



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

WALISSON MARQUES SILVEIRA

AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO RUÍDO EM MÁQUINAS
AGRÍCOLAS

FORTALEZA

2023

WALISSON MARQUES SILVEIRA

AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO RUÍDO EM MÁQUINAS
AGRÍCOLAS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para o título de doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

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

S591a Silveira, Walisson Marques.

Avaliação da distribuição espacial do ruído em máquinas agrícolas / Walisson Marques
Silveira. – 2023.

89 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2023.

Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

1. Tratores agrícolas. 2. Saúde ocupacional. 3. Raio de afastamento. 4. Surfer. I. Título.

CDD 630

WALISSON MARQUES SILVEIRA

AVALIAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO RUÍDO EM MÁQUINAS
AGRÍCOLAS

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para o título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Aprovada em: 20/07/2023.

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. Danilo Roberto Loureiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Elivania Maria Sousa Nascimento
Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG Ituiutaba)

Profa. Dra. Karla Lúcia Batista Araújo
Centro Universitário FAMETRO (UNIFAMETRO)

A Deus, por vencer mais uma batalha.

A todos que estiveram ao meu lado..

AGRADECIMENTOS

À Deus, por continuar me dando forças para nunca desistir, mesmo com todas as adversidades, me fazendo superar e seguir meus objetivos.

Aos meus pais, Silveira e Vania, por me darem a educação necessária para a vida, por todo o suporte e confiança, por acreditarem no meu potencial e por sempre entenderem meus momentos de ausência devido as atividades acadêmicas.

À minha avó, Andreлина Silveira, matriarca da família, por sua força, vitalidade, respeito e amor, um exemplo a todos que lhe cercam.

Ao meu irmão, Wilkson Silveira (*in memoriam*), por sempre ter me incentivado e me apoiado na vida e nos estudos, desde a minha entrada na Universidade até o Doutorado, você sempre foi uma inspiração para mim e jamais será esquecido!

Aos meus irmãos Wicleff e Rouse e aos demais familiares, pelo apoio, orgulho e admiração em mim depositados, mesmo desconhecendo minhas atividades na Universidade. Em especial ao meu primo Ronney Oliveira, por sua importante contribuição na etapa de instalação do experimento.

À Styfanny, por todo seu apoio, amor, confiança, parceria, incentivos, carinho e por acreditar no meu potencial, você é uma pessoa muito especial, que me ajudou a enxergar o processo de melhoria em alguns quesitos como pessoa, meu desejo é que crescamos juntos e sejamos muito felizes.

Ao meu grande amigo e companheiro Duke, pelo seu grande amor, parceria, carinho e lealdade. Todos que lhe conhecem sabem que você não é só um simples cachorro, você é uma das razões da minha alegria e da família e que esteve presente em várias etapas da minha vida, boas e ruins. Esse amor é recíproco e deixo eternizado aqui.

À Universidade Federal do Ceará, mais especificamente ao Centro de Ciências Agrárias da UFC, por toda sua estrutura e por ter o melhor curso de graduação que eu poderia ter escolhido para a minha vida.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola da UFC e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA e todos que o integram, por sua excelência e por todo suporte dado ao longo de meu mestrado e doutorado, servindo para meu engrandecimento pessoal e intelectual.

Ao Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas, LIMA – UFC, por todo o suporte dado para a realização de meu experimento, em especial aos operadores de máquinas agrícolas Sandoval e Antônio, por toda a disponibilidade e auxílio durante minhas atividades de campo, experimentais ou não.

Ao Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura – NEEF/UFC. Em nome do professor Magno Cândido, pelo fornecimento do motocultivador para a realização das análises.

Ao meu orientador, professor Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, pela orientação, confiança, profissionalismo, ensinamentos, troca de experiências e disponibilidade durante meu período sob sua orientação, que nossos laços sejam sempre firmes.

Ao professor Dr. Danilo Roberto Loureiro, pela parceria e auxílio desde a época de minha graduação, mestrado até os dias atuais, seus ensinamentos levarei para a vida.

Ao professor Dr. Carlos Alberto Viliotti, pela grande colaboração durante meu período na pós graduação no PPGEA UFC, sua disponibilidade e colaboração foram sempre de grande valia.

Às professoras Dras. Elivania Maria Sousa Nascimento e Karla Lúcia Batista Araújo, pelo grande espelho e inspiração que sempre foram para mim, vocês são exemplos de mulheres na ciência e poder contar com o apoio e amizade de vocês é um orgulho para mim.

A todos os meus amigos que, graças a Deus, são muitos e não os citarei neste trabalho (da vida, da UFC, do DIVA etc.), mas sabem que, mesmo estando perto ou distantes, sempre me apoiaram e torceram pelo meu sucesso. Em especial à Liah Frederico, pelos conselhos, discussões, ajudas, parcerias, desentendimentos e momentos de descontração. Obrigado, você merece tudo de bom e vai conquistar tudo isso.

Agradeço também à Beatriz, pelo auxílio importantíssimo na coleta de dados e a todos que os integrantes da Engenharia de Sistemas Agrícolas - ESA, em especial aos membros sempre presentes na salinha: Alex, Isabela, João José (Jota), Liah, Lilian, Luiza, Simone e Wilson. Pelas colaborações, parceria, troca de informações, palavras de apoio e momentos de descontração, afinal, a pós-graduação torna-se muito pesada quando não se têm momentos de alegria.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos para eu seguir minhas atividades durante o doutorado.

A todos que aqui não foram mencionados e não me recordo neste momento de escrita, mas que direta ou indiretamente me deram apoio e ajudaram a ultrapassar as adversidades encontradas nesse período.

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001"

Meu muito obrigado!

“Se foi com seu trabalho e seu esforço, o mérito é seu, a vitória é sua e as bênçãos destinadas a você. Deus tudo vê. Ele fará acontecer.”

(Candida Moraes)

RESUMO

As máquinas agrícolas são necessárias em todas as etapas do cultivo nas lavouras, fazendo que o operador passe longas jornadas de tempo manuseando a máquina, causando assim, problemas ocupacionais, dentre eles a exposição ao ruído transmitido pela máquina. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a distribuição espacial do ruído em máquinas agrícolas, a fim de gerar mapas com pontos de maior e menor incidência, bem como seu raio de afastamento do ruído. O trabalho foi realizado na área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA), do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. As máquinas utilizadas foram os tratores Valtra modelos A950, BM120, BM125i e um motocultivador Agritech, modelo TC14; avaliou-se também implementos: uma roçadora, uma enxada rotativa, uma roçadora frontal, um distribuidor de corretivos e uma semeadora pneumática, todos (exceto a roçadora frontal, que estava acoplada ao motocultivador) acoplados ao trator A950. Coletou-se os dados com cada máquina em sua rotação nominal de trabalho e os implementos com a rotação nominal equivalente a 540 rpm da TDP. As avaliações de ruídos foram realizadas com o uso de um decibelímetro em volta de cada máquina, posicionada no centro de uma área plana, sem obstáculos com dimensões de 9 x 9 metros, totalizando 100 pontos, onde a partir destes, gerou-se mapas de ruído, utilizando o programa Surfer®. Além dessas medições, foram realizadas as avaliações do raio de afastamento de ruído, com a coleta de pontos se distanciando dez metros à frente, atrás, à direita e à esquerda do centro da máquina. Os dados foram submetidos à análise do coeficiente de correlação de Pearson. Observou-se que nas áreas mais próximas ao sistema de exaustão do motor e a partes que exercem movimento, emitem mais ruído que as demais, fazendo necessária o uso de proteção auricular e o controle do tempo de exposição à este ruído, bem como o uso de alternativas para reduzir esse ruído. O conhecimento das áreas onde se propaga mais o ruído, bem como uso de programas de mapeamento é uma boa ferramenta para a melhor visualização para detectar da origem do ruído e posteriores tomadas de decisão.

Palavras-chave: tratores agrícolas; saúde ocupacional; raio de afastamento; Surfer.

ABSTRACT

Agricultural machines are necessary in all stages of cultivation in crops, causing the operator to spend long hours handling the machine, thus causing occupational problems, including exposure to noise transmitted by the machine. The present work aims to evaluate the spatial distribution of noise in agricultural machinery, in order to generate maps with points of greater and lesser incidence, as well as their distance away from the noise. The work was carried out in the experimental area of the Laboratory of Investigation of Accidents with Agricultural Machines (LIMA), of the Department of Agricultural Engineering of the Center of Agricultural Sciences of the Federal University of Ceará. The machines used were Valtra tractors models A950, BM120, BM125i and an Agritech tractor, model TC14; implements were also evaluated: a brushcutter, a rotary hoe, a front brushcutter, a corrective spreader and a pneumatic seeder, all (except the front brushcutter, which was coupled to the motor cultivator) coupled to the A950 tractor. Data were collected with each machine at its nominal work speed and the implements at a nominal speed equivalent to 540 rpm of the PTO. Noise evaluations were carried out using a decibel meter around each machine, positioned in the center of a flat area, without obstacles with dimensions of 9 x 9 meters, totaling 100 points, where from these, noise maps were generated. noise, using the Surfer[®] program. In addition to these measurements, evaluations of the noise distance radius were carried out, with the collection of points at a distance of ten meters in front, behind, to the right and to the left of the center of the machine. Data were submitted to Pearson's correlation coefficient analysis. It was observed that the areas closest to the engine exhaust system and the moving parts emit more noise than the others, making it necessary to use ear protection and control the time of exposure to this noise, as well as the use of alternatives to reduce this noise. The knowledge of the areas where the noise may propagate, as well as the use of mapping programs is a good tool for the best visualization to detect the origin of the noise and subsequent decision making.

Keywords: agricultural tractors; occupational health; clearance radius; Surfer

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Vista da área experimental.....	30
Figura 2	- Ilustração da área de coleta de dados.....	31
Figura 3	- Ilustração do posicionamento da máquina na área demarcada.....	32
Figura 4	- Tratores avaliados no experimento.....	33
Figura 5	- Equipamentos avaliados no experimento.....	34
Figura 6	- Termo Anemômetro utilizado no experimento.....	35
Figura 7	- Decibelímetro utilizado no experimento.....	36
Figura 8	- Ilustração da coleta dos dados de ruído com decibelímetro.....	36
Figura 9	- Mapa de isolinhas para a distribuição do ruído no trator “a”	38
Figura 10	- Mapa 3D da distribuição espacial do ruído do trator “a”	39
Figura 11	- Mapa de isolinhas para a distribuição do ruído no trator “b”	40
Figura 12	- Mapa 3D da distribuição espacial do ruído do trator “b”	41
Figura 13	- Mapa de isolinhas para a distribuição do ruído no trator “c”	42
Figura 14	- Mapa 3D da distribuição espacial do ruído do trator “c”	43
Figura 15	- Mapa de isolinhas para a distribuição do ruído no motocultivador “d” ...	44
Figura 16	- Mapa 3D da distribuição espacial do ruído do motocultivador “d”	45
Figura 17	- Mapa de isolinhas para a distribuição do ruído da roçadora acoplada ao trator.....	46
Figura 18	- Mapa 3D da distribuição espacial do ruído da roçadora acoplada ao trator.....	47
Figura 19	- Mapa de isolinhas para a distribuição do ruído da enxada rotativa abaixada (à esquerda) e levantada (à direita) acoplada ao trator.....	48
Figura 20	- Mapa 3D da distribuição espacial do ruído da enxada rotativa abaixada (à esquerda) e levantada (à direita) acoplada ao trator.....	49

Figura 21 – Mapa de isolinhas para a distribuição do ruído da roçadora frontal acoplada ao motocultivador.....	50
Figura 22 – Mapa 3D da distribuição espacial do ruído da roçadora frontal acoplada ao motocultivador.....	51
Figura 23 – Mapa de isolinhas para a distribuição do ruído do distribuidor de corretivos acoplado ao trator.....	52
Figura 24 – Mapa 3D da distribuição espacial do ruído do distribuidor de corretivos acoplado ao trator.....	53
Figura 25 – Mapa de isolinhas para a distribuição do ruído da semeadora acoplado ao trator.....	54
Figura 26 – Mapa 3D da distribuição espacial do ruído da semeadora acoplada ao trator.....	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Raios de afastamento nos quatro sentidos para o trator “a”	57
Gráfico 2	– Raios de afastamento nos quatro sentidos para o trator “b”	58
Gráfico 3	– Raios de afastamento nos quatro sentidos para o trator “c”	60
Gráfico 4	– Raios de afastamento nos quatro sentidos para o motocultivador “d”....	61
Gráfico 5	– Raios de afastamento nos quatro sentidos para a roçadora acoplada ao trator.....	63
Gráfico 6	– Raios de afastamento nos quatro sentidos para a enxada rotativa abaixada e levantada acoplada ao trator.....	65
Gráfico 7	– Raios de afastamento nos quatro sentidos para a roçadora frontal acoplada ao motocultivador.....	67
Gráfico 8	– Raios de afastamento nos quatro sentidos para o distribuidor de corretivos acoplado ao trator.....	68
Gráfico 9	– Raios de afastamento nos quatro sentidos para semeadora pneumática acoplada ao trator.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes.....	26
Tabela 2 – Tratores avaliados no experimento.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
dB	Decibéis
NR	Norma Regulamentadora
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
TDA	Tração Dianteira Auxiliar
TDP	Tomada de Potência
UFC	Universidade Federal do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Máquinas agrícolas	20
2.2	Ergonomia	22
2.3	Ruído em máquinas agrícolas	24
2.4	Mapas de distribuição espacial	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1	Local	30
3.1.1	Área de coleta dos dados	31
3.2	Tratores e equipamentos	32
3.3	Coleta de dados	34
3.4	Tratamento dos dados	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4.1	Mapas 2D e 3D	38
4.2	Raios de afastamento	56
5	CONCLUSÃO	72
	REFERÊNCIAS	73
	APÊNDICE A – RESUMOS ESTATÍSTICOS E GEOESTATÍSTICOS DOS VALORES DE RUÍDO DOS TRATORES E EQUIPAMENTOS ACOPLADOS	82
	APÊNDICE B - CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA (DECIBELÍMETRO)	93

1 INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento das áreas agrícolas, devido ao grande desenvolvimento e conseqüente consumo da população mundial, a agricultura que temos nos dias atuais depende significativamente de máquinas agrícolas eficientes para aumentar a produtividade e facilitar o trabalho no campo.

O uso das máquinas e implementos agrícolas permitiu aos produtores expandirem suas áreas agricultáveis, levando em conta a ampla funcionalidade e versatilidade dessas máquinas na realização das diversas operações, seja no preparo do solo, tratos culturais, até a colheita, sendo essenciais à condução da lavoura nas diversas fases do cultivo.

Para se tornar possível a realização dessas atividades no campo nas diferentes etapas de cultivo, é imprescindível o uso de diferentes equipamentos agrícolas, acessórios estes que são acoplados ao trator de diferentes formas e atuam de diferentes maneiras, principalmente por movimentos rotativos.

Com isso, os operadores e as pessoas que convivem com essas máquinas são submetidos a extensas jornadas de trabalho, devido às diversas atividades realizadas. Desse modo, um aspecto muitas vezes negligenciado é o ruído causado por essas máquinas e equipamentos. O ruído excessivo pode ser prejudicial tanto para os operadores e pessoas que trabalham ao redor dessas máquinas quanto para o meio ambiente.

Os níveis de ruído elevados vindos das máquinas agrícolas podem levar a problemas de saúde em longo prazo para quem as utiliza. A exposição constante a níveis elevados de ruído pode resultar em diversos problemas de saúde, dentre eles a perda auditiva, sem contar nos demais prejuízos do ruído intenso ao bem-estar geral dos trabalhadores.

O ruído gerado pelas máquinas agrícolas é influenciado por diversos elementos, sendo a distância da fonte do ruído um desses fatores. À medida que nos afastamos da fonte do ruído, os níveis de ruído geralmente tendem a diminuir devido à dispersão e atenuação do som no ambiente.

Existem diferentes maneiras de controlar o ruído, podendo ser adotadas para reduzir os níveis de emissão de ruído nas máquinas agrícolas, como a escolha de máquinas e equipamentos com baixo nível de ruído. A indústria tem se dedicado cada vez mais ao desenvolvimento de máquinas mais silenciosas, empregando

técnicas como isolamento acústico, uso de materiais absorventes de som e adoção de tecnologias de redução de ruído em seus projetos.

Algumas estratégias, como a utilização de equipamentos de medição de ruído, bem como o uso de *softwares* são ferramentas importantes. Eles possibilitam a visualização dos níveis de ruído emitidos pela máquina em diferentes pontos de medição, facilitando a identificação de áreas com alta e baixa exposição, auxiliando na tomada de decisões para redução do ruído e/ou da exposição a esse ruído.

Para padronizar os ensaios realizados e validar o uso correto dos instrumentos de medição, bem como para a aquisição dos resultados obtidos, torna-se importante o uso de normas, permitindo assim certificar que os testes realizados na máquina sejam fidedignos, como por exemplo, a norma OECD, as normas da ABNT, dentre outras.

Com base nessas informações, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os níveis de ruído e analisar a distribuição espacial e o raio de afastamento do ruído no entorno e no posto de operação de máquinas agrícolas, gerando mapas e gráficos com pontos de maior e menor incidência.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Máquinas agrícolas

O trator é uma máquina provida de recursos que o permitem tracionar, transportar e transferir potência mecânica para os órgãos ativos de máquinas e implementos agrícolas, onde a energia gerada pela combustão do diesel é transformada em energia mecânica no motor (MIALHE, 1980).

A fonte de potência mais utilizada no meio agrícola é o trator, auxiliando para o avanço tecnológico e o evolução dos sistemas agrícolas de produção de alimentos e de fontes alternativas de energias renováveis e responsáveis pelos avanços e quebras de recordes de produção das propriedades agrícolas em todo o país (MONTEIRO; ALBIERO, 2013).

Ao longo dos últimos anos, o cenário agrícola mundial teve seu crescimento econômico e territorial graças ao uso da mecanização (FEITOSA, 2014). A constante utilização de máquinas e implementos agrícolas alterou a prática de agricultura de subsistência para uma atividade empresarial, gerando emprego e renda, cumprindo seu principal papel na geração de alimentos em larga escala.

Segundo Gazzioni (2017), a agricultura mecanizada é uma prática indispensável atualmente, visto a grande demanda por alimentos, atrelada à abertura de novas fronteiras agrícolas. Em conjunto com esses fatores, o cultivo em grandes propriedades e a redução do número de trabalhadores, também aumentam a necessidade do uso de máquinas e implementos nas atividades do setor agropecuário.

De acordo Emami *et al.* (2018), a atividade agrícola tem um grande significado que aborda a produção, distribuição e utilização de uma série de máquinas e equipamentos visando a produção agrícola. Ele também relata que a mecanização agrícola pode se definir como uma aplicação econômica da tecnologia de engenharia para melhorar a eficácia e a produtividade do trabalho.

Schlosser e Debiasi (2001), determinam o trator agrícola como uma unidade móvel de potência, constituída de motor, transmissão, sistemas de direção e sustentação e de componentes complementares, em que podem ser acoplados implementos e máquinas.

O trator é um dos principais veículos agrícolas responsáveis pela maior distância percorrida nas lavouras. As funções do trator na agricultura e a evolução de sua importância têm mudado de acordo com o tempo. A importância dessas funções básicas está ligada com os tempos de utilização dos tratores em função do meio agrícola. O usuário quando vai adquirir um trator, deve definir previamente as funções que o trator necessita executar (MÁRQUEZ, 2012).

Montanha *et al.* (2012) atribuíram ao trator agrícola o alto desempenho da agricultura de hoje em dia, devido a sua versatilidade em realizar inúmeras atividades, convertendo a energia química presente nos combustíveis em energia mecânica. A modernização dos sistemas agrícolas de produção, portanto, beneficia toda a sociedade brasileira e não apenas produtores rurais (MADEIRA, 2011).

Santos *et al.* (2004), consideram o trator a base da mecanização agrícola moderna e responsável pelo alto desenvolvimento alcançado pela agricultura mundial nos últimos anos. Para Gabriel Filho *et al.* (2010), uma das funções primordiais dos tratores agrícolas é converter a energia contida no combustível e fornecê-la, por meio da barra de tração, para tracionar máquinas e implementos agrícolas.

Robustez, versatilidade, confiabilidade, conforto, segurança, facilidade de acoplamento e acionamento com diversos tipos de implementos e máquinas são características indispensáveis para que o trator realize as operações a ele atribuídas (VILAGRA; GENZ, 2009).

De acordo com Silva *et al.* (2015), o processo de mecanização agrícola foi essencial para que o avanço da agropecuária ocorresse, já que com ela foi possível uma melhor utilização dos insumos disponíveis, além, da própria qualidade destes. A razão de uma máquina substituir boa parte de mão de obra no campo, agiliza e torna as etapas de plantio, cultivo e colheita mais eficientes (BARICELO; BACHA; 2013).

Com o aumento das áreas cultiváveis, o trator é utilizado como a principal fonte de potência nas operações agrícolas. As máquinas são utilizadas de forma mais intensa, mudando de forma decisiva a trajetória das técnicas de produção e aumentando a oferta de produtos agrícolas no mundo (VIAN *et al.*, 2014).

A mecanização tem um papel importante nos resultados do agronegócio, devido à utilização de máquinas e tratores agrícolas na agricultura de larga escala praticada em todo o território nacional, especialmente nas grandes culturas como soja, feijão, milho, arroz e cana de açúcar (DEPEC, 2017).

Segundo Teixeira *et al.* (2009), o principal motivo pelo qual os produtores da agricultura familiar no Brasil não conseguem cultivar em áreas maiores de suas propriedades sob a forma agroecológica, onde produtos alcançam melhor preço no mercado, é justamente a falta de alguns tipos de tratores e implementos adaptados para a produção em questão.

De acordo com Meyer *et al.*, (2015), além de contribuir para a obtenção de maiores produtividades, um dos impactos da mecanização nos sistemas de produção agrícola pode ser observado também nos custos de produção. Um exemplo é a cultura da cana-de-açúcar, a mecanização contribui para a redução do custo total de produção, possível pela melhora nos rendimentos operacionais, substituindo os trabalhos manuais.

