

também encontrou que as maiores marchas de trabalho resultavam em maiores níveis de ruído.

A marcha, quando avaliada isoladamente, não mostrou ter diferenças significativas (Tabela 06), o que corrobora com o trabalho de Silveira *et al.* (2008) que também não encontrou diferenças no nível de ruído em distintas marchas de trabalho.

Santos *et al.* (2014) observaram que a redução da velocidade de trabalho aumentou o ruído produzido. Já Arcoverde *et al.* (2011) encontraram em seu estudo que menores velocidades produziam maiores níveis de ruído quando trafegou em solo coberto com cobertura. A interação com os outros fatores, rotação da enxada e o encanteirador, fez com que houvessem diferenças significativas para esse parâmetro. Os diferentes resultados encontrados por outros autores mostram que a marcha, conseqüentemente a velocidade da operação, é bastante influenciada pelas interações com outros fatores.

4.4 Salubridade

A partir dos valores de níveis de ruídos obtidos no experimento, foram calculados os valores respectivos de dose (%) para cada tratamento e o tempo de exposição máximo permitido para um trabalhador, de acordo com NR-15, e estão expressos na Tabela 11. Os valores de dose diária de tempo de exposição foram calculadas pela Equação 01, apresentada previamente.

Tabela 11 – Valores da dose diária (%) e do tempo de exposição permissível de acordo com a NR-15.

Encanteirador	Rotação	Marcha	Média dB (A)	Dose diária (%)	Tempo de Exposição
Sem	256	2 ^a	98,85	682	1h 7min
		3 ^a	96,19	472	1h 45min
	520	2 ^a	95,53	431	1h 45min
		3 ^a	95,67	439	1h 45min
Com	256	2 ^a	97,85	594	1h 15min
		3 ^a	97,46	562	1h 30min
	520	2 ^a	99,69	767	1h
		3 ^a	99,66	763	1h

Fonte: Autor (2019)

É notável que os valores de ruídos estão acima de 85 dB (A) em todos os tratamentos estudados, preconizado pela NR-15 como o nível na qual não afetaria a saúde do trabalhador, mostrando que a operação com o trator de rabiça nas condições estudadas não oferece condições seguras para o operador com uma carga diária de trabalho de 8 horas, sendo então, considerada insalubre.

Souza *et al.* (2016) avaliando oito conjuntos mecanizados notaram que nenhum dos conjuntos estudados emitiam níveis de ruído abaixo do preconizado pela NR-15. Resultado similar ao encontrado por Baesso *et al.* (2017) que ainda afirmaram que pessoas próximas ao trator, até 5 metros da operação, também deveriam utilizar EPI, pois estariam sujeitas a níveis insalubres de ruído.

Os valores de dose diárias permite a visualização do quão os níveis estão acima do máximo aconselhável (100%). Os maiores valores encontrados, 767 e 763%, estão nos tratamentos com encanteirador acoplado, rotação de 520 rpm e 2ª e 3ª marcha, respectivamente. Valores tão elevados que para que não ocorra danos à saúde, o operador somente poderia permanecer exposto durante 1 hora nessas condições.

A menor dose diária apresentou 431% mostrando que mesmo o menor valor, já está absurdamente fora da faixa aceitável. O operador que esteja sujeito a esse nível de ruído só deve permanecer operando durante 1 hora e 45 minutos, segundo a NR-15.

Assim, é possível notar que os operadores estão sujeitos a elevados níveis de pressão sonora, e o trator de rabiça não oferece nenhuma proteção acústica para o operador, sendo indispensável o uso de protetores auriculares durante as atividades.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que os níveis de ruídos emitidos pelo trator de rabiça em operações de preparo de solo estão acima do preconizado pela NR-15, devendo sempre ser utilizado EPIs (protetores auriculares) durante a operação nas condições em que foram realizados o estudo.

Os níveis de ruídos encontrados foram de controle por apresentarem pontos fora dos limites, evidenciando influência de fatores externos.

As marchas de trabalho não influenciaram, isoladamente, os níveis de ruído emitidos, somente quando associado aos demais fatores.

O uso do encanteirador elevou os níveis de ruído emitidos pelo trator de rabiça por demandar maior potência e trabalhar com um maior volume de solo.

Na enxada, a velocidade da rotação não influenciou os níveis de ruído.

É necessário rever a constituição, por parte dos fabricantes, do trator de rabiça em relação ao nível de ruído produzido.

REFERÊNCIAS

- ALBIERO D.; CAJADO D. M.; FERNANDES, I. L. C.; MONTEIRO, L. A.; ESMERALDO, G. G. S. L. **Tecnologias Agroecológicas para o semiárido**. Fortaleza: edição do Autor, 2015.
- ALVES, A. D.S.; COSTA, F. R. L.; CORTEZ, J. W.; DANTAS, A. C. S.; NAGAHAMA, H. J. Níveis de potência sonora emitidos por trator agrícola em condições estáticas e dinâmicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 110-119, 2011.
- ALVES, E. **Migração rural–urbana, agricultura familiar e novas tecnologias**: coletânea de artigos revistos. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006.
- ARAÚJO, K. L. B. **Desempenho operacional e energético de um microtrator em função da lastragem, velocidade de deslocamento e pressão de inflação dos pneus**. 2013. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará- UFC, Fortaleza, 2013.
- ARAÚJO, K. L. B. **Ruído e vibração incidentes ao operador de um quadriciclo agrícola**. 2018. 99 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Ceará-UFV, Fortaleza. 2018.
- ARCOVERDE, S. N. S.; CORTEZ, J. W.; PITANGA JÚNIOR, C. O.; NAGAHAMA, H. J. Nível de ruído emitido por conjuntos mecanizados em função da velocidade e da condição do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 3, p. 514-520, 2011.
- AYBEK, A.; KAMER, H. A.; ARSLAN, S. Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. **Applied Ergonomics**, v. 41: p.274–281, 2010.
- BAESSO, M. M.; MARTINS, G. A.; MODOLO, A. J.; BAESSO, R. C. E.; BRANDELEIRO, E. M. Nível de ruído emitido por tratores agrícolas em conformidade com a norma regulamentadora NR 15. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 22, n 6. 2014.
- BAESSO, M. M.; MODOLO, A. J.; BAESO, R. C. E.; FISCHER, C. Níveis de ruído emitidos por tratores agrícolas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, São Paulo, v. 11, p. 229-238, 2017.
- BALASTREIRE, L.A. **Máquinas Agrícolas**. São Paulo: Editora Manole LTDA, 1987.
- BALSAN, R. **Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira**. Campo - Território, Uberlândia, v. 1, n.1, p. 123-151, 2006.
- BELLOCHIO, S. D. C.; ALONÇO, A. S.; VARGAS, F. OLIVEIRA, M. B. Frota atual de tratores por tempo de uso no Brasil. **Revista scientia agraria**, Curitiba, v. 18 n.3. p. 154-159, 2017.

BENETTI, J.R. **Análise de ruído de tratores agrícolas sem cabines de proteção**. 2018. 19 f. (Monografia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. 2018.

BILSKI, B. Exposure to audible and infrasonic noise by modern agricultural tractors operators. **Applied Ergonomics**. v. 44: 210-214. 2013.

BRASIL. Norma Regulamentadora 12. **Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. Disponível em: <http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf>. Acesso 15 de dezembro de 2018

BRASIL. Norma Regulamentadora 15. **Atividade e operações insalubres**. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO1.pdf>. Acesso 20 de novembro de 2018

CARVALHO, A.M. Ergonomia e produtividade. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.12, n.48, p.61-62, 1984.

CUNHA, J. P.A.R. da; DUARTE, M. A. V.; RODRIGUES, J. C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiás, v. 39, 2009.

DEWANGAN, K. N.; TEWARI, V. K. Characteristics of vibration transmission in the hand–arm system and subjective response during field operation of a hand tractor. **Biosystems engineering**, v. 100, 2008.