Entretanto, podem haver desvantagens na utilização de máquinas agrícolas, como por exemplo, a exposição do operador à fatores como poeira, raios solares, vibração, calor, gases do motor, insetos, defensivos agrícolas e também ao forte ruído oriundo dessas máquinas (OLIVEIRA JUNIOR, 2011).

2.2 Ergonomia

Conhecida a importância da mecanização para a expansão do cultivo de produtos agrícolas em áreas cada vez maior, se faz importante o conforto do operador de máquinas agrícolas para a realização com maestria de suas atividades laborais (FORASTIERE, 2016).

As exigências em conforto e segurança para operadores de tratores agrícolas vêm tornando-se cada vez mais crescentes (ROZIN *et al.*, 2010). Operadores de máquinas agrícolas desenvolvem suas atividades de trabalho durante muitas horas diárias ao longo do ano, nos dias que demandam mais comprometimento esse tempo atinge cerca de 12 a 14 horas por dia (DEBOLI *et al.*, 2017).

É de grande importância que os tratores estejam em boas condições de funcionamento para que a exposição do operador às condições externas seja minimizada, acarretando em aumento da produtividade e qualidade do trabalho, reduzindo assim, a incidência de erros, acidentes e possíveis doenças ocupacionais (MEHTA *et al.*, 2000).

Forastiere (2016) define “Conforto” como a harmonia entre os fatores psicológicos e fisiológicos do ser humano com o ambiente. O ambiente de laboral deve

oferecer proteção, como também prevenir acidentes, doenças ocupacionais, bem como dispor de boa relação entre empresa e empregado.

A palavra Ergonomia tem sua origem do grego *ergon* (trabalho) e *nomos* (normas, leis). É definida como a ciência que configura, planeja e adapta o trabalho ao homem, e a partir da compreensão das condições insatisfatórias de trabalho, busca preservar o operador da fadiga, do desgaste físico e mental, visando aumentar a eficiência do trabalho realizado (KILESSE *et al.*, 2006).

A Ergonomia é uma disciplina científica referente à compreensão das interações entre o ser humano e outros elementos ou sistemas, e à execução de teorias, princípios, dados e métodos a projetos com o objetivo de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema (IEA, 2023).

A ergonomia tem papel importante na prevenção de riscos e na proteção da saúde do trabalhador, englobando conceitos das ciências sociais com avanços tecnológicos. Com isso, procuram-se adequar as operações laborais, aliando o aumento da eficiência e produtividade com a saúde e bem-estar do indivíduo, através do aperfeiçoamento operacional (NAGARAJ; JEYAPAU; MATHIYAZHAGAN, 2019).

lida (2005), afirmou que a ergonomia tem como objetivo, representando o ambiente de trabalho, considerar fatores importantes como: indivíduo (atributo físico, psicológico, fisiológico e social do trabalhador, idade, gênero, capacitação, motivação); máquina (recursos disponíveis utilizados para a execução das tarefas; englobando implemento, utensílio, móveis e instalação); ambiente (variáveis físicas como temperatura, ruído, vibração mecânica, iluminação, cores etc.), dentre outros.

Monteiro (2011) afirma que os sucessivos avanços científicos mudaram consideravelmente a base, a eficiência, as utilidades e os conceitos ergonômicos dos tratores, oferecendo novas técnicas para comando e controle destinadas aos operadores, garantindo uma capacidade de operação melhor, custos reduzidos e otimização da mão de obra disponibilizada.

Segundo Leite (2015), grande parte dos tratores fabricados no Brasil não atendem aos requisitos de ergonomia, pois os projetos de máquinas, em grande parte, priorizam a otimização dos parâmetros operacionais, nem sempre lembrando das condições adequadas de trabalho. Segundo o autor, é importante se estudar os fatores ergonômicos, a exemplo das vibrações e ruídos, e confrontá-los junto às normas vigentes.

Os avanços nos conhecimentos em ergonomia contribuíram para o surgimento de novos conceitos, fazendo com que os fabricantes passassem a ofertar modelos de máquinas agrícolas com melhor disposição dos comandos de operação e instrumentos de controle (ROZIN *et al.*, 2010).

Além dos malefícios provocados pela falta de qualidade ergonômica presentes em algumas máquinas e implementos agrícolas, o longo período em que o operador permanece exposto, torna a atividade laboriosa, à proporção em que ele se submete à exposição de adversidades climáticas, vibrações mecânicas, e também ao ruído da máquina (IIDA, 2005).

2.3 Ruído em máquinas agrícolas

O ruído é um elemento físico, cuja unidade de medida padrão é o decibel (dB), constitui-se da mistura de sons desagradáveis e desarmoniosos, pode ser encontrado nos mais diversos ambientes de trabalho e tem a capacidade de causar problemas de saúde dependendo do tempo e da intensidade de exposição (DA COSTA *et al.*, 2020).

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), o som é qualquer movimento mecânico súbito, gerando flutuações na pressão do ar, que se espalham como ondas, de forma parecida às que ocorrem na superfície da água.

Dentre estes diversos fatores citados acima que prejudicam o trabalhador, o ruído pode ser considerado um dos principais, pois pode causar danos à audição, bem como outros problemas. O som é a variação da pressão ambiente detectável pelo sistema auditivo e ruído seria um som sem harmonia, geralmente de conotação negativa, sendo na maioria das vezes classificado como um som indesejável (BISTAFA, 2018).

Ao mesmo tempo em que a os mecanização agrícola introduziu no campo muita praticidade e eficiência nas atividades agrícolas, trouxe alguns efeitos, sendo que um deles é o dano à audição do operador de máquinas agrícolas (SILVEIRA *et al.*, 2008).

Para Cunha *et al.* (2009), o ruído é definido como ondas sonoras que podem ocasionar desconforto e até mesmo a perda de sensibilidade auditiva do trabalhador, de acordo com o tempo de exposição. MIALHE (1996) define o ruído

como sons desagradáveis, indesejáveis ou em desarmonia, podendo eles causar problemas físicos e psicológicos a saúde do homem.

Quando estas variações de pressão sonora ocorrem com frequência e intensidade regulares, o ouvido humano reage a elas como sons. O ruído, de acordo com Lida (2005), pode ser considerado um som indesejável ou inclusive um impulso auditivo que não contém informações úteis para a tarefa em execução.

Para Seidman e Strandring (2010), o ruído é caracterizado como um som indesejado ou um arranjo de sons que tem efeitos danosos à saúde, tais efeitos que podem aparecer na forma de danos psicológicos ou fisiológicos através de uma variedade de mecanismos.

Halliday (2013) descreve as ondas sonoras como ondas longitudinais, em que as partículas do meio se deslocam paralelamente ao sentido de propagação. Qualquer movimento mecânico repentino gera flutuações na pressão do ar, se expandindo como ondas em todas as direções em torno da fonte.

Tais efeitos prejudiciais à saúde não tem a ver somente à audição, mas podem provocar também diversos distúrbios, como os emocionais, cardiovasculares, fadiga, dentre outros. Valores de ruído elevado geralmente são prejudiciais à concentração mental, comprometem a capacidade de execução de tarefas que exigem concentração ou precisão, e agilidade nos movimentos (MINETTI *et al.*, 1998).

A perda auditiva induzida pelo ruído ocupacional caracteriza-se por ser uma doença silenciosa a curto prazo, contudo, o atraso no diagnóstico culmina em efeitos irreversíveis. Bonnet *et al.* (2019), Borz *et al.* (2019) e Lin *et al.* (2020) relataram que o uso de protetores auditivos favorecem a atenuação dos níveis de ruído, fazendo cumprir uma jornada completa de oito horas.

A unidade física utilizada para a pressão sonora é o microspascal (μPa). Entretanto, o ouvido humano consegue detectar uma larga faixa de intensidades, para lidar com uma faixa tão ampla, foi introduzida uma unidade logarítmica, o decibel (dB(A)) (HALLIDAY, 2013).

Arcoverde *et al.* (2011) evidenciam a relevância das pesquisas sobre níveis de ruído em operações agrícolas mecanizadas e as necessidades de adotar medidas de prevenção, conforto e segurança como a utilização de equipamentos de proteção individual, conhecidos como protetores auriculares, para minimizar os ruídos incidentes ao trabalhador.

O Ministério do Trabalho têm normas a serem seguidas no que se refere à exposição de ruído no ambiente de trabalho. Tais regras estão expressas por meio de três normas regulamentadoras, onde tem-se a NR 6, que trata da utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI's); a NR 7 que objetiva preservar a saúde dos trabalhadores por meio dos programas de controle médico de saúde ocupacional, onde incluem os exames audiométricos; e a NR 15, que cuida das operações e atividades insalubres e estabelece limites de tolerância relativos à exposição diária permissível de ruído conforme observa-se na tabela abaixo (TABELA 1).

Tabela 1 - Limites de tolerância para ruídos contínuos ou intermitentes.

NIVEL DE RUÍDO dB(A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSIVEL
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: Brasil (2021)

Segundo Brasil (2021), a NR 15 indica uma exposição de 85 dB(A) como prejudicial para uma jornada de trabalho de 8 horas. Contudo, cabe destacar que ruídos superiores a 75 dB(A) já se tornam um fator de desconforto para qualquer atividade ou situação, havendo importantes perdas da compreensibilidade da fala, prejudicando a comunicação e causando irritabilidade, distrações e conseqüentemente, perda da produtividade.

A NBR ISO 5131:2017 é uma das normas mais relevantes no contexto de ruído de tratores e máquinas agrícolas. Tem o intuito de definir critérios de medição da emissão de ruído, como também estima o risco para o trabalhador que se encontra em tal situação (ABNT, 2017).

A combinação da exposição prolongada do ruído em níveis acima do permitido é um dos agravantes à perdas auditivas, permanentes ou temporárias (NASKRENT *et al.*, 2020).

Nesta perspectiva, Neri *et al.* (2018) Observaram que o tempo de exposição ao ruído no ambiente de trabalho, associado a fatores genéticos, conduz à manifestação de transtornos complexos como a perda auditiva induzida por ruído ocupacional.

Além dos operadores, as pessoas que realizam atividades nos arredores da máquina em funcionamento estão sujeitos a intensidades potencialmente arriscadas, mesmo distantes do seu ápice (VEIGA, *et al.* 2014).

Alguns tipos de protetores auriculares permitem a redução de níveis ruído superiores a 20 decibéis(A). Avaliando a eficiência de dispositivos para a redução do ruído no ouvido de operadores de tratores agrícolas, Pessina e Guerretti (2000) concluíram que, em média, os utensílios de proteção auricular, como protetores do tipo concha ou plugue, permitem uma atenuação do nível de ruído por volta de 10 dB(A).

Trompette e Kusy (2013) observaram uma forma de minimizar esse tipo de problema em campo, com o uso de testes individuais para verificação da adaptação dos protetores “*Fit Test*”, conhecidos também como teste de vedação. Eles permitem identificar problemas como vazamentos, utilização incorreta, diferenças anatômicas etc., a fim de verificar se o trabalhador está recebendo proteção auricular adequada.

De acordo com Simone *et al.* (2006), os ruídos podem acontecer por diversos fatores nas máquinas agrícolas e florestais, sendo a principal fonte o escapamento, que é responsável por aproximadamente 50 a 60% de todo o ruído da máquina. Além disso, outras fontes de ruído merecem atenção são o sistema de aspiração, o ventilador e vibração que cada uma representa de 15 a 20% do ruído total.

Tosin *et al.*, (2009) relataram que os níveis de ruídos gerados pela máquina e seus equipamentos não tiveram influência das diferenças de estrutura do solo, pressão de inflação dos pneus e velocidades de deslocamento.

Arcoverde *et al.*, (2011), constataram que, para diferentes conjuntos mecanizados (trator e implemento) e em diferentes velocidades de deslocamento e estático, houve a emissão de diferentes níveis de ruído.

O raio de afastamento da fonte de ruído é um fator relevante a ser estudado nas máquinas agrícolas. Desta maneira, alguns trabalhos vêm sendo realizados, levando em conta o raio de afastamento dos equipamentos em relação à fonte (OLIVEIRA JUNIOR; ALVES; CUNHA, 2011).

O ruído, por se tratar de uma onda mecânica, se espalha por todas as direções, tridimensionalmente. Então, para a determinação das intensidades sonoras distribuídas nas proximidades das máquinas, se faz necessário um método de mensuração mais apurado. Sua representação gráfica exige recursos que possibilitam a criação de modelos da distribuição espacial do ruído (VEIGA *et al.*, 2021).

2.4 Mapas de distribuição espacial

A Geoestatística é definida como uma série de ferramentas que possibilitam mapear, com mais precisão, as propriedades dos dados geográficos, permitindo o estudo da dependência espacial (VIEIRA, 1996). Uma exigência básica para utilizar a Geoestatística é que as amostras sejam georreferenciadas, não necessariamente através de coordenadas geográficas, mas por algum tipo de referência que informe a localização de cada ponto (CARLIN, 2010).

Segundo Chiles *et al.* (2012), a Geoestatística era aplicada a princípio somente para a geologia de minas e, depois se estendeu para outras áreas, como as Ciências Agrárias. É usada para avaliar as variações espaciais da variável desejada, tais como grau, espessura, acúmulo, entre outras, a análise estrutural da variável regionalizada é importante.

A geoestatística aplicada à Agricultura de Precisão tem como finalidade identificar, através da desordem entre as amostras, uma medida da correlação espacial, realizar estimativas de valores de locais não amostrados com referência em valores conhecidos na população (krigagem) e reconhecer as inter-relações de

propriedade no espaço (análise de correlação entre atributos), e permitir estudar padrões de amostras adequadas (SOUZA *et al.*, 2014).

O desenvolvimento formal da teoria se tem graças a Matheron (1963), para o qual, a krigagem é um processo de obtenção do melhor preditor linear que não seja viciado de uma variável não conhecida. Leva em conta o número de dados e a qualidade deles em cada ponto, a posição dos dados com relação ao campo, a continuidade espacial das variáveis interpoladas e a distância entre os pontos e a área de interesse.

Yanagi Júnior *et al.* (2012), analisando a variabilidade espacial do ruído de um trator agrícola em diferentes direções, relataram que os níveis de ruído estavam acima de 85 dB(A) próximo ao operador, e que os mapas gerados por programas de Geoestatística podem ser utilizados para determinar áreas com diferentes níveis de ruído em torno do trator.

Programas computacionais para mapeamento de áreas cultivadas têm sido usados na agricultura de precisão, ramo moderno que utiliza tecnologias que permitem visualização de pontos críticos, identificados por coordenadas espaciais e com grande acurácia (VEIGA *et al.*, 2021).

Os mesmos autores relatam que o uso softwares em pesquisas sobre ergonomia, especificamente para o mapeamento de ruído em máquinas agrícolas, a aplicação é recente e objetiva a visualização dos pontos críticos de ruídos não somente na cabine de trabalho do operador, mas também nas imediações das máquinas em funcionamento (VEIGA *et al.*, 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi conduzido, nos anos de 2022 e 2023, na área experimental do Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA), do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, campus universitário do Pici, localizado em Fortaleza.

Os ensaios de avaliação de ruído foram realizados na área experimental pertencente ao Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas – LIMA/UFC. A área possuía solo areno-argiloso, previamente preparado, a fim de se remover todo material vegetal e possíveis torrões de solo presentes.

As coordenadas geográficas onde a área se encontra são 3° 44' 47.16" latitude Sul e 38° 34' 52.20" longitude Oeste, na cidade de Fortaleza, Ceará, a uma altitude de 28 metros (FIGURA 1).

O clima da região onde foi realizado o experimento é definido como Aw', que significa clima tropical chuvoso, muito quente, com predomínio de chuvas nas estações do verão e do outono e temperatura média em todos os meses superiores a 18 °C, conforme classificação de Köppen (1923).

Figura 1 - Vista da área experimental



Fonte: Google Earth Pro (2023)

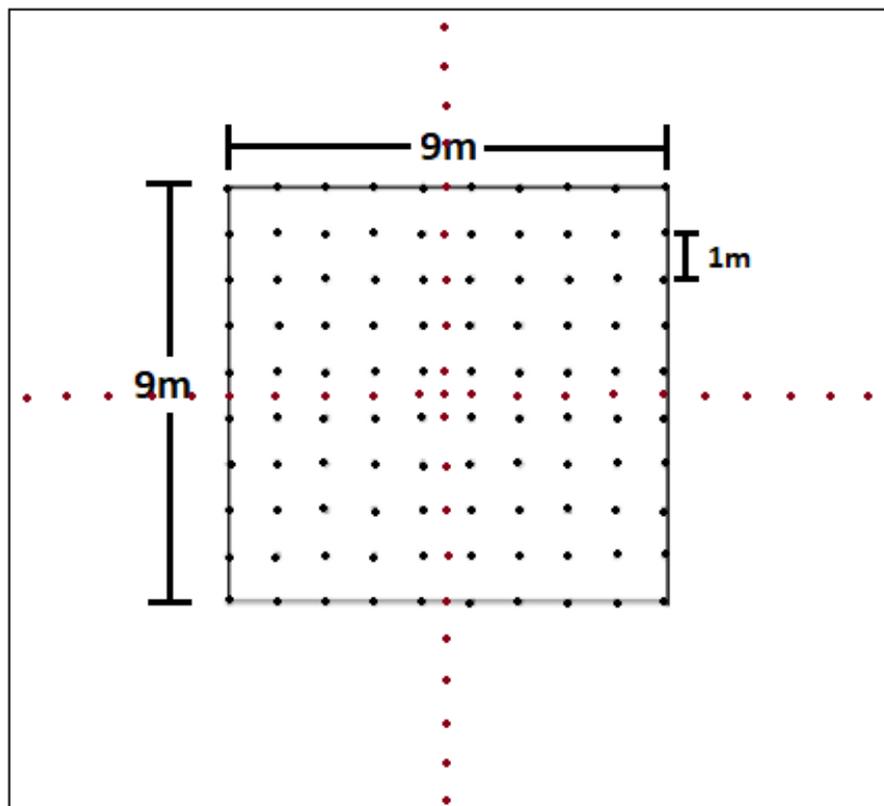
3.1.1 Área de coleta dos dados

Os dados foram coletados seguindo o CODE 5 da OECD, onde indica que sejam realizadas as medições em áreas abertas, com distância de obstáculos superior a 20 metros, conforme indica a área marcada em vermelho na figura acima.

A área para coleta dos dados para a confecção dos mapas de ruído continha as dimensões de 9 x 9 metros, com pontos demarcados por estacas, totalizando 100 pontos para a geração dos mapas, seguindo a metodologia de Veiga *et al.* (2021).

Foram demarcados também, pontos para coleta de dados de raio de afastamento partindo do ponto central da área e indo para as partes frontal, traseira, lateral esquerda e lateral direita (denominadas de norte, sul, oeste e leste, com os pontos equidistantes 1 metro, como mostra a figura abaixo (FIGURA 2).

Figura 2 – Ilustração da área de coleta de dados

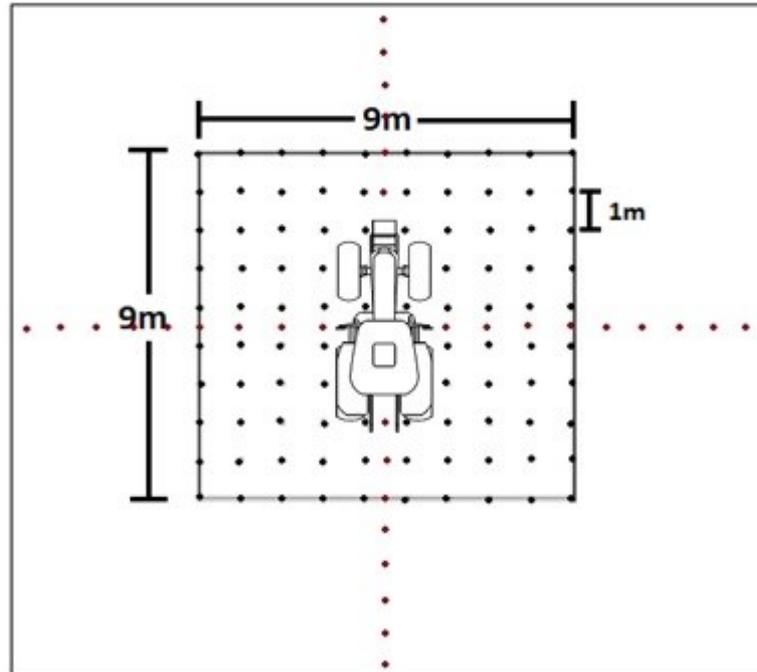


Fonte: Próprio autor (2022).

As medições foram realizadas com os tratores e equipamentos estáticos, colocados na área demarcada, centralizando-os de acordo com seu ponto central

geométrico, sendo definido pela interseção entre as diagonais dos rodados (FIGURA 3). Nas avaliações com os equipamentos, o ponto central foi no ponto de acoplamento do trator com a TDP.

Figura 3 – Ilustração do posicionamento da máquina na área demarcada



Fonte: Próprio autor (2022).

3.2 Tratores e equipamentos

Os tratores utilizados para a avaliação do ruído estão apresentados na tabela 2 e nas figuras abaixo (FIGURAS 4a, b, c, d):

Tabela 2: tratores avaliados no experimento.

Máquina	Marca	Modelo	Ano	Potência (kW)	Rotação (rpm) ²
Trator a	Valtra	A950	2012	69,87	1860
Trator b	Valtra	BM120	2009	88,26	1860
Trator c	Valtra	BM125i	2012	91,94	1860
Motocultivador d	AgriTech	TC14	2021	10,3	1000

Fonte: próprio autor (2022).

¹trator cabinado; ²rotação nominal referente a 540 rpm da tomada de potência.

Figuras 4a, b, c, d – Tratores avaliados no experimento.



Fonte: Próprio autor (2022).

Todos os tratores avaliados acima (com exceção do motocultivador “d”) são 4x2 TDA (Tração Dianteira Auxiliar). Como o experimento foi realizado com as máquinas paradas, a tração não foi acionada.

Foram avaliados também, equipamentos agrícolas, sendo eles uma roçadora modelo RH180, de 1,5m de diâmetro da marca São José industrial®; enxada rotativa modelo RSF 150, com 42 enxadas e largura de trabalho de 1,50m, da marca Lavrale®; um distribuidor de corretivos e fertilizantes centrífugo modelo Rotaflow 1500, da marca Nogueira®; uma semeadora pneumática modelo 2090, de 3 linhas, da marca Jumil®; e uma roçadora frontal, de 1m de diâmetro, modelo TA72 da marca Yanmar AgriTech®. Tais máquinas citadas são ilustradas nas figuras 5a, b, c, d, e.

Figuras 5a, b, c, d, e – equipamentos avaliados no experimento.



Fonte: Próprio autor (2022).

Todos os equipamentos mencionados acima foram acoplados ao trator A950, com exceção da roçadora TA72, que foi acoplada ao motocultivador. A rotação de trabalho dos implementos foi fixada em 540 rpm, aferida com tacômetro digital de contato da marca Minipa, modelo MDT-2238A, correspondente à respectiva rotação do motor dos tratores e do motocultivador, informadas na tabela 2.

3.3 Coleta de dados

Os dados foram coletados obedecendo as normas do CODE 5 da OECD, onde determina que, no momento da aferição dos dados, quaisquer ruídos estranhos que ocorressem durante a leitura que não fossem relacionados ao experimento eram desconsiderados. A norma preconiza que as condições de tempo sejam boas, com pouco vento e ruídos externos controlados, a velocidade do vento deve ser inferior a 5,0 m/s.

Para isso, a velocidade do vento e a temperatura foram medidos com o auxílio de um Termo-Anemômetro da marca INSTRUTHERM® (FIGURA 6). Durante

a realização do experimento a velocidade do vento estava em média de 2m/s e temperatura média de 27° C.

Figura 6 - Termo Anemômetro utilizado no experimento



Fonte: Próprio autor (2022).

Para os valores de ruído, tanto para controle de sons externos, como para a avaliação das máquinas, segundo a norma, deve ser utilizado um equipamento de precisão para a aquisição dos dados sonoros, para isso, utilizou-se um medidor de pressão sonora (decibelímetro) marca Instrutherm, modelo DEC-490 com protetor de vento e precisão de 0,1 casas decimais (FIGURA 7), ajustado ao nível de pressão sonora operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (SLOW), de acordo com o recomendado na NR-15 (SEGURANÇA..., 2011).

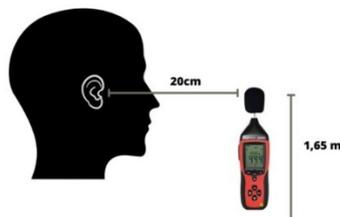
Figura 7 - Decibelímetro utilizado no experimento



Fonte: Próprio autor (2022).

As medições foram efetuadas seguindo as medidas antropométricas sugeridas por Lida (2005), onde indica que o captador acústico do decibelímetro deve estar posicionado a uma altura aproximada do ouvido de uma pessoa de estatura mediana (165,0 centímetros), conforme ilustra a figura 8.

Figura 8 – ilustração da coleta dos dados de ruído com decibelímetro



Fonte: Próprio autor (2022).

No momento da coleta, aguardava-se estabilizar os valores mostrados no decibelímetro, eliminando assim qualquer risco de medição de algum ruído externo. Para cada ponto foram realizadas quatro repetições. A medição no posto do operador realizou-se com este na posição sentado, no caso dos tratores. O decibelímetro foi posicionado a aproximadamente 20 centímetros do ouvido.

Já para alguns implementos em que há o contato dos órgãos ativos com o solo, como é o caso da enxada rotativa, foi feita a avaliação dela em funcionamento em contato com o solo e ela suspensa, nos demais implementos, foi realizada a medição com os equipamentos em posição normal de operação.

3.4 Análise dos dados

Após realizada a coleta dos dados em campo, os dados foram tabulados com o auxílio do editor computacional de planilhas Microsoft Excel®, onde foram agrupados todos os dados para posterior transferência dos mesmos para o programa computacional de mapeamento Surfer®, no qual foram confeccionados os mapas de ruído em 2D e 3D, utilizando como interpolador a krigagem, para cada tipo de trator e implemento.

Tal programa computacional foi escolhido devido à facilidade em manuseá-lo e tornar fácil a visualização dos mapas de ruído das máquinas e equipamentos agrícolas.

Para a representação dos dados de raios de afastamento dos tratores e equipamentos, foram gerados gráficos dos dados tabulados no programa computacional Microsoft Excel®.

Em seguida, esses mesmos dados de afastamento foram submetidos à análise do coeficiente de correlação de Pearson (r), para a verificação da correlação entre o ruído emitido pelas máquinas e a distância do emissor.

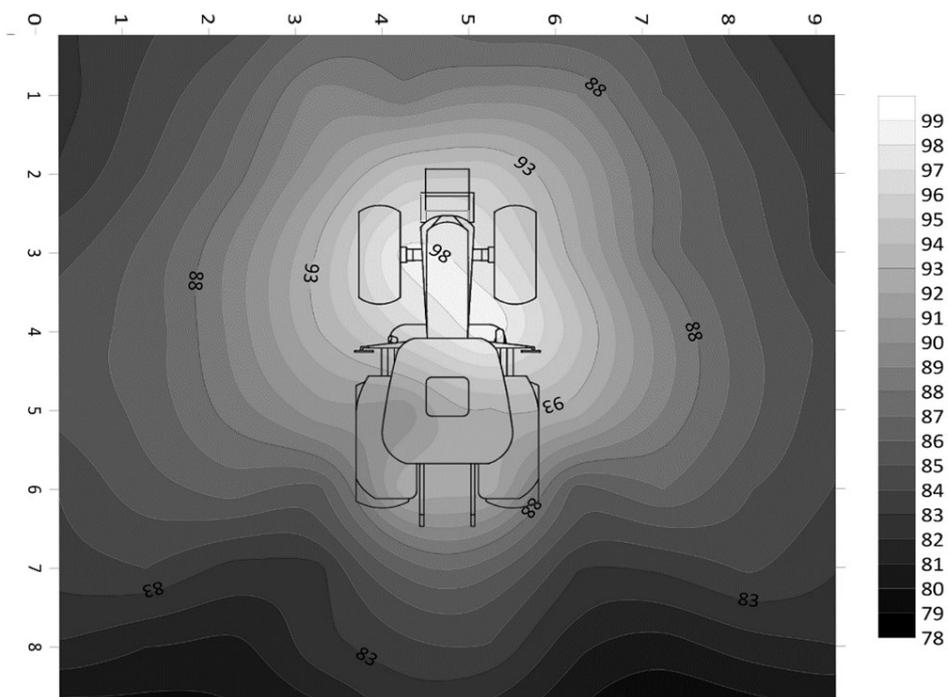
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os mapas e gráficos gerados permitiram uma melhor visualização da distribuição espacial do ruído no entorno da máquina e dos implementos, como será mostrado a seguir.

4.1 Mapas 2D e 3D

Para o trator “a” (Valtra A950), de acordo com o mapa 2D gerado no programa, possibilitou-se a visualização da distribuição espacial do ruído, onde pôde-se perceber que os pontos com máximo ruído se encontravam próximos ao escapamento do trator, como mostra a figura 9.

Figura 9 – mapa de isolinhas para a distribuição do ruído no trator “a”.



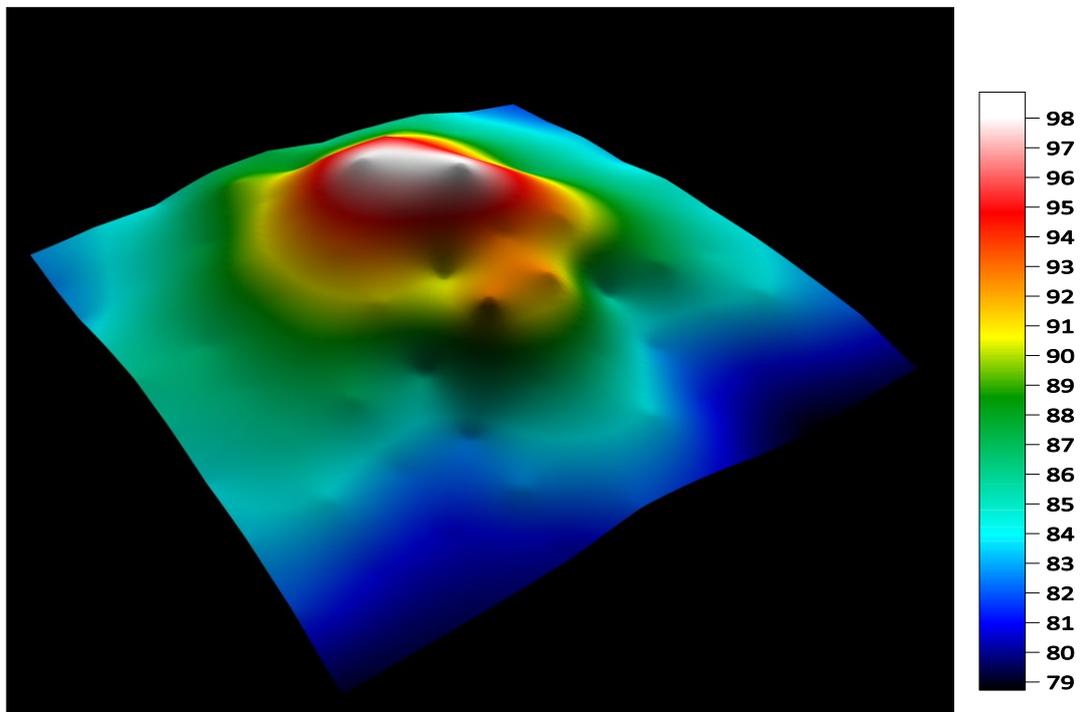
Fonte: próprio autor (2022).

Como percebido na figura anterior, os pontos de maiores valores de ruído se encontram próximos ao escapamento e sistema de arrefecimento a ar do trator. Nas imagens, observa-se que nos pontos próximos ao motor e sistema de exaustão, tiveram valores de ruído próximos a 98dB(A), o que pela NR-15, a exposição diária sem a utilização de EPI's seria de 1 hora e 15 minutos.

Nas proximidades do posto de operação, foi observado que os valores de ruído de aproximadamente, 93dB(A), que pela norma, limita a presença de pessoas a essa distância a 2 horas e 40 minutos, o que o obriga a utilizar protetores auriculares. Observou-se também que a área próxima ao rodado traseiro tem seu valor de ruído reduzido, provavelmente pelos pneus.

Mapas de pontos 3D permitem uma melhor visualização dos pontos de maior intensidade de ruído, pelos contrastes de cores de acordo com a intensidade do ruído, como se apresenta na figura 10.

Figura 10 – mapa 3D da distribuição espacial do ruído do trator “a”.



Fonte: próprio autor (2022).

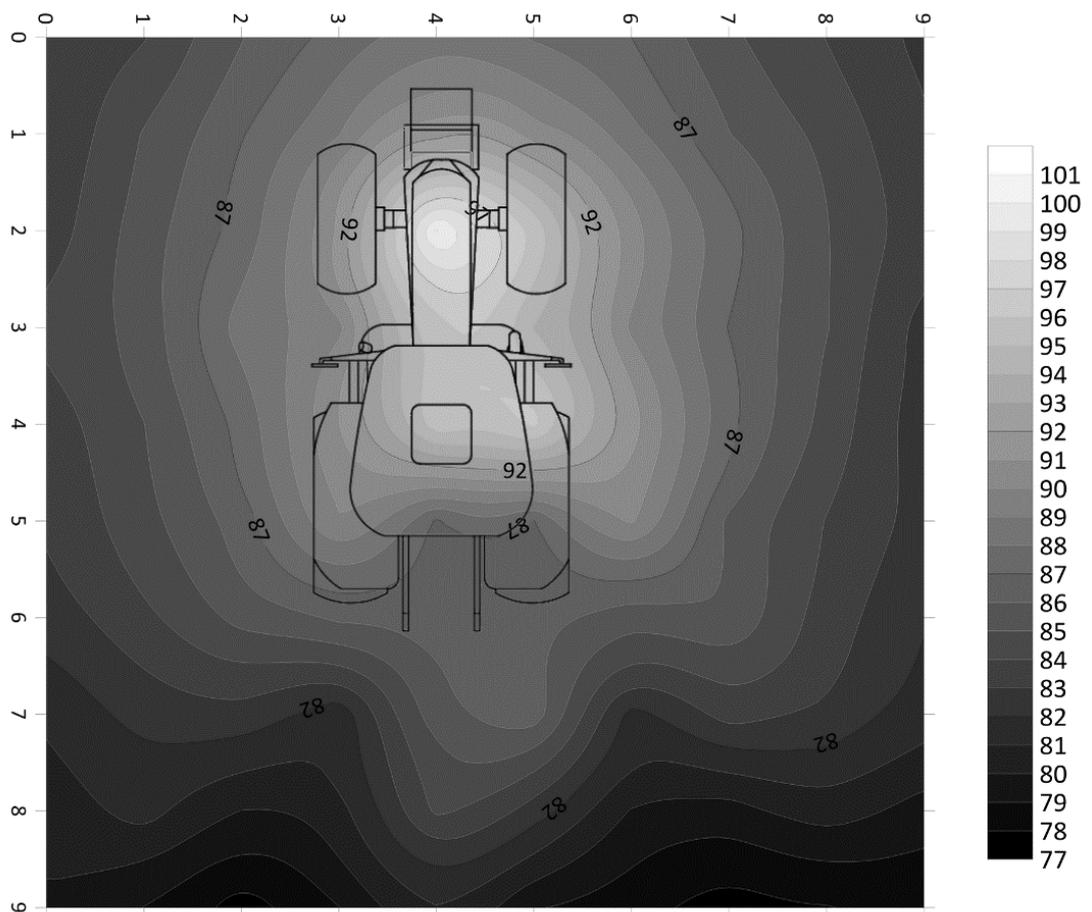
Valores de ruído inferiores a 85dB(A) permitem ao operador uma jornada normal de trabalho de 8 horas sem a utilização de equipamentos de proteção individual, o que para este trator foi encontrada esta distância segura a partir dos 3 metros de distância da máquina.

No posto de operação do trator também foi observado em tons de laranja, puxando para o vermelho, indicando valores de ruído acima de 92 decibéis(A). Mesmo sendo um ponto mais elevado, medido acima do nível do solo, se captaram valores consideráveis de ruído.

Com isso, é necessário o uso do protetor auditivo, pois segundo Aalmo *et al.* (2016), o uso do protetor auricular permite atenuar até 17 dB(A) ou até 20 dB(A). Também se faz necessário realizar pausas ao longo da jornada diária de trabalho, para assim diminuir os danos à saúde dos operadores.

No trator “b” (Valtra BM120), observou-se que os pontos com maiores índices de ruído se apresentaram próximo à região do escapamento, mostrando altos níveis de concentricidade, tendo valores de 97 até 100 decibéis(A), como mostra na figura abaixo (FIGURA 11).

Figura 11- mapa de isolinhas para a distribuição do ruído no trator “b”.



Fonte: próprio autor (2022).

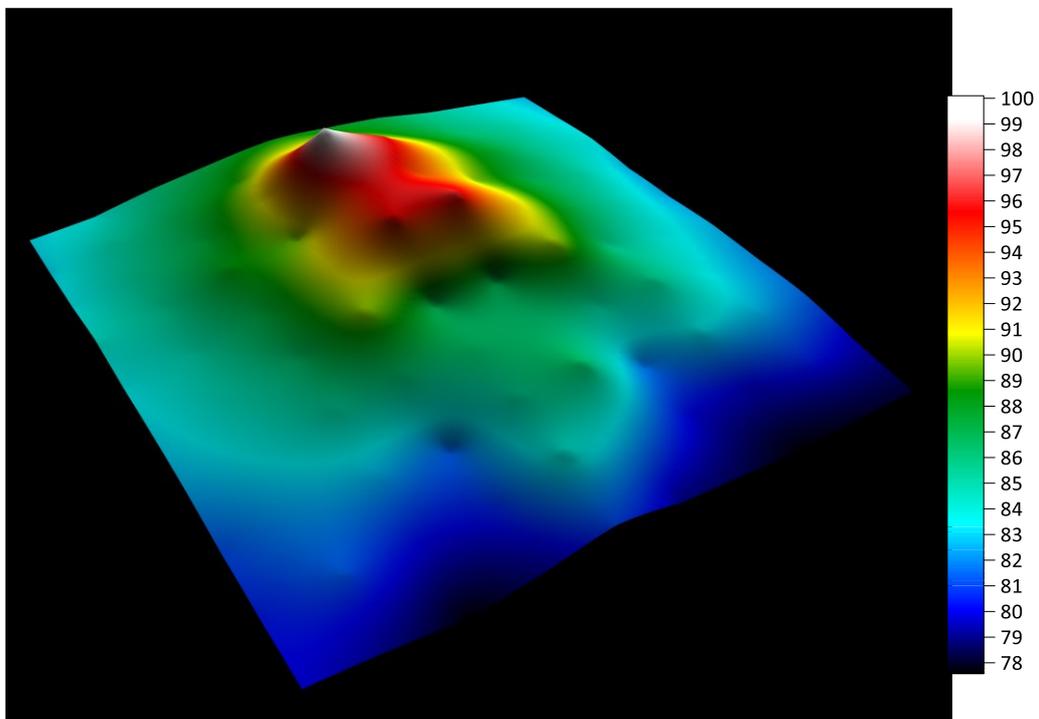
Observou-se nas imagens que nos pontos próximos ao escapamento, nos valores de 97dB(A) a permanência diária de uma pessoa sem equipamento de proteção individual próxima a este ponto é de 1 hora e 30 minutos, chegando ao ponto

coletado de maior ruído (100dB(A)), ter a permanência máxima de até 1 hora, sendo a permanência após esse período prejudicial à saúde.

No posto de operação, foram obtidos valores de ruído em torno de 86dB(A), permitindo o operador ter uma permanência diária segura de 7 horas. Da mesma forma, os pneus traseiros formaram uma espécie de barreira protetora ao ruído.

O mapa 3D abaixo evidencia, pela diferença de cores, os pontos com maiores e menores níveis de ruído da máquina, a fim de se obter os pontos que a incidência do ruído é maior e qual a exposição máxima que as pessoas podem ficar nos arredores (FIGURA 12).

Figura 12 – mapa 3D da distribuição espacial do ruído do trator “b”.



Fonte: próprio autor (2022).

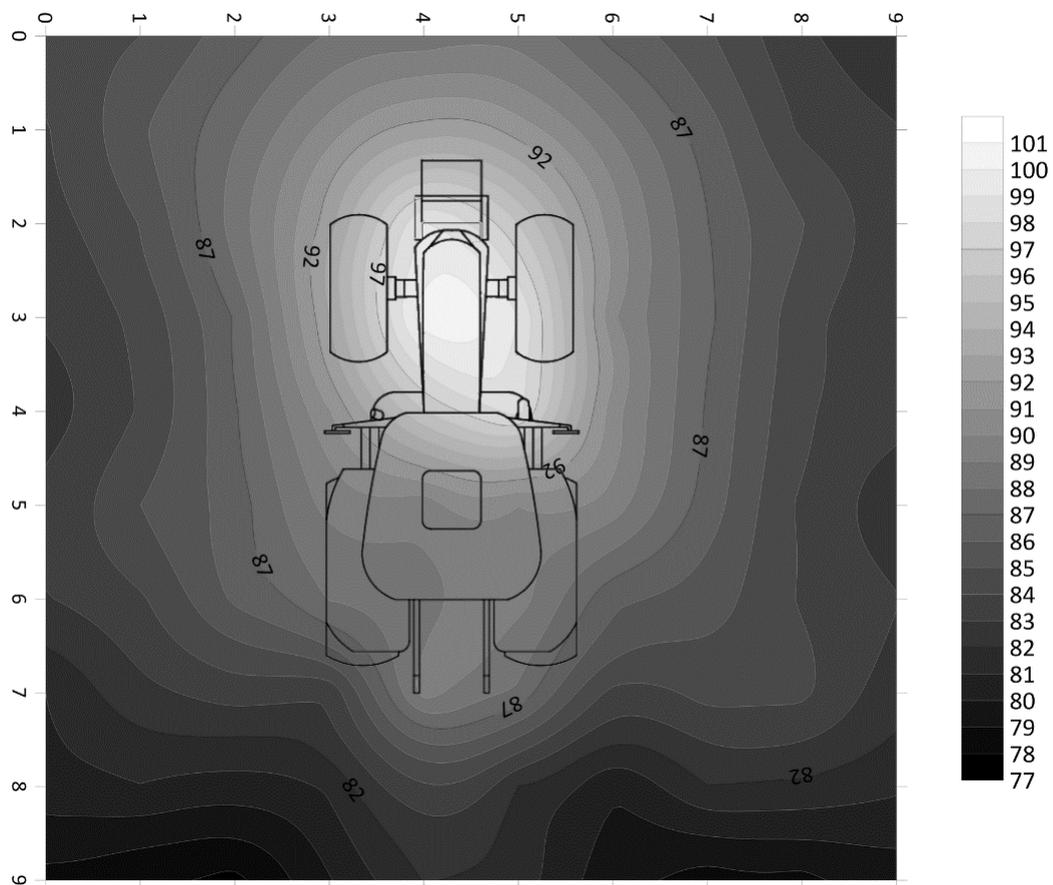
O mapa acima mostrou que os pontos em que se pode ter uma jornada de 8 horas de trabalho sem risco à saúde, ou seja, os pontos com ruído abaixo de 85 decibéis(A) são os pontos com aproximadamente 3 metros de distância da parte que emite mais ruído, que é na área do motor/escapamento do trator, esses pontos mínimos de segurança são evidenciados nas cores da transição do verde para o azul.

Esses resultados confirmam com os observados por Alves *et al.* (2011), onde verificaram valores inferiores de ruído na posição traseira do trator, e maiores a diante e a direita (posicionamento do escapamento).