DEWANGAN, K. N.; TEWARI, V. K. Characteristics of hand-transmitted vibration of a hand tractor used in three operational modes. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v. 39, 2009.

DUL, J., WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

FERNANDES, H. C., SANTOS FILHO, P. F. dos; QUEIROS, D. M., CAMILO, A. J., REIS, E. F. dos. Vibração em tratores agrícolas: caracterização das faixas de frequência no assento do operador. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa. v. 11, n. 1-4, p. 23-31. 2003.

FUNDACENTRO. **Norma de higiene ocupacional (NHO-01) Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído**. São Paulo: Fundacentro, 2013.

GUIMARÃES, M. C.; BRISOLA, M. V. A ergonomia da atividade e sua contribuição ao desenvolvimento rural. **Sociedade e Desenvolvimento rural**, Distrito Federal, v. 7, p. 1-15, 2013.

GVOZDKOVA, S. I.; SHVARTSBURG, L. E. Analysis of Sources and Methods for Reducing Noise by minimizing Vibrations of Engineering Technological Processes. **Procedia Engineering**. v. 206: 958–964, 2017.

HALLIDAY, D. **Fundamentos da física**, vol. 2: gravitação, ondas e termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. revisada e ampliada. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 2005.

JAAFAR, N. I.; DAUD, M. K. M.; MOHAMMAD, I.; RAHMAN, N. A. Noise-induced hearing loss in grass-trimming workers. **Egyptian Journal of Ear, Nose, Throat and Allied Sciences**, v. 18, 2017.

KILESSE, R.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P. de; MINETTE, L. J.; TEIXEIRA, M. M. Avaliação de fatores ergonômicos em postos de trabalho de motoristas de caminhões utilizados no meio agrícola. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.14, n.3, 202-211, 2006.

KROEMER, K. H. E; GRANDJEAN E. **Manual de ergonomia**: Adaptando o trabalho ao homem. 5ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MACEDO, D. X. S.; NICOLAU, F. E. A.; NASCIMENTO, H. C. F.; COSTA, E.; CHIODEROLI, C. A.; LOUREIRO, D. R. Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 3, p.280-285, 2016.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; MACHADO, R. L. T. **Tratores para a Agricultura Familiar**: guia de referência. Pelotas. 2010.

MAGALHÃES, A. T.; CORTEZ, J. W.; NAGAHAMA, H. de 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. **Energia na Agricultura**, v. 7, p. 27-44, 2012.

MIALHE, L. G. **Máquinas Agrícolas**: Ensaio e certificações. Piracicaba: FEALQ, 1996.

MITARAI, M.; SICAT, J. C. V.; KINOSHITA, O.; TOYOMITSU, Y. Survey of walking tractor operating comfort in Nueva Ecija, Philippines. **Japanese Journal of Farm Work Research**. v. 43, n. 2. 2008.

MONTEIRO L. A. **Prevenção de acidentes com tratores agrícolas e florestais**. 1ª ed. Botucatu: Diagrama, 2010. 105p.

MONTEIRO L. A.; ALBIERO D. **Segurança na Operação com máquinas Agrícolas**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2013.122p.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MORAES, G. A. G. **Avaliação dos níveis de vibração no operador de um trator agrícola ensaiado em pista normatizada em diferentes velocidades de deslocamento.** 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista- UNESP, Botucatu, 2015.

NAGAHAMA, H. J.; CORTEZ, J. W.; PIMENTA, W. A. PATROCÍNIO FILHO, A. P.; SOUZA, E. B. Desempenho do conjunto trator-equipamento em sistemas de preparo periódico no argissolo amarelo. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n.2, p.79-89, 2013.

NASCIMENTO, E. M. S. **Avaliação da eficiência energética e do nível de ruído de um microtrator de duas rodas.** 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará -UFC, Fortaleza, 2012.