Foram observados, no trator BM125i (trator “c”), de acordo com o mostrado no mapa abaixo, que os pontos com maior ruído para este trator se localizavam próximos ao escapamento, e que na área próxima aos pneus traseiros tiveram uma atenuação do ruído.

Vale salientar também que, assim como nos tratores anteriores, formou-se uma espécie de ilha com a mesma concentração de ruído, localizada na parte traseira do trator, entre os dois pneus (FIGURA 13).

Figura 13 - mapa de isolinhas para a distribuição do ruído no trator “c”.



Fonte: próprio autor (2022).

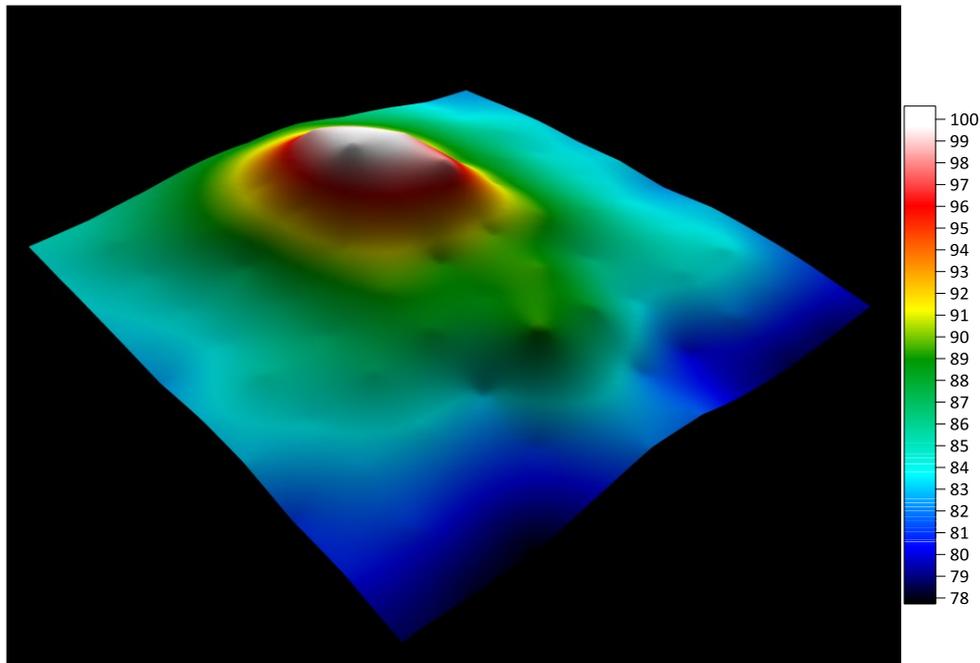
As áreas em branco foram onde tiveram os maiores valores de ruído, ficam situadas na área onde se encontra o motor e o escapamento, tendo estes pontos de

97 a 100 decibéis(A), onde a permanência diária sem EPI é de uma hora a uma hora e meia próximo desses pontos.

Foram encontrados valores médios de 89 e 90 decibéis(A) no posto de operação, provavelmente devido à maior potência do trator, fazendo emitir mais ruído, recomendando assim, segundo a norma, a permanência diária segura sem o uso de protetores auriculares de 4 horas a 4 horas e meia.

Abaixo têm-se o mapa 3D com os dados de ruído destacados pelo relevo e diferença de cores, onde se mostra os pontos de ruído da máquina, obtendo-se os pontos que a incidência do ruído é maior e qual a exposição máxima que as pessoas podem ficar nos arredores (FIGURA 14).

Figura 14 – mapa 3D da distribuição espacial do ruído do trator “c”.



Fonte: próprio autor (2022).

Os mapas mostraram que uma distância segura de afastamento para esta máquina para se ter uma jornada de 8 horas de trabalho danos à saúde, ou seja, os pontos abaixo de 85 decibéis(A) são os pontos com aproximadamente 3 a 4 metros de distância, tomando como referência a área do motor, que é onde emite mais ruído.

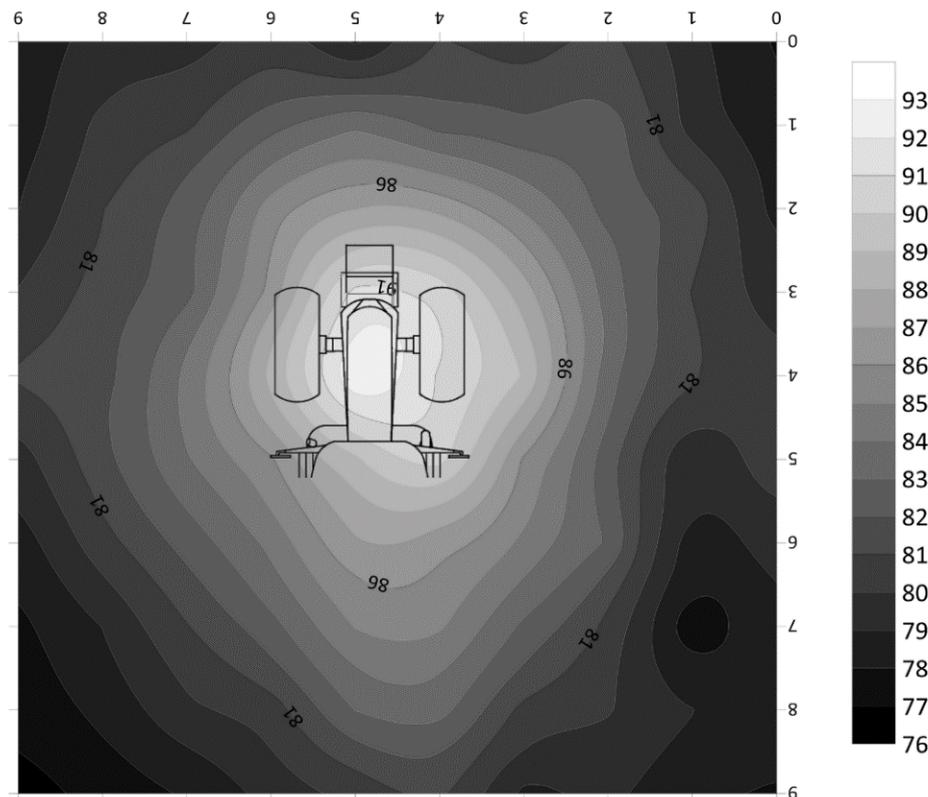
Para essas áreas mais próximas ao trator ou no posto de operação, se faz necessária a utilização de proteção auditiva contra o ruído ocupacional, sendo que,

os níveis de exposição são superiores à 85 dB(A) para uma jornada diária de oito horas de trabalho (SRIOPAS *et al.*, 2017).

Para o trator “d” (motocultivador TC14) apresenta-se a distribuição espacial em 2D do ruído no mapa abaixo, e verificou-se que mesmo sendo uma máquina de porte menor, as fontes de ruído ainda continuam vindo do sistema de escape do motor e dos mecanismos rotativos.

Nessas áreas, se encontrou valores de ruído máximos de 92 decibéis(A). Na área de operação, próximo ao sistema de alavancas de marchas e guidom, foram detectados ruídos por volta de 88dB(A) (FIGURA 15).

Figura 15 - mapa de isolinhas para a distribuição do ruído no motocultivador “d”.



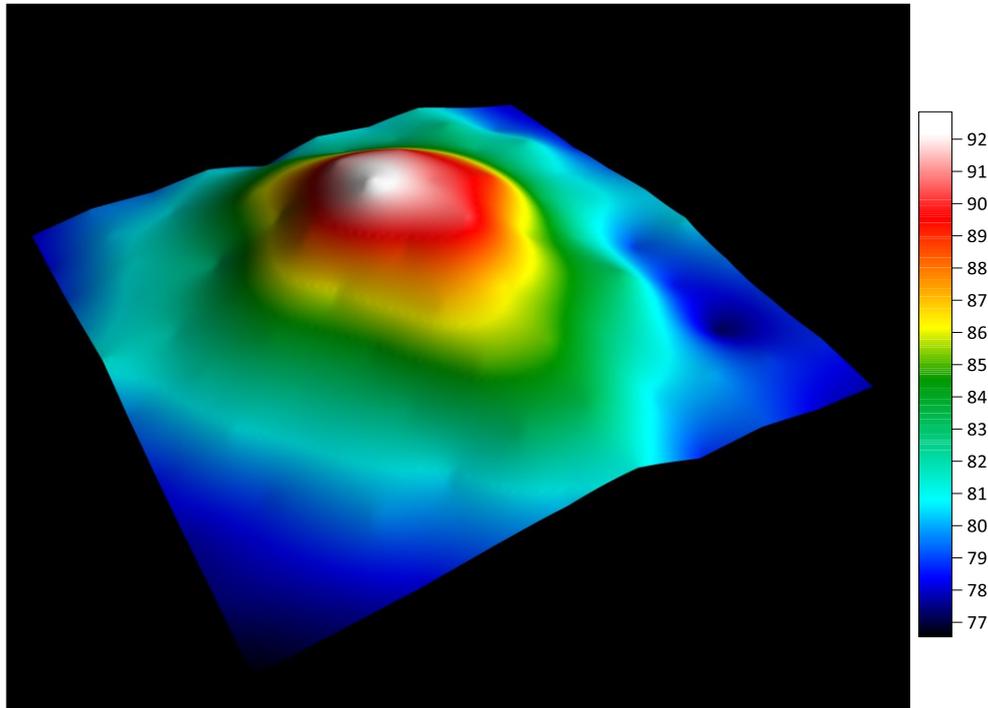
Fonte: próprio autor (2022).

Nas áreas com maiores ruídos, a permanência diária segura de acordo com a norma para os valores de 91 e 92dB(A) é de 3 horas e 30 minutos e 3 horas, respectivamente. Para a área de operação, a permanência diária sem o uso de proteção auricular é de 5 horas.

O mapa 3D em seguida mostra, pelo contraste de cores, os pontos com maiores e menores níveis de ruído do motocultivador, a fim de se obter os pontos que

a incidência do ruído é maior e qual a exposição máxima que as pessoas podem ficar nos arredores (FIGURA 16).

Figura 16 – mapa 3D da distribuição espacial do ruído do motocultivador “d”.



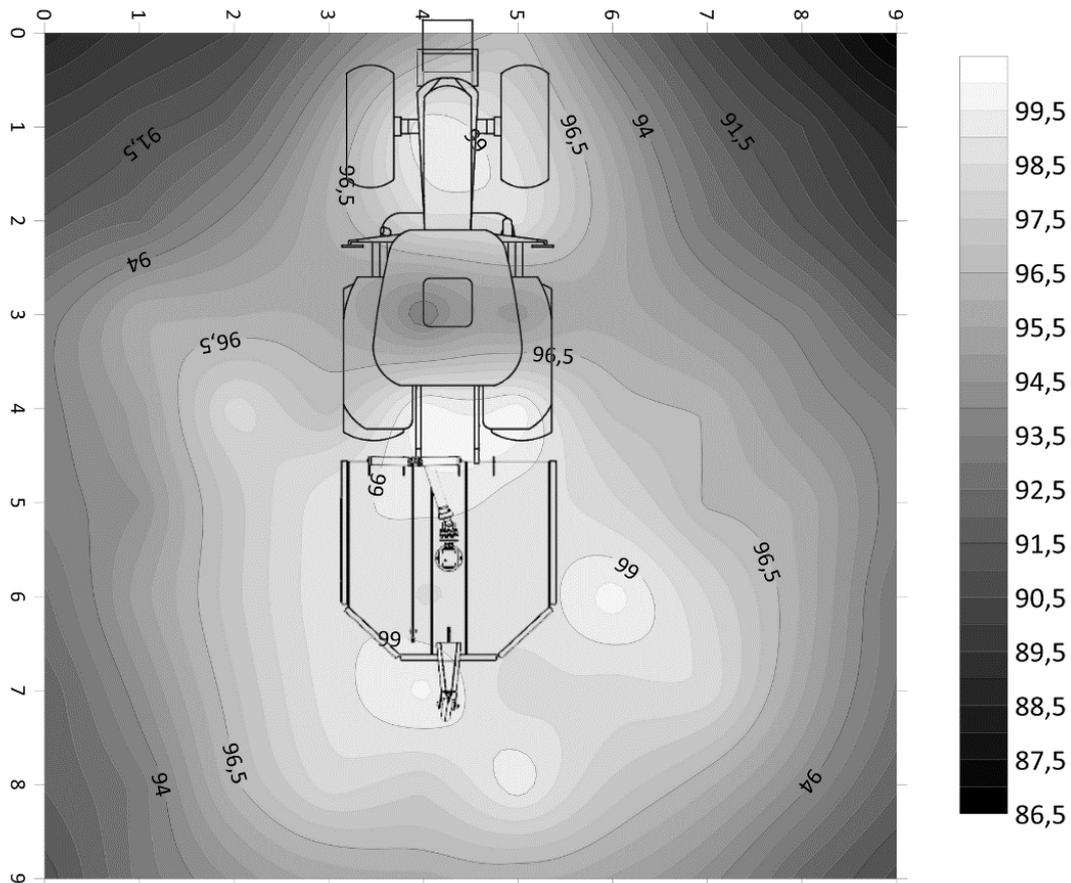
Fonte: próprio autor (2022).

Para este motocultivador, de acordo com as leituras realizadas, distanciamentos de aproximadamente 2 metros do lado esquerdo da máquina (onde fica localizado o escapamento) e 3 metros do lado direito, são suficientes para garantir uma jornada de trabalho nas proximidades da máquina. Na área de operação necessita-se de proteção auricular para uma jornada de trabalho de 8 horas.

Observou-se pelas imagens, em branco, pela localização do sistema de exaustão do motor do motocultivador, à esquerda o ruído se localizou mais nessa região, fazendo o ruído se propagar mais por essa região.

Dando continuidade nas análises de ruído, agora com os equipamentos acoplados ao trator Valtra A950, temos a seguir, o mapa 2D dos dados de ruído da roçadora acoplada ao trator, onde observa-se que os mecanismos da roçadora são as principais fontes de ruído, principalmente os próximos à tomada de potência e ao eixo das lâminas (FIGURA 17).

Figura 17 - mapa de isolinhas para a distribuição do ruído da roçadora acoplada ao trator.



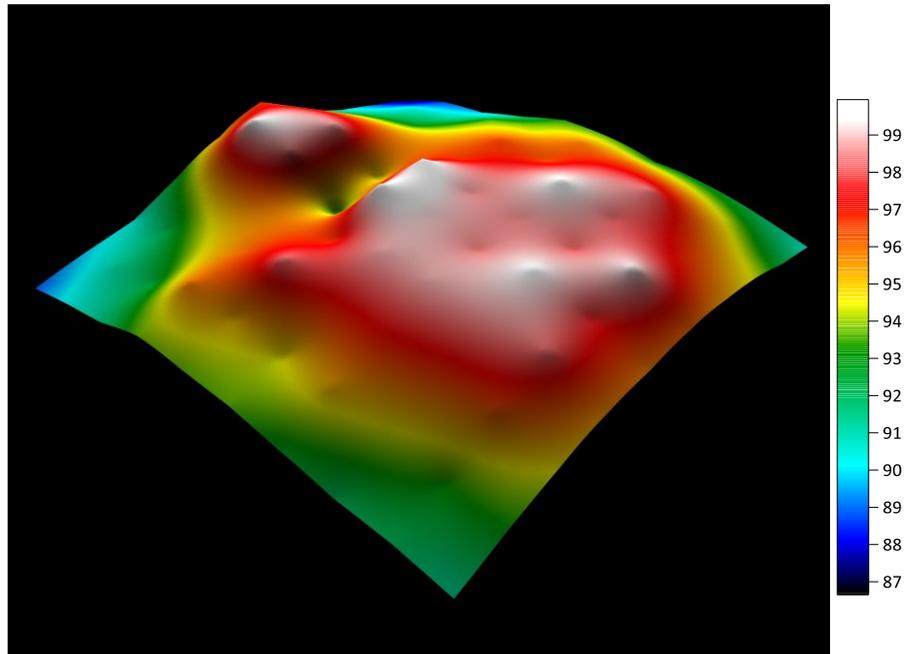
Fonte: próprio autor (2022).

Pelo mapa, nota-se o ruído se propagou por todo o redor da máquina, tendo valores quase homogêneos, variando entre pontos máximos de 99 e 100 decibéis(A), concentrando esses valores próximos às lâminas da roçadora e à TDP.

A presença tolerável nesses pontos coletados, de acordo com a norma NR-15 (BRASIL, 2021), é de uma hora para os pontos de maiores ruídos localizados no mapa.

No mapa abaixo, mostra-se o mapa 3D com os valores de ruído destacados pelo relevo e diferença de cores, representando os dados de ruído e onde eles se localizam nos pontos analisados, para avaliar onde a incidência do ruído é maior e qual a exposição máxima que as pessoas podem ficar nos arredores (FIGURA 18).

Figura 18 – mapa 3D da distribuição espacial do ruído da roçadora acoplada ao trator.



Fonte: próprio autor (2022).

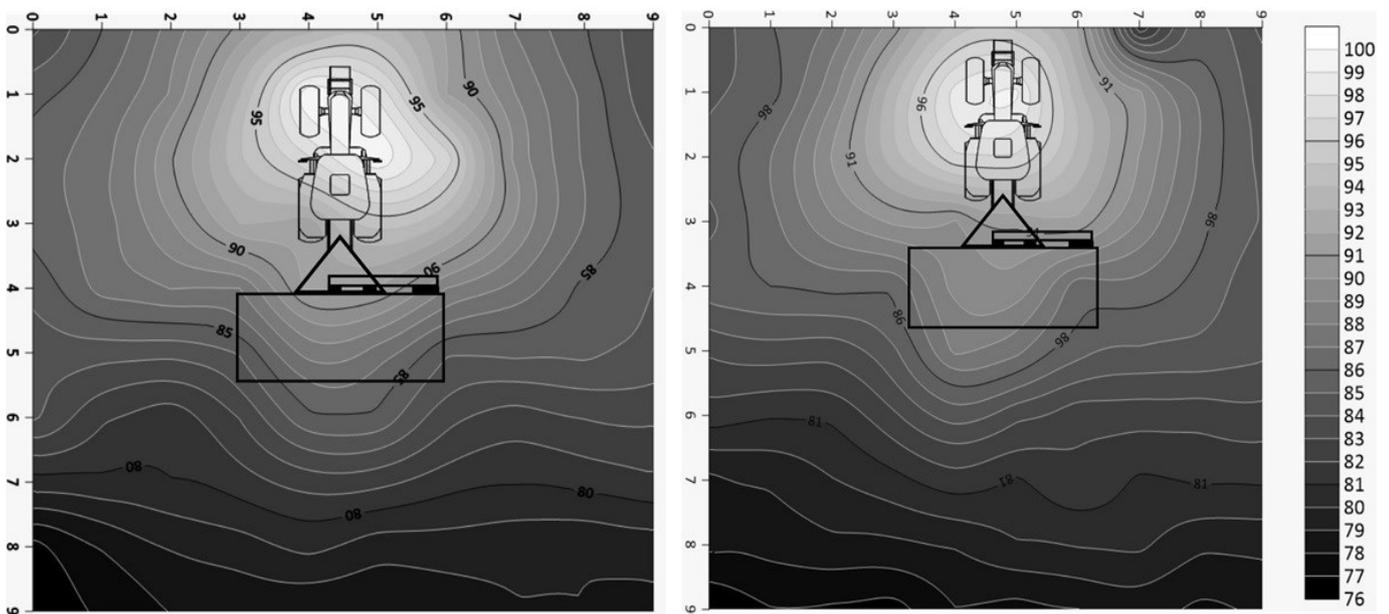
Com a imagem do mapa, constata-se que toda a região dos pontos teve valores de ruído elevados, incluindo a região onde se encontra o posto de operação do trator, com valores de média de 94 decibéis(A), sendo aceitável uma exposição de até 2 horas e 15 minutos.

A distância segura para trabalhadores permanecerem no ao redor da máquina durante 8 horas sem o uso de EPI's não é mostrada no mapa, necessitando de mais pontos de avaliação para esta determinação, assim como para maiores tratores e equipamentos, em que o ruído seja maior e se propague por distâncias maiores.

Esses valores observados confirmam com os relatados por Veiga *et al.* (2014), que alertam que trabalhadores que executam atividades nas proximidades da máquina e/ou do implemento estão expostos a intensidades potencialmente perigosas, mesmo a metros de distância da fonte emissora do ruído.

O próximo equipamento acoplado ao trator foi a enxada rotativa, onde para este tipo de implemento, foram realizadas as avaliações com ela em funcionamento em contato com o solo e suspensa, para averiguar se há diferença entre as duas posições. Tem-se abaixo o mapa 2D da distribuição espacial do ruído da enxada rotativa acoplada ao trator (FIGURA 19).

Figura 19 - mapa de isolinhas para a distribuição do ruído da enxada rotativa abaixada (à esquerda) e levantada (à direita) acoplada ao trator.



Fonte: próprio autor (2022).

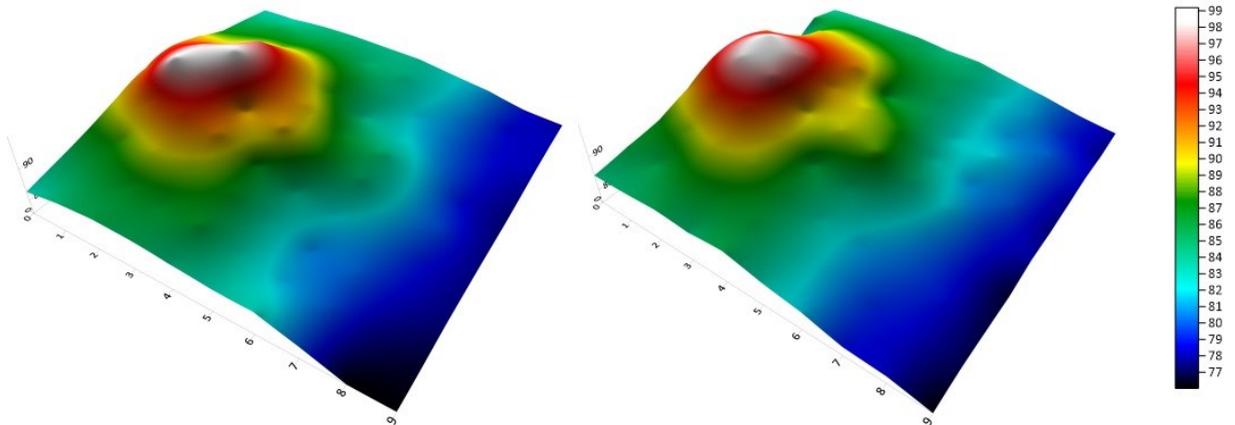
A partir do que foi exibido nos mapas acima, pôde-se perceber que não houve diferença entre as posições da enxada rotativa, visto que o implemento operando em contato com o solo obteve valores de ruído variando de 85 a 90 decibéis(A), e na posição suspensa, os valores variaram de 86 a 90dB(A).

Esses valores de exposição mais longos podem ser explicados pela própria estrutura do equipamento, com sua lataria e componentes, formarem um atenuante da propagação deste ruído. CUNHA e TEODORO (2006) observaram que os níveis de potência sonora diminuam de intensidade à medida que se afastavam das máquinas avaliadas.

Como a principal influência do ruído não teve tanta influência do equipamento, seja abaixado ou levantado, vindo a maior fonte de ruído advinda do motor, esses resultados confirmam com os relatados por Alves *et al.* (2011) que verificando valores menores de ruído na parte traseira do trator, e maiores na região frontal, do escapamento.

Na figura 20, apresenta-se o mapa 3D com os de ruído destacados em relevo e diferença de cores, representando os pontos coletados da enxada rotativa em duas posições de operação, em contato com o solo e levantada, a fim de verificar se houve alguma diferença entre as duas posições.

Figura 20 – mapa 3D da distribuição espacial do ruído da enxada rotativa abaixada (à esquerda) e levantada (à direita) acoplada ao trator.



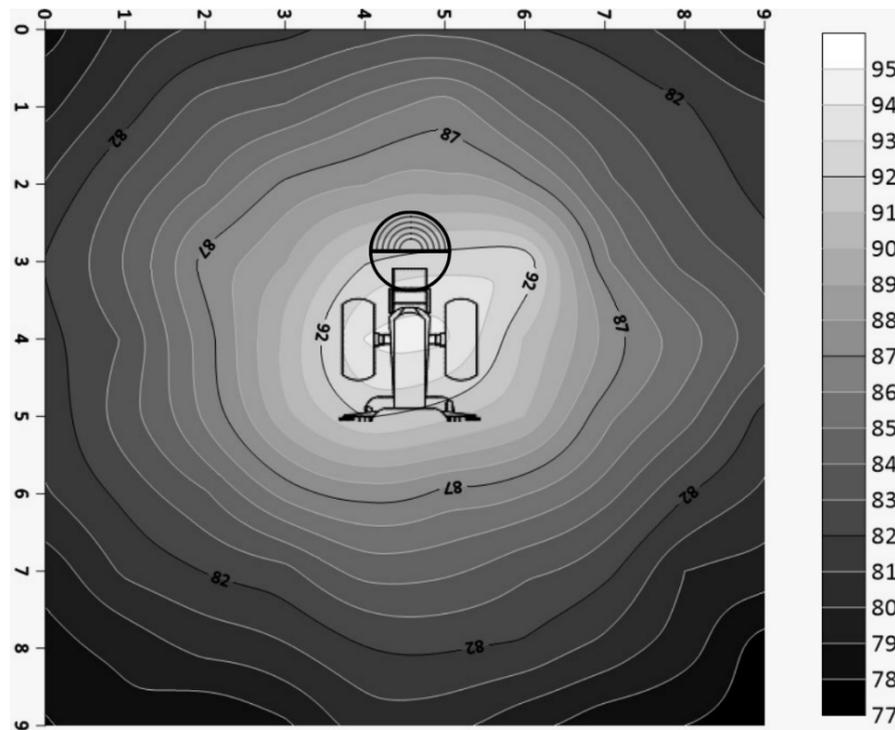
Fonte: próprio autor (2022).

Com a imagem em 3D acima, se evidencia que a região onde se tiveram maiores valores de ruído (em vermelho, transitando para branco), foram as que estão mais próximas ao motor do trator, principalmente à área de escape. A região onde se encontra a enxada rotativa (em tons de amarelo/verde) não apresentou altos valores de ruído estando suspensa ou em contato com o solo.

O ruído se concentrou mais próximo ao trator, mais especificamente próximo ao sistema de exaustão do motor, com valores de aproximadamente 99 decibéis(A). Com esses valores de ruído no trator, pela NR-15 (BRASIL, 2021), a exposição diária sem a utilização de EPI's seria entre 1 hora e 1 hora e 15 minutos. Já para a enxada rotativa, a exposição diária sem proteção é de aproximadamente 7 horas, tanto abaixada, como levantada.

Na sequência dos equipamentos, temos o motocultivador TC14 acoplado com roçadora frontal, temos a seguir o mapa 2D dos dados de ruído, onde observa-se que os mecanismos da roçadora frontal são as fontes principais do ruído, juntamente com o sistema de exaustão do motocultivador (FIGURA 21).

Figura 21 - mapa de isolinhas para a distribuição do ruído da roçadora frontal acoplada ao motocultivador.



Fonte: próprio autor (2022).

Percebe-se que os pontos onde se houveram maiores valores de ruído foram os que se encontravam próximos ao sistema de exaustão de gases do motor, a roçadora, como fica na parte frontal, próxima ao motor, teve seus valores de ruído um pouco maiores dos valores do motocultivador quando não acoplado, alcançando valores de 92 a 93 decibéis(A), na área de operação, os valores de ruído aumentaram para 90dB(A).

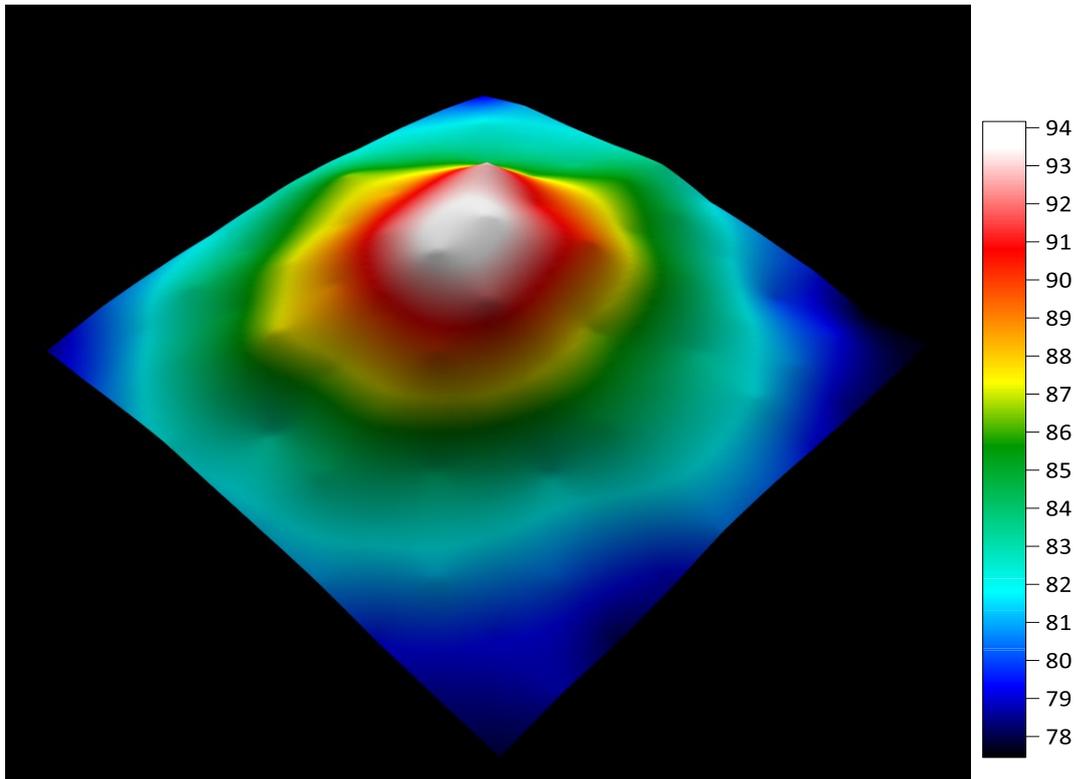
Esses dados corroboram com os encontrados por Lima *et al.* (1998) que, avaliando o nível de ruído e das fontes em tratores florestais, concluíram que o maior ruído está diretamente ligado à localização do motor e sistema de exaustão dos gases, e que quanto maior a potência do motor do trator maior era o nível do ruído emitido.

Os mecanismos rotativos da roçadora intensificaram o ruído presente no motocultivador, fazendo emitir valores de ruído um pouco acima do que se a roçadora não tivesse acionada.

Abaixo temos o mapa em 3D com os destaques em diferença de cores e relevo do motocultivador acoplado à roçadora, representando os pontos coletados

onde se tiveram os maiores valores de ruído e seu respectivo limite de exposição diário (FIGURA 22).

Figura 22 – mapa 3D da distribuição espacial do ruído da roçadora frontal acoplada ao motocultivador.



Fonte: próprio autor (2022).

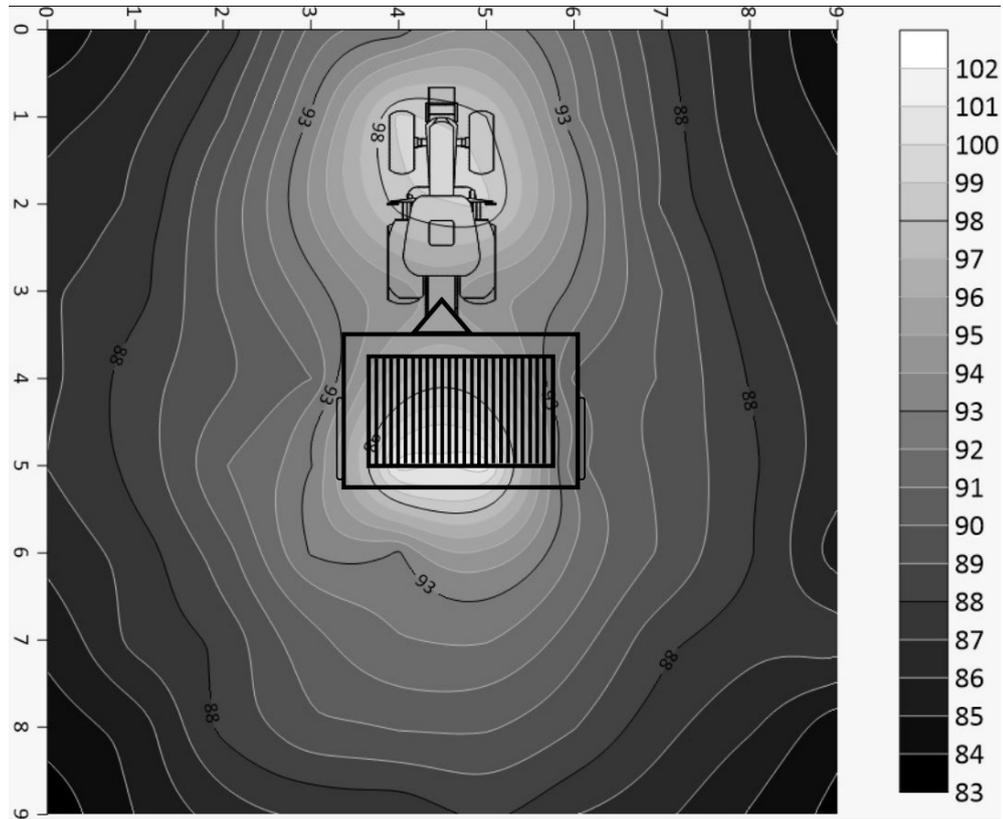
Com essas imagens, fica-se mais fácil de se observar onde se concentram os maiores valores de ruído para este tipo de equipamento acoplado ao motocultivador, tendo uma especial relevância a área onde se concentra o motor, que fica na mesma área de acoplamento da roçadora frontal, mostrando também que o implemento aumenta o ruído nesta máquina.

Nesta área do motocultivador, a exposição diária sem o uso de proteção auricular é de 2 horas e 15 minutos a 3 horas, no posto de operação do motocultivador, onde a exposição sem o acoplamento de nenhum equipamento era de 5 horas, com o uso desta roçadora, o tempo de exposição se reduziu para 4 horas.

O próximo equipamento analisado em funcionamento acoplado ao trator foi o distribuidor de corretivos, onde no mapa 2D de isolinhas mostram as áreas de ruído

no entorno da máquina e do implemento, indicando as regiões por onde o ruído se distribui (FIGURA 23).

Figura 23 - mapa de isolinhas para a distribuição do ruído do distribuidor de corretivos acoplado ao trator.



Fonte: próprio autor (2023).

Além da área próxima ao sistema de exaustão do motor do trator, outro local que teve valores de ruído elevados foram as áreas próximas foram os pontos onde se encontram os mecanismos centrífugos de distribuição, tendo valores de ruído alcançando 100 decibéis(A).

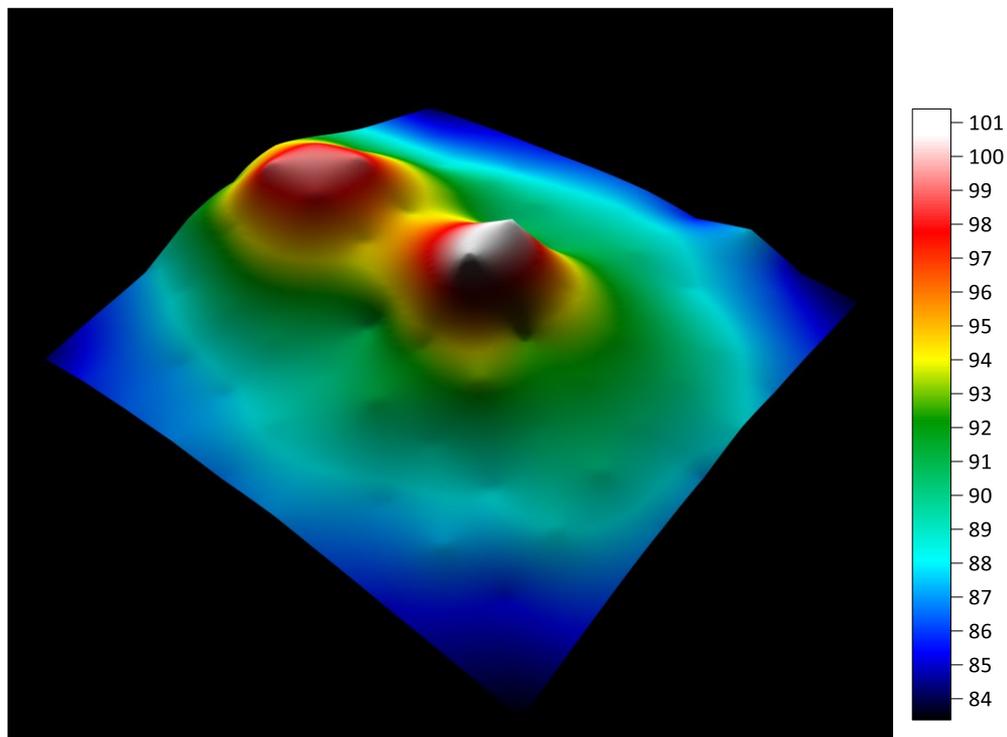
Em experimento conduzido por Kumar, Dewangan e Sarkar (2008), níveis de ruído acima de 80 dB(A) causam desconforto e afetam significativamente a comunicação auditiva, sendo prejudicial para quem está exposto.

Observou-se também a formação de uma área de redução de ruído, localizada na região de acoplamento entre o trator e o distribuidor de corretivos, provavelmente causada devido à barreira física criada pelos pneus e a estrutura do implemento.

Pela imagem, verifica-se que o ruído diminui a valores aceitáveis ao se afastar aproximadamente 3 metros, chegando a 88 decibéis(A). Sendo valores cuja exposição sem proteção auricular pode chegar a 5 horas.

Abaixo, tem-se a imagem do mapa em 3D com os valores adquiridos de ruído destacados em diferença de cores e relevo, mostrando os pontos de ruído do distribuidor de corretivos acoplado ao trator, obtendo-se os pontos de incidência máxima de ruído e qual o limite de exposição sem proteção que as pessoas podem ficar nas imediações da máquina (FIGURA 24).

Figura 24– mapa 3D da distribuição espacial do ruído do distribuidor de corretivos acoplado ao trator.



Fonte: próprio autor (2023).

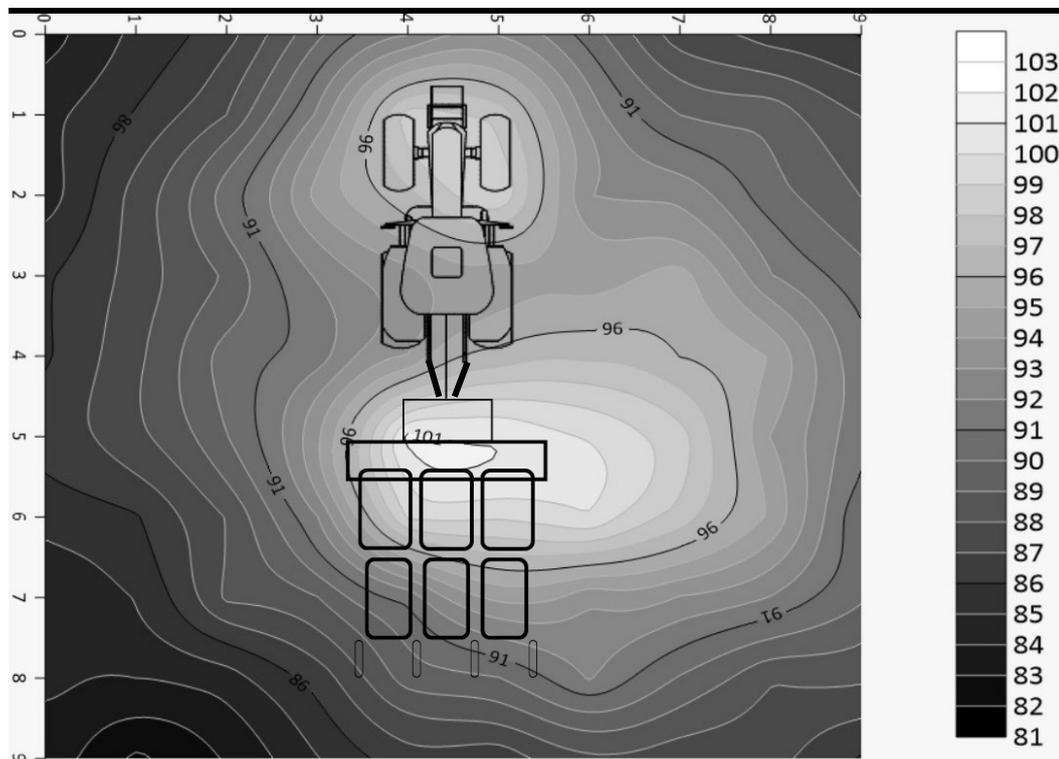
Constata-se pela imagem acima que nos pontos de maiores ruídos do distribuidor de corretivos, a exposição máxima sem a utilização de protetores auriculares é de aproximadamente 1 hora.

Para a pessoa em seu posto de operação, o tempo de permanência operando a máquina sem proteção auricular é de cerca de 1 hora e 30 minutos. A utilização deste tipo de equipamento faz aumentar o ruído incidente ao operador, visto que ele se encontra entre as duas fontes emissoras.

As áreas em tons de azul tendendo ao mais escuro são as áreas onde o ruído chega em menor intensidade, fazendo com que o tempo de permanência de pessoas nessa região seja maior.

Na figura 25 abaixo tem-se o mapa 2D de isolinhas das regiões de ruído do trator “a” acoplado à semeadora pneumática, gerados pelo programa computacional, onde observa-se que os mecanismos da semeadora, principalmente os rotativos e de exaustão, são os principais emissores de ruído, sendo necessária uma maior atenção à essas áreas.

Figura 25 - mapa de isolinhas para a distribuição do ruído da semeadora acoplado ao trator.



Fonte: próprio autor (2023).

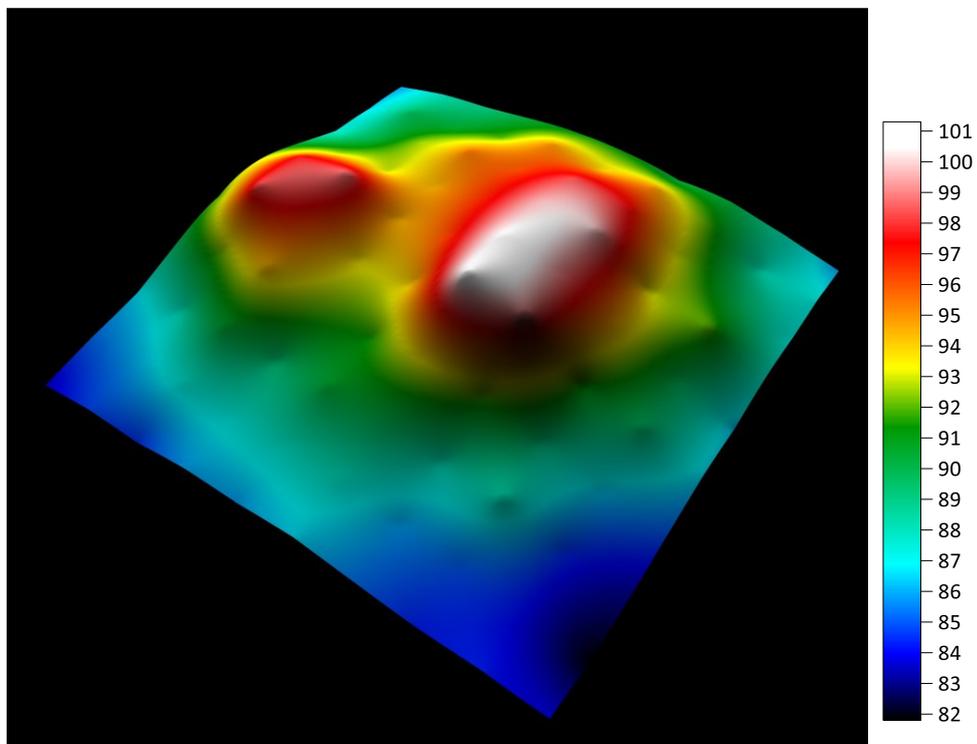
Como visto acima, além da área do entorno do motor do trator, a região de contato da Tomada de Potência (TDP) ao eixo cardã, onde aciona-se a turbina do vácuo da semeadora, juntamente com o sistema de exaustão de ar foram os que alcançaram os maiores valores de ruído, chegando a valores máximos de 101 decibéis(A).