NASCIMENTO, E. M. S.; AMORIM, M. Q.; ARAÚJO, K. L. B.; CHIODEROLI, C. A.; OLIVEIRA, J. L. P. Desempenho operacional de um conjunto microtrator-rotoencanteirador. **Nucleus**, v.13, n.2. 2016

OLIVA, F. C.; MORATA, T. C.; LACERDA A. B. M.; STEINMETZ, L.; BRAMATTI, L.; VIVAN, A. G.; GONÇALVES, C. G. O.; MARQUES, J. M. Mudança significativa do limiar auditivo em trabalhadores expostos a diferentes níveis de ruído. **Revista Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**. São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, J. U. C. **Estatística: uma nova abordagem.** Rio de Janeiro. Editora Ciência, 2010.

PELOIA P.R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**. v. 30, p. 681-691, 2010.

POJE, A.; POTOČNIK, I.; DANILOVIC, M.; ANTONIC, S. A Case Study of the Impact of skidding distance on tractor operator exposure to noise. **Baltic Forestry**, v. 22, p. 357-364, 2016.

RODRIGUES, D. E.; TEXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; RODRIGUES, G. J. Desempenho de um microtrator utilizando-se motores com diferentes alternativas energéticas. **Acta Scientiarum** (UEM), Maringá - PR, v. 28, n. Prelo, p. 55-63, 2006.

SANTOS, L. N.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; FURTADO JÚNIOR, M. R.; SILVA, R. M. F. Avaliação dos níveis de ruído e vibração de um conjunto trator-pulverizador, em função da velocidade de trabalho. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 112-118, 2014.

SANTOS, V. C.; MONTEIRO, L. de A.; MACEDO, D. X. S.; MELO, R. P.; QUEIROZ, M. L. V. Avaliação da exposição do operador à vibração na operação de gradagem. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 31, n.4, p.312-316, 2016.

SERWAY, R. A. **Princípios da física: movimento ondulatório e termodinâmica**. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

SILVEIRA, J.C.M.; TIEPPO, R.C.; GABRIEL, A. G. Nível de ruído emitido por um conjunto moto mecanizado na operação de preparo mínimo do solo. **Global Science and Technology**, v. 01, n.08, p.60-70. 2008.

SILVEIRA, P. M.; SILVA, O. F.; STONE, L. F.; SILVA, J. G. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n.2, 2001.

SOUZA, L. H.; HAROLDO, C. F.; VITÓRIA, E. L. Avaliação do nível de ruído causado por diferentes conjuntos mecanizados. **Revista brasileira de saúde ocupacional**, v. 28, n 105/106 p. 21-30, 2016.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. BUCKMASTER, D. R. Engineering principles of agricultural machines. American Society of Agricultural and **Biological Engineers**. Ed. 2. 2012.

TANAKA, S.; SHIRAIISHI, B. Wind effects on noise propagation for complicated geographical and road configurations. **Applied Acoustics**, v. 69, n. 11, 2008.

TOSIN, R. C.; LANÇAS, K. P.; ARAUJO, J. A. B. Avaliação do ruído no posto de trabalho em dois tratores agrícolas. **Energia na Agricultura** (UNESP. Botucatu), v. 24-4, p. 108-118, 2009.

VEIGA, R. K.; GONTIJO, L. A.; MASIERO, F. C.; MAAS, L.; ODORIZZI, W. Caracterização de acidentes com tratores de rabiças na agricultura familiar de Santa Catarina. **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 124-128, 2017.

VEIGA, R. K.; MERINO, E. A. D.; GONTIJO, L. A.; MASIERO, F. C.; MERINO, G. S. A. D. Estudo comparativo da usabilidade de comandos direcionais para duas concepções de máquinas agrícolas. **Revista Produção Online** 15: 830-858. 2015

VIAN, C. E. de F.; ANDRADE JÚNIOR, A. M.; BARICELO, L. G.; SILVA, RODRIGO P. da. Origens, evolução e tendências da indústria de máquinas agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 51, p. 719-744, 2013.