Observa-se também que, para esta máquina, o ruído se concentra mais à direita, visto que os emissores de ruído se encontram nesta região. Nota-se também

que o ruído emitido pelo sistema de exaustão do vácuo da semeadora se propaga por uma região mais extensa, chegando a ter 98 decibéis(A) na região de mais dois metros de distância da máquina, por exemplo.

Abaixo tem-se o mapa 3D feito no *software*, onde por meio de diferença de cores e relevo, se observa as regiões de maiores e menores incidências do ruído do trator “a” acoplado à semeadora pneumática. Para a partir destas imagens, indicar nas áreas específicas, o tempo de permanência máxima no posto de operação ou nos arredores da máquina sem o uso de proteção auricular (FIGURA 26).

Figura 26 – mapa 3D da distribuição espacial do ruído da semeadora acoplada ao trator.



Fonte: próprio autor (2023).

De acordo com o mapa 3D acima, observa-se os pontos de maior incidência de ruído (em branco, tendendo ao vermelho) se concentram, além da área do motor, na turbina de geração de vácuo e do sistema de exaustão de ar da semeadora.

Nesta região, o tempo de exposição máximo sem o uso de equipamentos de proteção auricular é de aproximadamente 50 minutos para a região da turbina. Na

região de exaustão de ar, a exposição máxima a esse ruído quando próximo chega a mais ou menos 1 hora.

Assim se faz de grande importância realizar o acompanhamento dos riscos ocupacionais com certa frequência, tendo as empresas a responsabilidade de fazer monitoramentos anuais por profissionais de saúde especializados (WANG *et al.*, 2018).

Como já mencionado, para este tipo de semeadora, por causa do sistema de exaustão de ar, o ruído se propaga para a direita, onde observa-se que a 3 metros de distância do emissor, o ruído chega a alcançar por volta de 96 decibéis(A), sendo o tempo máximo exposto a esse ruído sem proteção é de 1 hora e 45 minutos.

A região onde se localiza o posto de operação localizada em amarelo no mapa, entre os dois pontos vermelhos, alcançou valores de ruído de 94 decibéis(A), sendo indicado ao operador trabalhar por um período máximo de 2 horas e 15 minutos sem a utilização de proteção auricular.

A distância segura de exposição sem o uso de protetores auriculares para uma jornada de 8 horas de trabalho (85 decibéis(A)) se mostra nas áreas de transição do tom azul-piscina ao azul escuro. Observa-se que para este equipamento agrícola, estes tons de cores representando o ruído, se concentram à esquerda do conjunto trator-implemento.

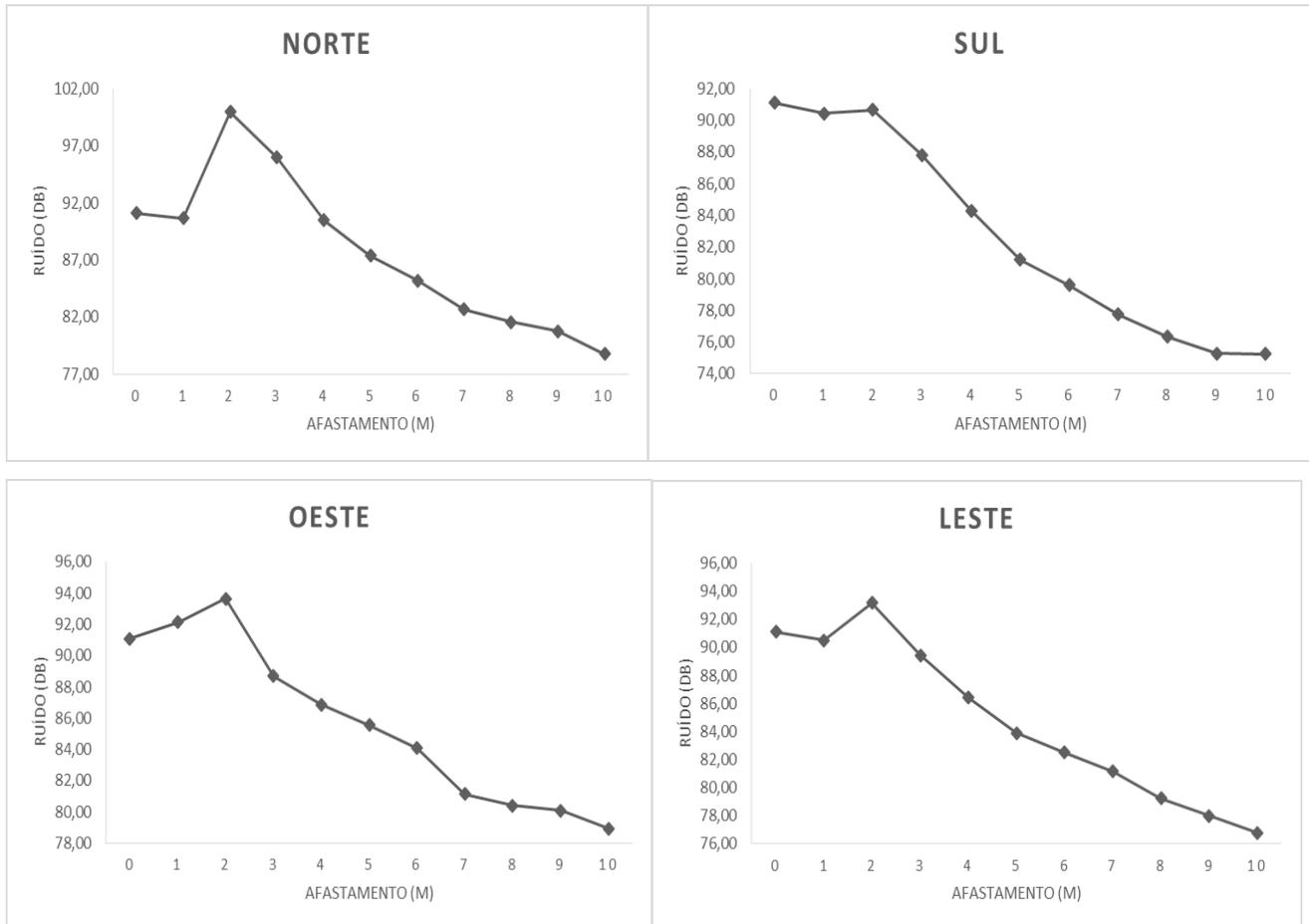
Assim, se faz importante saber a origem das fontes emissoras de ruído e medir os seus eventuais malefícios à saúde dos operadores (KURT *et al.*, 2017), bem como qual sua distância em que seja menos prejudicial a exposição.

4.2 Raios de afastamento

Os gráficos foram organizados em quatro pontos (norte, sul, leste e oeste), tomando como referência o ponto norte como a parte dianteira do trator (FIGURA 2), sendo divididos em quatro gráficos para cada trator ou conjunto trator-equipamento, representando cada ponto de afastamento.

Como se observa abaixo, apresenta-se os gráficos com as coletas dos pontos para a determinação dos raios de afastamento de ruído do trator e dos equipamentos acoplados. O primeiro mostrado a seguir é o trator “a” (Valtra A950), representado nos gráficos 1.

Gráfico 1– raios de afastamento nos quatro sentidos para o trator “a”.



Fonte: próprio autor (2022).

À medida que se afasta do ponto de origem da emissão, o ruído vai diminuindo a níveis aceitáveis segundo a norma NR 15. Para o trator “a”, a distância de 5 metros em relação à fonte de ruído foi suficiente para a redução dos níveis de ruído em todos os 4 sentidos de afastamento.

Desta forma, tais condições permitem que, a partir desta posição, o operador ou outras pessoas no entorno passem no mínimo 8 horas nestas condições. Para condições em que se necessite de uma aproximação do trator, os valores de ruído aumentam, considerando uma atividade de operações insalubre, sendo o nível máximo de ruído de 85 dB(A) para exposição diária de 8 horas (BRASIL, 2021).

O ponto “zero”, por ser o ponto em comum para os quatro sentidos, localiza-se no posto de operação do condutor do trator e fica mais elevado quanto à altura de leitura dos demais pontos. Devido a isto e às barreiras físicas de pneus e estruturas do trator, este ponto tende a se iniciar com o ruído menor que os próximos.

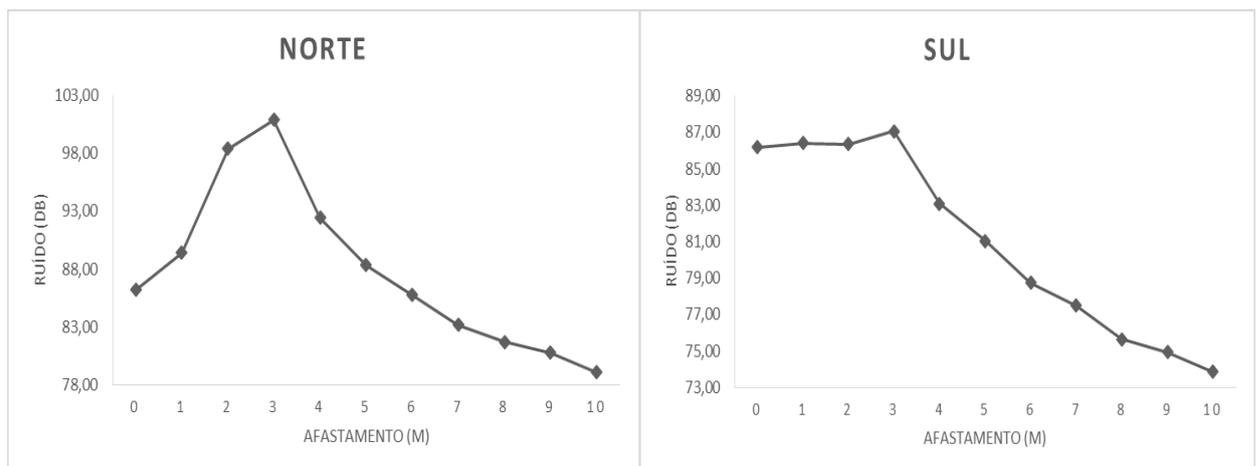
Observou-se que, em todos os sentidos de coleta de dados, o ruído atingiu um pico aos 2 metros de afastamento do centro do trator, tal caso pode ser explicado pela barreira física causada pelos pneus terem protegido do ruído nos primeiros metros, mas assim que venceu essa barreira, obteve um máximo e, à medida que se afastou, reduziu-se o ruído. Isso pôde ser observado nos outros modelos de tratores também.

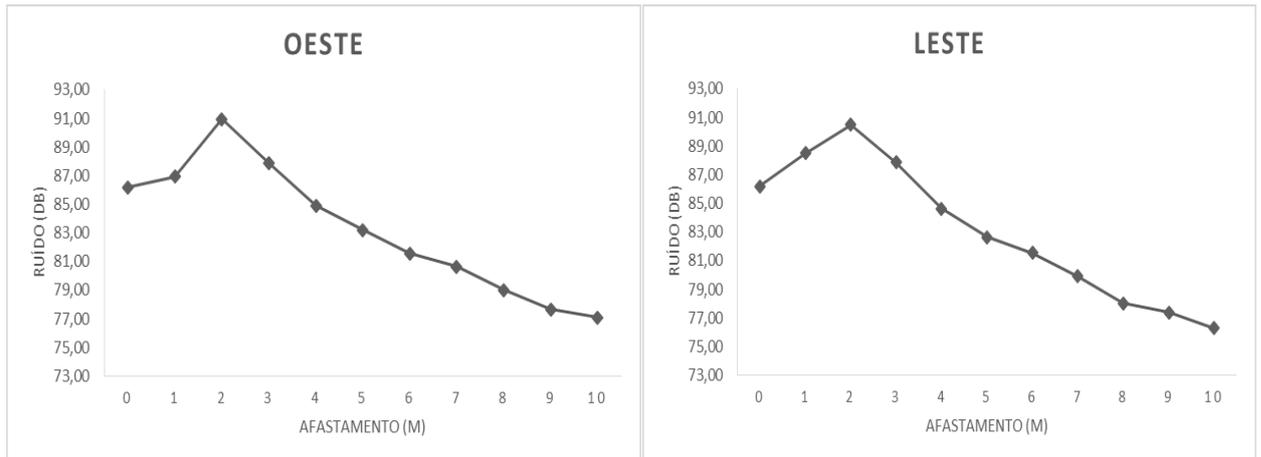
O sentido onde se tiveram maiores valores de ruído foi o sentido norte, na parte frontal do trator, por ser mais próxima ao motor da máquina. Opostamente a isto, o lado sul, por ser o mais distante, teve os menores valores de ruído. Os lados leste e oeste tiveram comportamentos e valores semelhantes, mesmo o lado direito sendo onde fica posicionado o sistema de escape do trator.

Os valores do coeficiente de correlação de Pearson comprovaram o que foi mostrado nos gráficos onde, para os pontos norte, sul, oeste e leste, apresentaram valores de r foram iguais a $-0,85$, $-0,98$, $-0,96$ e $-0,97$, respectivamente. Significando que há uma correlação negativa (inversamente relacionados) forte para o sentido norte e muito forte para os demais sentidos, entre os fatores ruído e distância.

Abaixo, tem-se os gráficos com os sentidos norte, sul, oeste e leste do raio de afastamento para os valores de ruído no trator “b” (Valtra BM 120), para verificar qual a distância mínima de segurança para estes valores de ruído (GRÁFICO 2).

Gráfico 2– raios de afastamento nos quatro sentidos para o trator “b”.





Fonte: próprio autor (2022).

Como visto acima, o ruído diminuiu à medida que foi se afastando do centro de origem das coletas. No trator “b”, a distância na qual se aceita uma jornada salubre de trabalho de 8 horas é de 4 metros de distância do centro do trator, com exceção apenas da área frontal do trator (norte), onde a distância que emite ruído máximo de 85 dB(A) é de 6 metros da origem central.

Foi observado que, mesmo com o ruído diminuindo de acordo com o afastamento, concordando com o relatado por Silveira *et al.* (2007). Houve também um pico de ruído em alguns sentidos, como nos lados oeste e leste, que com 2 metros de distância do ponto central, apresentaram valores altos de ruído, vindo a decrescer conforme se distancia do ponto central.

No lado norte, a distância de 3 metros do centro do trator, que se localiza exatamente onde fica o motor, foi onde se encontrou a maior intensidade de ruído, obtendo os valores de 85 dB(A) a 6 metros do centro do trator, ou a 3 metros a partir da parte dianteira da máquina.

Para o lado sul, por estar mais distante do motor e ter diversas barreiras físicas como chassi, lataria e pneus, os valores de ruído começaram baixos e seguiram essa tendência ao modo que se distanciou do trator.

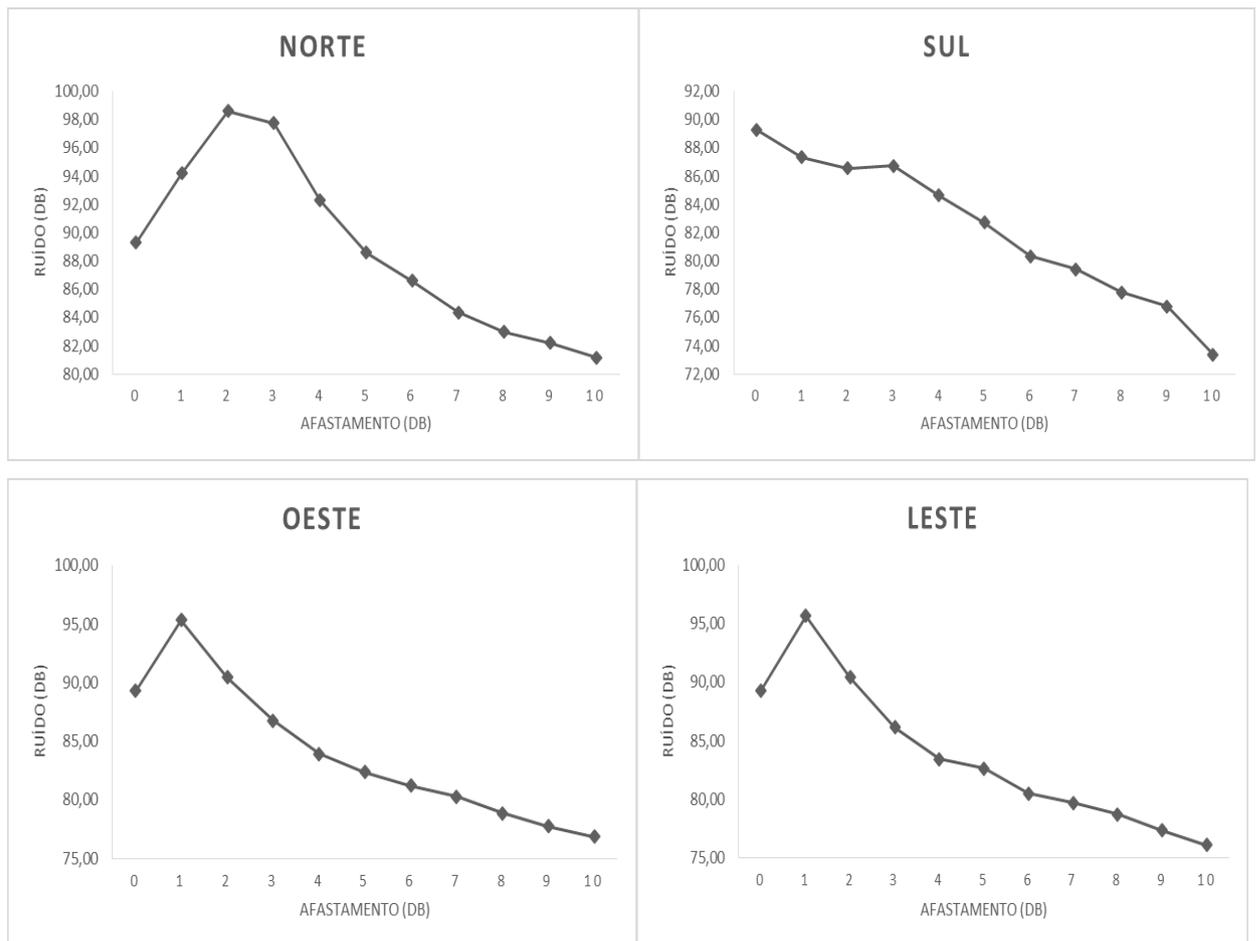
A correlação entre os fatores foi observada e se manteve uma correlação considerada moderada para o lado norte pelo coeficiente de Pearson, onde os valores de r determinados foram de -0,69, para este caso poderiam ser avaliados mais pontos para avaliar a tendência dessa correlação.

Para os lados sul, oeste e leste, os valores de r encontrados foram respectivamente de -0,96, -0,91 e -0,93. Esses valores são considerados uma

correlação negativa muito forte, indicando uma associação negativa entre o afastamento e o ruído.

Nos gráficos 3 a seguir, temos os raios de afastamento nos sentidos norte, sul, oeste e leste em relação ao posicionamento do trator. O trator analisado em questão foi o “c” (Valtra BM15i).

Gráfico 3 – raios de afastamento nos quatro sentidos para o trator “c”.



Fonte: próprio autor (2022).

Foi averiguada tendência em na redução do ruído ao passo que se distanciou do ponto central de coleta, o ruído reduziu. Para este modelo e potência de trator, a distância salubre para uma jornada de 8 horas (BRASIL, 2021) é de 3 metros para os pontos sul, oeste e leste.

Novamente, a área frontal do trator (norte) foi a que obteve os maiores valores de ruído, devido à localização do seu motor, sendo necessária uma maior distância de afastamento para se ter 85 dB(A) de ruído. Para este trator, o afastamento

mínimo onde se atingiu esses valores foi encontrado entre 6 e 7 metros distante do centro do trator.

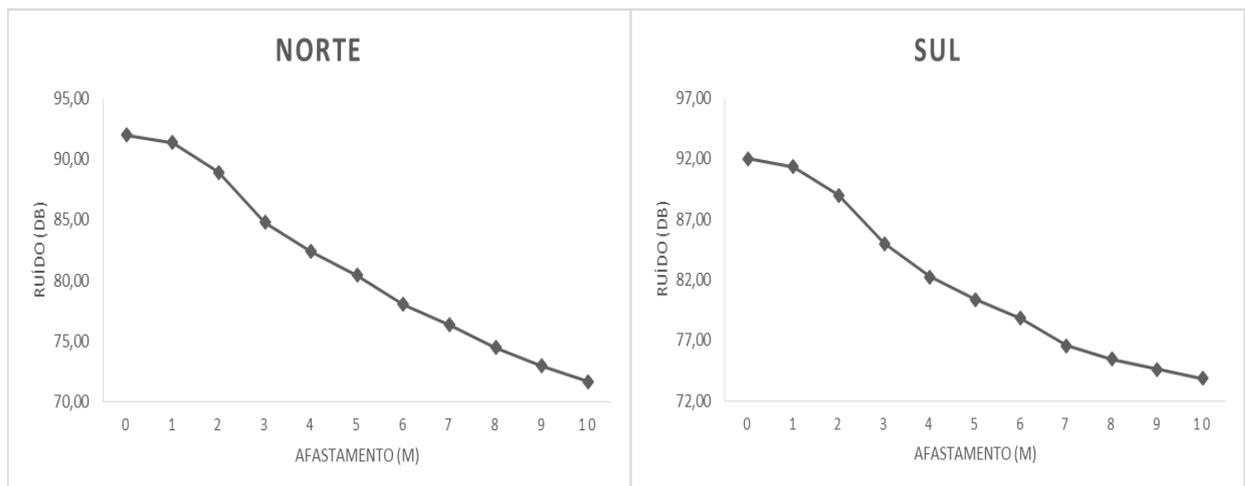
Nos lados oeste e leste, os pontos protegidos fisicamente pelos pneus e por serem medidos no posto de operação do condutor do trator, iniciam-se com valores menores, atingem um pico e decrescem conforme se afastam da máquina, sendo aos 3 metros de distância o local onde o ruído se aproxima de 85 dB(A).

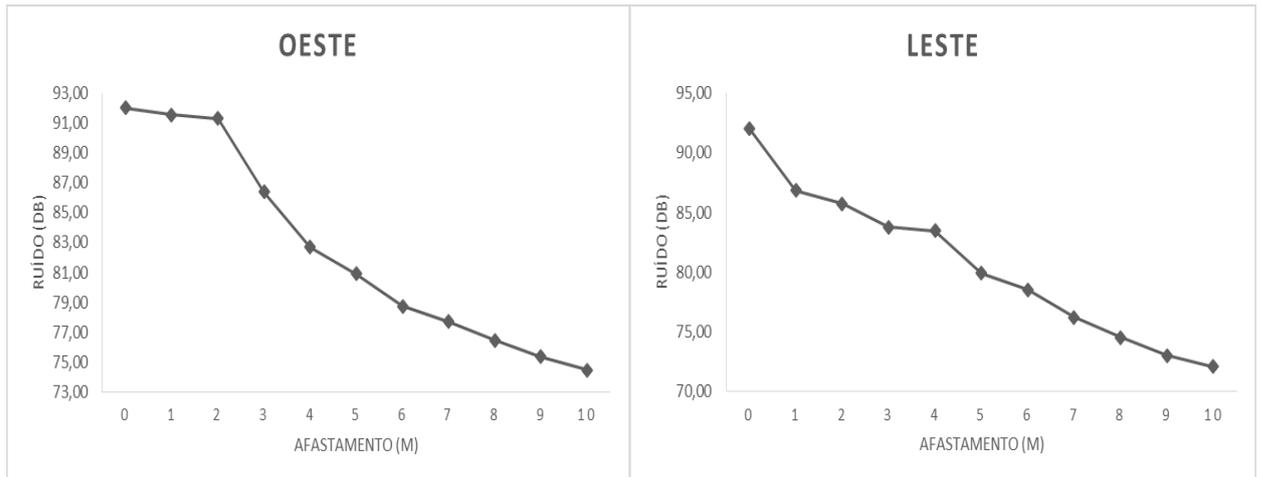
O lado sul para este trator, comparando-se aos avaliados anteriormente, teve o ponto na faixa salubre de 85 dB(A) aos 4 metros distante do ponto central, isso pelo motivo de ser um trator com maior potência, possuindo turbina, o que assim faz com que a emissão de ruído seja mais elevada em todas as direções do trator.

Houve uma correlação negativa forte no afastamento do ponto norte, com valores de $r = -0,82$. Para os demais sentidos, os valores de r do coeficiente de correlação de Pearson apresentaram uma correlação considerada muito forte, com $r = -0,99$ (sul); $r = -0,94$ (oeste) e $r = -0,94$ (leste), indicando a relação inversa entre as duas variáveis.

Abaixo, apresentam-se os gráficos com os pontos coletados nas áreas norte, sul, oeste e leste para a determinação dos raios de afastamento de ruído, agora para o motocultivador (“d”). Os dados são apresentados nos gráficos 4.

Gráfico 4 – raios de afastamento nos quatro sentidos para o motocultivador “d”.





Fonte: próprio autor (2022).

À medida que se distanciou, também para este tipo de trator, o ruído reduziu, mostrando que para todos os portes de máquina ou de emissores de som, isto acontece. A distância salubre para este tipo de trator, segundo a NR-15 ficou entre 2 e 3 metros para as áreas norte, sul e leste.

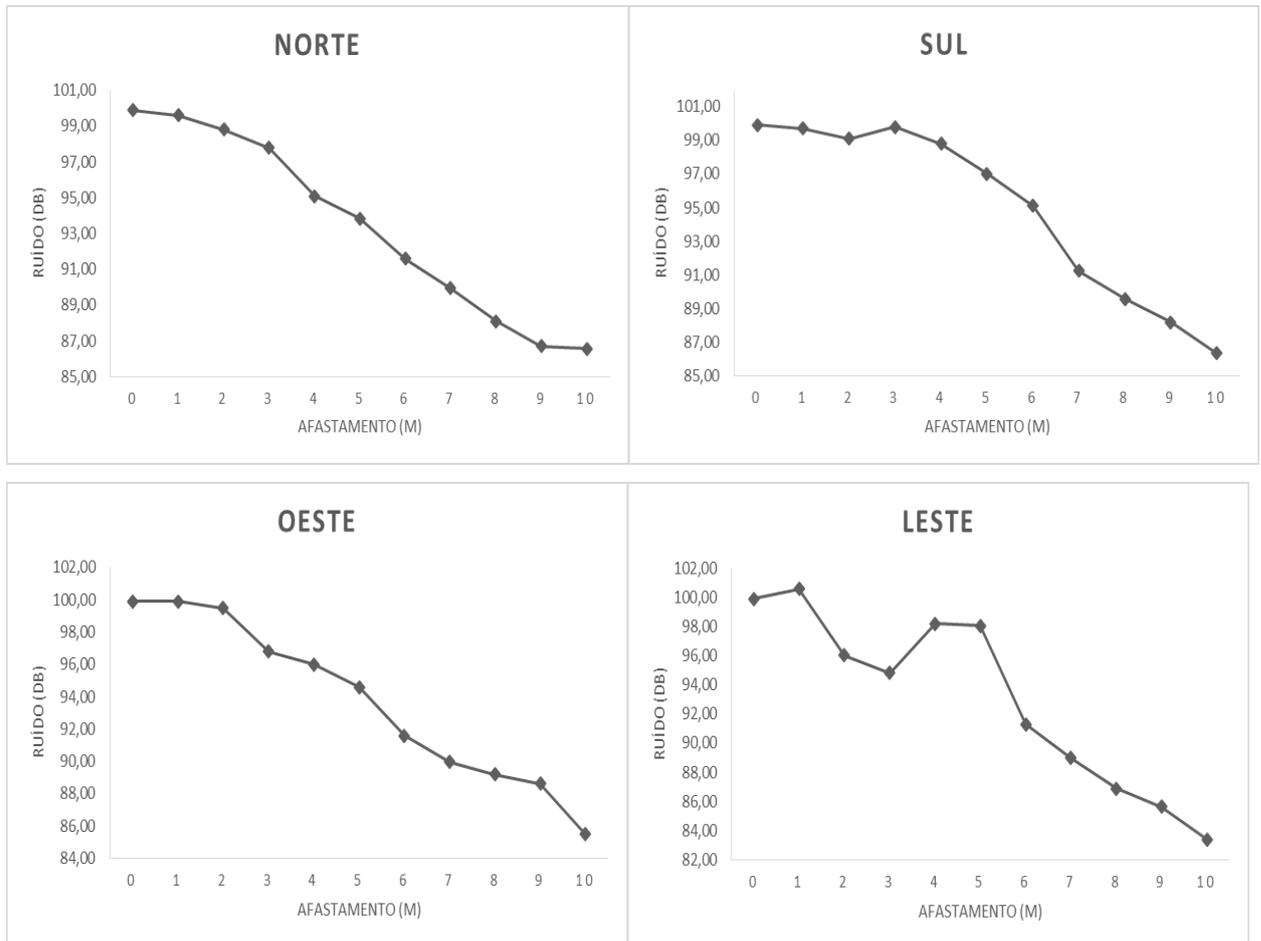
Este motocultivador possui seu sistema de exaustão de gases do motor do lado esquerdo, por isso, a área oeste teve um raio de afastamento um pouco maior que as demais áreas, com 3 a 4 metros de distância do centro do motocultivador.

Por ser uma máquina de pequeno porte, o pico de ruído se encontrou nos primeiros metros, principalmente na parte oeste. Não foi observado um “pico” de ruído porque, diferentemente dos tratores, que possuem pneus grandes e as primeiras medições foram realizadas no posto de operação que é elevado, no motocultivador todas as coletas foram feitas na mesma altura, aproximadamente 165,0 centímetros em relação ao solo.

A correlação de Pearson entre as variáveis ruído e distância para o motocultivador foi considerada negativa muito forte para os quatro sentidos de afastamento do motocultivador, com valores de r iguais a -0,99 para a área norte, -0,98 para a área sul, -0,97 para a área oeste e -0,99 para a área sul.

Dando continuidade às análises de raio de afastamento nos sentidos norte, sul, oeste e leste em relação ao posicionamento do trator, agora temos os equipamentos, começando abaixo com a roçadora acoplada ao trator “a”, como mostram nos gráficos abaixo (GRÁFICO 5).

Gráfico 5 – raios de afastamento nos quatro sentidos para a roçadora acoplada ao trator.



Fonte: próprio autor (2022).

Além do ruído emitido pelo trator, agora pode-se perceber a influência de um equipamento em funcionamento acoplado ao trator, neste caso a roçadora. Assim como nos tratores isoladamente, o ruído decresceu à medida que se afastou da roçadora, tendo as distâncias salubres segundo a NR-15 (BRASIL, 2021) de 85 dB(A) em pontos diferentes para cada área de afastamento.

Na área norte, a distância mínima onde se encontrou ruído para uma jornada mínima de 8 horas sem proteção auricular foi superior aos 10 metros demarcados do ponto central de coletas, que era o ponto de acoplamento à TDP. Pela tendência de decréscimo de ruído, dois ou três metros de distância seriam necessários para chegar aos 85 dB(A).

Isso foi causado porque para as medições com o implemento, teve-se que deslocar o trator na direção norte para chegar ao ponto central, logo, o ruído emitido

pelo trator em conjunto com a roçadora também se prolongou por uma maior distância nessa área.

Na área sul foi encontrada a distância mínima de salubridade segundo a NR-15 sendo superior a 10 metros de distância do ponto central, sendo necessário provavelmente mais um ou dois metros para alcançar os 85 decibéis(A).

Esses valores elevados de ruído se deram em virtude do funcionamento dos mecanismos metálicos e rotativos de acionamento da roçadora, e a arquitetura do equipamento faz uma espécie de funil que direciona o ruído nessa região.

A área oeste teve uma tendência de diminuição ao longo do afastamento do ponto central de coleta de dados, no acoplamento da TDP. A distância mínima onde se encontrou ruído na faixa de 85 dB(A) foi encontrado apenas aos 10 metros de distância do ponto central.

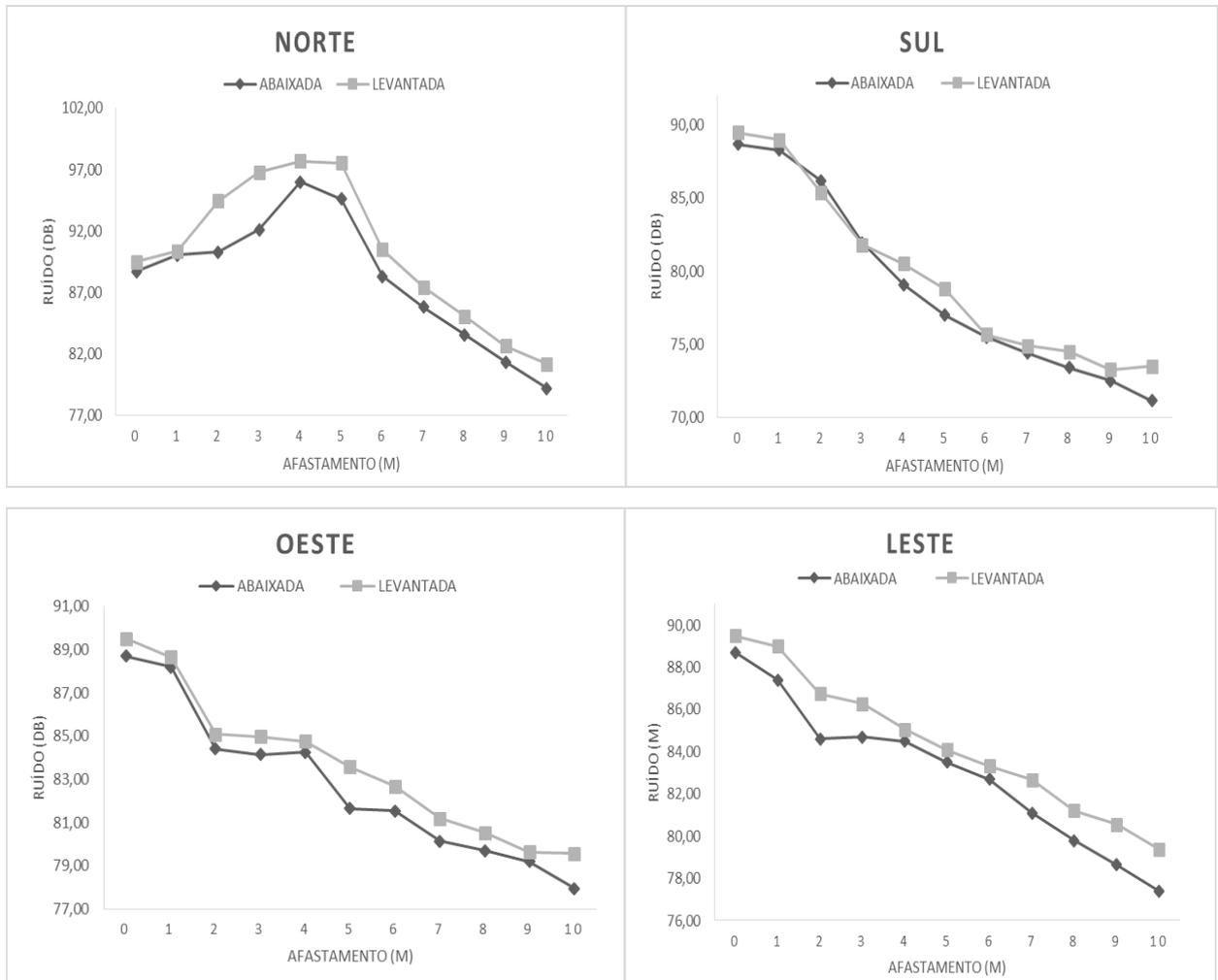
A área leste foi onde se observou um decréscimo à medida que se afastou da máquina, em seguida houve um pico de ruído de 98 decibéis(A) aos 4 metros de distância do ponto central.

Essa redução pode ter sido causada pela barreira física de pneus do trator e estruturas de proteção da roçadora. Após os 5 metros de distanciamento, o ruído voltou a diminuir, chegando à distância mínima de salubridade de aproximadamente 9 metros.

Para a roçadora, o coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis distância de afastamento e ruído para as áreas norte, sul, oeste e leste foram, respectivamente de -0,99, -0,95, -0,99 e -0,93. Estes valores são qualificados como uma correlação negativa muito forte, admitindo a proporcionalidade inversa das variáveis.

Abaixo, temos os gráficos de raio de afastamento nos sentidos norte, sul, oeste e leste para a enxada rotativa acoplada ao trator. Para este equipamento, foram feitas duas coletas, uma com a enxada rotativa suspensa, e outra com os órgãos ativos em contato com o solo, para verificar se há a influência dessas duas posições na emissão do ruído (GRÁFICO 6).

Gráfico 6 – raios de afastamento nos quatro sentidos para a enxada rotativa abaixada e levantada acoplada ao trator.



Fonte: próprio autor (2022).

Para as duas posições da enxada rotativa (abaixada e levantada), em todos os sentidos de afastamento, houve um decréscimo à medida que se afastou do ponto central, com diferenças de ruído entre as duas posições, porém seguindo a mesma tendência.

Para a posição da enxada rotativa abaixada, a distância salubre mínima aproximada entre 1 e 2 metros para os sentidos oeste e leste, entre 2 e 3 metros para a posição sul e 7 metros para o sentido norte. Com exceção da área norte, todas as áreas emitiram pouco ruído ao se distanciar, justamente por serem as áreas onde recebem mais o ruído da enxada rotativa.

A área norte teve mais influência do ruído emitido pelo motor do trator do que pela enxada rotativa, por isso inicia-se nos pontos 0 com valores menores,

crescendo até o ponto de 4 metros, que é exatamente o ponto onde se localiza o motor do trator, até decrescer com o distanciamento.

Com a enxada rotativa levantada, os valores de ruído coletados foram um pouco maiores do que se estivesse abaixada, tendo uma distância de segurança mínima para uma jornada de 8 horas de trabalho (BRASIL, 2021) de 2 metros para as áreas sul e oeste, 4 metros para a área leste e 8 metros para a área norte.

Mesmo sendo a área que sofre forte influência do ruído por ser onde está localizado o implemento, a área sul não teve valores altos de ruído que provocassem um maior afastamento. A área leste foi a recebeu ruído tanto da parte traseira, vinda da enxada rotativa, como da parte dianteira do trator, vinda do sistema de exaustão de gases do motor, localizado mais à direita da máquina.

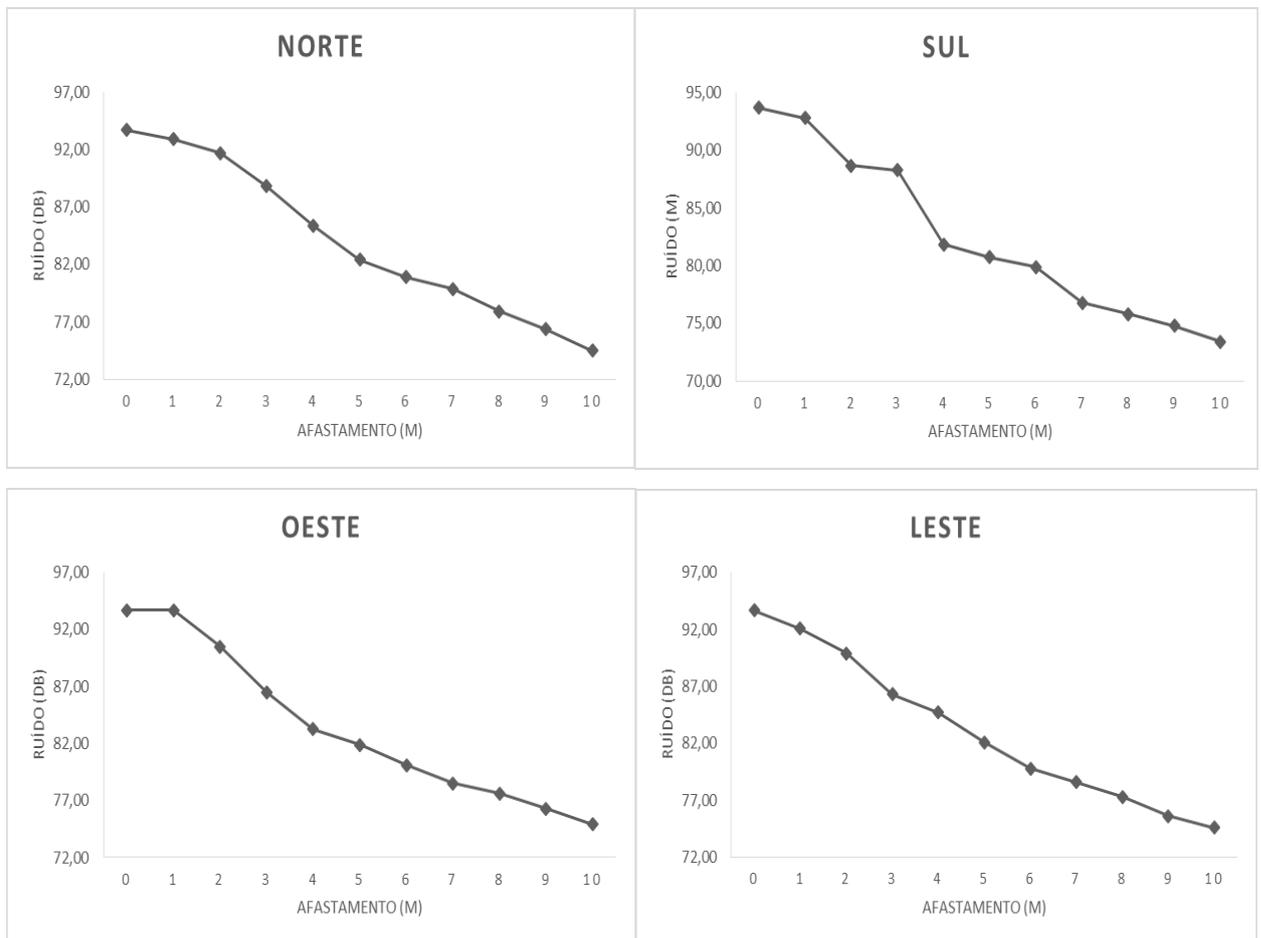
A área norte acompanhou o mesmo comportamento de quando a enxada rotativa estava abaixada, a diferença é que, com a enxada rotativa abaixada, a própria estrutura do equipamento “abafou” o ruído. Com a enxada rotativa levantada, os órgãos ativos ficavam expostos, propagando mais o ruído.

Os valores de r de Pearson para o coeficiente de correlação da enxada rotativa abaixada foi de -0,70 para a área norte, considerado uma correlação negativa moderada. Para a área sul, o valor de r foi igual a -0,98, -0,97 para a área oeste e para a área leste igual a -0,98 sendo a correlação dessas três áreas consideradas negativas muito fortes.

A correlação para as variáveis com enxada rotativa levantada tiveram os valores de r para o lado norte de -0,65, admitido como uma correlação negativa moderada. Os valores de r de Pearson para as áreas sul, oeste e leste foram de -0,97, -0,97 e -0,99, respectivamente. Essa correlação dessas três áreas é considerada muito forte.

Os gráficos de afastamento descritos a seguir são da roçadora frontal acoplada ao motocultivador, onde também foram feitas as coletas de raio de afastamento nos sentidos norte, sul, oeste e leste, para a verificação da distância mínima em que seja permitida uma jornada de 8 horas de trabalho segundo a NR-15 (GRÁFICO 7).

Gráfico 7 – raios de afastamento nos quatro sentidos para a roçadora frontal acoplada ao motocultivador.



Fonte: próprio autor (2022).

Na roçadora frontal acoplada ao motocultivador o ruído diminuiu quando se afastou do ponto central de coleta de dados. A distância segura para a audição em uma jornada de 8 horas de operação sem proteção é de 4 metros para a parte frontal (norte) e entre 3 e 4 metros para a parte traseira (sul), esquerda (oeste) e direita (leste).

Após o ponto inicial (ponto 0), que foi o ponto com valores de ruído em comum para todos os sentidos de afastamento, logo em seguida, apenas para o lado oeste, manteve-se o ruído com um metro de afastamento, devido ao escapamento do motocultivador se localizar neste lado da máquina, logo em seguida, o ruído foi diminuindo com o distanciamento metro a metro.

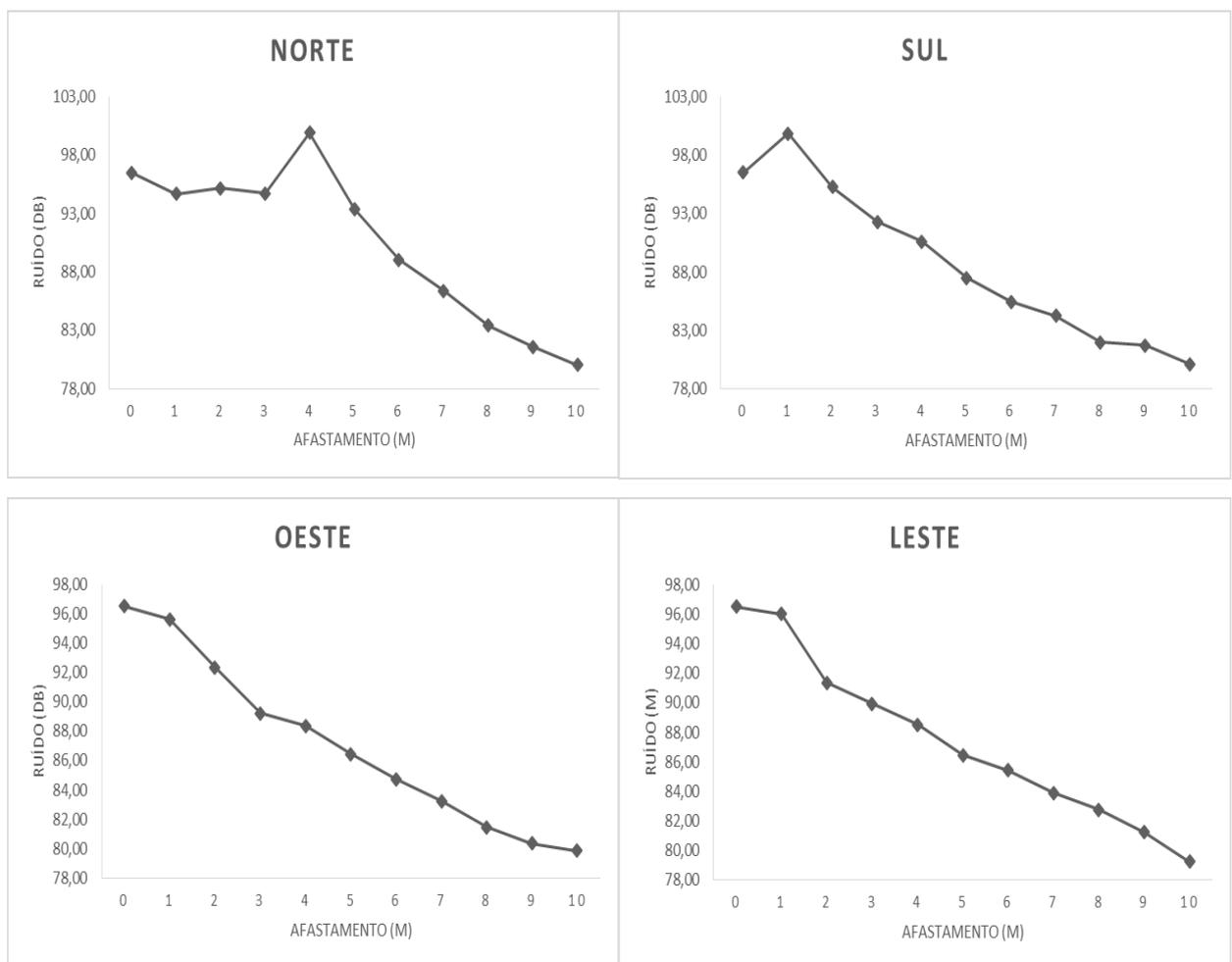
Outro fator é que devido a roçadora se localizar muito próxima ao motocultivador, os ruídos que saem do motor se misturam com os ruídos emitidos

pelos mecanismos rotativos presentes na roçadora frontal. Não foram observadas mais alterações além do aumento em geral do ruído com a utilização do equipamento no motocultivador.

O coeficiente de Pearson para a roçadora frontal acoplada ao motocultivador obteve uma correlação considerada negativa muito forte em todas as áreas do raio de afastamento, com valores de r iguais a -0,99, -0,98, -0,98 e -0,99 para as áreas norte, sul, oeste e leste, respectivamente.

Abaixo, tem-se os gráficos com o raio de afastamento nos quatro sentidos para o distribuidor de corretivos acoplado ao trator. A fim de se obter a distância mínima salubre de afastamento em que se pode ter uma jornada de trabalho de 8 horas sem o uso de proteção auricular (GRÁFICO 8).

Gráfico 8 – raios de afastamento nos quatro sentidos para o distribuidor de corretivos acoplado ao trator.



Fonte: próprio autor (2022).

Para o distribuidor de corretivos acoplado ao trator, o comportamento do ruído par esta máquina se mostrou igual às avaliadas anteriormente, onde o ruído diminui conforme se afasta do ponto central. As distâncias onde se alcançaram ruídos de 85 dB(A) foram de 7 a 8 metros para o lado norte, 6 metros para o lado sul, entre 5 e 6 metros para o lado oeste e 6 metros para o lado leste.

No lado norte, a 4 metros de distância do ponto central, se captou pelo decibelímetro um ruído de 99,93dB. Esse valor representa a localização do motor do trator, ruído esse gerado pelo sistema de escape de gases do motor. Logo que afastou-se, os valores de ruído continuaram decrescendo.

No lado sul, a 1 metro de distância do ponto central, se obteve um pico de 99,85dB de ruído, este ponto se localiza bem no centro do distribuidor de corretivos centrífugo, onde ocorre o movimento rotativo dos discos distribuidores. Após se distanciar dessa área, o ruído diminui. Os pontos anteriores também tiveram valores de ruído acima de 90 dB(A), por serem os pontos próximos à TDP e ao eixo cardã.

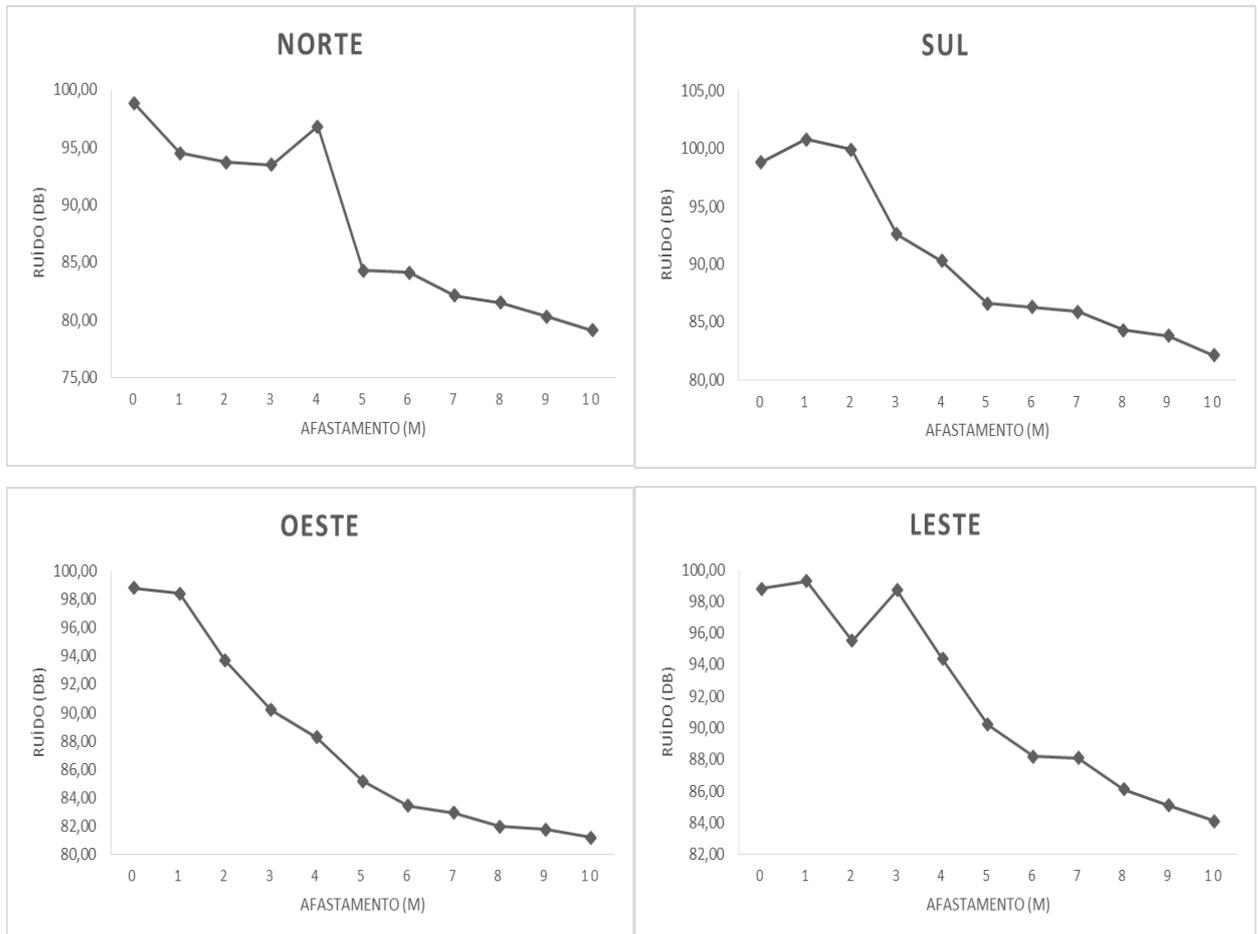
As áreas oeste e leste não tiveram maiores adversidades de ruído ao longo do afastamento do ponto central, tendo valores acima de 90 decibéis(A) por estarem próximos ao implemento e também receberem ruídos oriundos do motor do trator.

Em estudos realizados por Oliveira Junior; Alves e Cunha (2011) verificou-se que o níveis de ruído próximos posto de operação do operador foram superiores ao limite de 85 dB(A) para 8 horas de exposição diária, sem proteção auricular.

Os valores de r para o coeficiente de correlação de Pearson para o distribuidor de corretivos centrífugo considerou uma correlação negativa forte para a área norte, com $r = -0,89$. As áreas sul, oeste e leste tiveram os valores de r iguais a $-0,98$, $-0,99$ e $-0,99$, respectivamente, considerando uma correlação negativa muito forte.

A seguir, temos os gráficos de ruído para a determinação do raio de afastamento para a semeadora pneumática acoplada ao trator, o último implemento avaliado, a fim de saber qual distância salubre de trabalho nas direções norte, sul, oeste e leste (GRÁFICO 9).

Gráfico 9 – raios de afastamento nos quatro sentidos para semeadora pneumática acoplada ao trator.



Fonte: próprio autor (2022).

Houve também, assim como nos anteriores, um decréscimo do ruído à medida que se afastou do equipamento. Houveram alguns picos de ruído em alguns pontos específicos. As distâncias mínimas onde se encontraram aproximadamente 85 dB(A) para uma jornada de 8 horas de trabalho sem o uso de proteção auricular foram de 5 metros para a área norte, 7 a 8 metros para a área sul, 5 metros para oeste e 9 metros para a área leste.

Na área norte, após decrescer conforme o distanciamento, foi observado um pico de ruído ao afastar-se 4 metros, que é onde se localiza o motor e o sistema de exaustão do trator, neste ponto foi captado 96,80 decibéis(A), logo em seguida nas próximas coletas, o ruído foi diminuindo.

A área sul, por ser a área traseira, onde sofre influência direta do equipamento, teve pico de 100,80 dB(A) a 1 metro de distância do ponto inicial, ponto

este que é onde se localiza a turbina do sistema de vácuo da semeadora, que é acionada pelo eixo cardã ligado pela TDP. Os próximos pontos, por não terem nenhuma influência ou mecanismo que emita ruído, seguiram com seus valores de ruído reduzindo.

O lado oeste, por não sofrer tanta influência do sistema de exaustão do motor do trator e da saída de ar da semeadora, tiveram valores de ruído elevados devido ao ruído do sistema como um todo, vindo a seguir a mesma tendência conforme houve o afastamento.

Para o lado leste, por sofrer influência do sistema de escape do motor e o duto de exaustão de ar do sistema de vácuo da turbina da semeadora, que se localizam à direita da máquina os valores de ruído foram maiores e se prolongaram por uma maior distância por todo o lado direito da máquina, como pode se comprovar nos mapas 2D e 3D deste implemento.

Em experimento de raio de afastamento realizado com o mesmo modelo de semeadora, Mion *et al.* (2009) verificaram que o ruído é mais forte até uma distância máxima de 4 metros, sendo recomendado ao trabalhador não ficar por muito tempo a este ruído

A correlação para este implemento foi considerada negativa muito forte para os quatro sentidos de afastamento, onde os valores de r de Pearson para os lados norte, sul, oeste e leste foram de -0,93, -0,94, -0,95 e -0,96, respectivamente. Isso mostrou uma grande relação entre as variáveis afastamento e ruído.

Com esses dados de raio de afastamento, pôde-se perceber a influência da determinação da distância mínima em que o trabalho de oito horas é considerado salubre sem o uso de protetores auriculares e a diferença entre os sentidos em que esse ruído se propaga.

5 CONCLUSÃO

O ruído, para as diferentes máquinas, se concentrou próximo ao escapamento das máquinas ou de partes que realizam algum tipo de movimento, como é o caso dos equipamentos acionados pela TDP. Por isso a importância de se saber quais os pontos em que há a maior incidência de ruído e qual o tempo máximo de exposição sem proteção nesses pontos.

Se faz necessário o uso de protetores auriculares, tanto para a saúde ocupacional, como para estender o tempo de exposição ao ruído no entorno da máquina ou no posto de operação, até mesmo para os tratores cabinados.

O conhecimento do raio de afastamento nas diferentes máquinas e implementos se torna importante para se determinar qual a distância mínima de exposição, bem como o sentido em relação à posição do trator em que se precisa de uma maior ou menor afastamento para uma jornada de trabalho.

O uso de ferramentas de mapeamento em duas ou três dimensões para a melhor visualização de dados são excelentes artifícios a se utilizar quando se necessitam de recursos gráficos para melhor entendimento e tomada de decisão no momento da utilização da máquina com ou sem equipamento.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Norma técnica ABNT NBR ISO 5131:2017. ABNT Catálogo. 2017. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=366418>. Acesso em 20 jul 2023.
- AALMO, G.O.; MAGAGNOTTI, N.; SPINELLI, R. Forest Workers and Steep Terrain Winching: the Impact of Environmental and Anthropometric Parameters on Performance. **Croatian Journal of Forest Engineering**. 97-105. 2016.
- ALVES, A.D.S.; COSTA, F.R.L.; CORTEZ, J.W.; DANTAS, A.L.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.
- ARCOVERDE, S. N. S.; CORTEZ, J. W.; PITANGA JÚNIOR, C. DE O.; HIDEO DE JESUS NAGAHAMA, H. DE 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, jul.-set, 2011.
- BARICELO, L. G.; BACHA, C. J. C. Oferta e demanda de máquinas agrícolas no Brasil. **Revista de Política Agrícola** 22:67-83. 2013.
- BISTAFA, S. R. Acústica aplicada ao controle do ruído. 3.ed. **São Paulo**: Edgard Blucher. 368p, 2018.
- BONNET, F.; NÉLISSE, H.; NOGAROLLI, M.A.C.; VOIX, J. In-ear noise dosimetry under earplug: Method to exclude wearer-induced disturbances. **International Journal of Industrial Ergonomics**. 74, doi:10.1016/j.ergon.2019.102862. 2019.
- BORZ, S.A.; TALAGAI, N.; CHEȚA, M.; CHIRILOIU, D.; MONTOYA, A.V.G.; VIZUETE, D.D.C.; MARCU, M.V. Physical strain, exposure to noise and postural assessment in motor-manual felling of willow short rotation coppice: results of a preliminary study. **Croatian Journal of Forest Engineering**. 40, 377–388, doi:10.5552/crojfe.2019.550. 2019.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e do Emprego. **Norma Regulamentadora 15-NR15**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-15.pdf/view> acesso em 30 ago 2022.
- CARLIN, H. L. S. Estimacão dos Parâmetros de Semivariogramas Utilizando Algoritmos Genéticos. - **Universidade Estadual do Oeste do Paraná**. Cascavel, 2010. Disponível em: https://www1.portaldocampo.com.br/inovacoes/agric_precisao.htm Acesso em: 12 jan 2023.
- CHILES, J. P.; DELFINER, P. Geostatistics: modeling spatial uncertainty. 2a ed. **Wiley**, 2012. 734 p.

CUNHA, J. P. A. R. TEODORO, R. E. F. Avaliação do nível de potência sonora em derriçadores e pulverizadores motorizados portáteis utilizados em lavouras de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 71-77, 2006.

CUNHA, J. P. A. R.; 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**, vol. 39, núm. 4 pp. 348-355. 2009.

DA COSTA, B. A.; DE OLIVEIRA JÚNIOR G. G.; RAMIRIO, L. D., RAMOS, J. A.; DE OLIVEIRA APARECIDO, L. E.; MARTINS, K. M.; DO VALLE COUTINHO, P. R. Nível de Ruído Ocupacional em Atividades de Aplicação de Agrotóxicos Tratorizadas na Cultura do Cafeeiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 86141-86147, 2020.

DEBOLI, R.; CALVO, A.; PRETI, C. Whole-body vibration: Measurement of horizontal and vertical transmissibility of an agricultural tractor seat. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 58, p. 69–78, 2017.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS (DEPEC). Bradesco. **Tratores e máquinas agrícolas**. 2017. 47 p. Disponível em: https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_tratores_e_maquinas_agricolas.pdf. Acesso em: 26 nov. 2022.

EMAMI M.; ALMASSI M.; BAKHODA H.; KALANTARI I. Agricultural mechanization, a key to food security in developing countries: strategy formulating for Iran. **Agriculture & Food Security** 7:24. 2018.

FEITOSA, J. R. **Influência da pressão interna dos pneus e da velocidade nos parâmetros operacionais de um trator agrícola e nas propriedades físicas do solo**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

FORASTIERE, P. R. **Parâmetros de desempenho do trator agrícola modificado "Transformax"**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

GABRIEL FILHO, A.; LANÇAS, K. P.; LEITE, F.; ACOSTA, J. J. B.; JESUINO, P. R. Desempenho de trator agrícola em três superfícies de solo e quatro velocidades de deslocamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 333-339, 2010.

GAZZIONI, D. L. Como alimentar 10 bilhões de cidadãos na década de 2050? **Ciência e agricultura**. São Paulo, v. 69, n. 4, 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. São Paulo: Edgard Blucher, v. 1. 2005.

International Ergonomics Association. Disponível em <www.iea.cc/publication>
Acesso em: 28 Jan. 2023.

KILLESSE, R.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; 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**, v. 14, n. 3, p. 202-211, Viçosa, 2006.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem.** 5ª Ed. Artmed Editora. Porto Alegre. 327 p. 2005.

KUMAR, G. V. P.; DEWANGAN, K. N.; SARKAR, A. Noise exposure in oil mills. **Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine**, Mumbai, v. 12, n. 1, p. 23–28, abr. 2008. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2796776/>. Acesso em: 18 mar. 2023.

KURT, R.E.; MCKENNA, S.A.; GUNBEYAZ, S.A.; TURAN, O. Investigation of occupational noise exposure in a ship recycling yard. **Ocean Engineering**. 2017, 137, 440–449, doi:10.1016/j.oceaneng.2017.03.040.

LEITE, D. M. **Desempenho de um conjunto trator-grade em função da velocidade do trator, pressão interna e tipo de construção dos pneus.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

LIMA, J. S. S.; FERNANDES, H. C.; VITÓRIA, E. L. Determinação do nível de ruído e identificação da fonte e tratores florestais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 55-61, 1998.

LIN, Y.T.; CHEN, T.W.; CHANG, Y.C.; CHEN, M.L.; HWANG, B.F. Relationship between time-varying exposure to occupational noise and incident hypertension: A prospective cohort study. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. 226. 2020.

MADEIRA, Nildimar Gonçalves. **Segurança no trabalho nas operações com tratores agrícolas em regiões de Minas Gerais.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

MÁRQUEZ, L. **Tractores Agrícolas: Tecnología y Utilización.** Madrid: Blake y Helsey España S. L. Editores, 2012.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Econ. Geology**, 58: 1246-1266, 1963.

MEHTA, C.; SHYAM, H.; SINGH, P.; VERMA, R. Ride vibration on tractor-implement system. **Applied Ergonomics**, v.31, p. 323-328, 2000.

MEYER, W.; Compagnon, A. M.; LOPES, R. A. P. ARRIEL, F. H.; GUILHERME, I. H. Avaliação de Operadores e Técnicos de manutenção de máquinas agrícolas no setor canavieiro. **Multi-Science Journal** (ISSN 2359- 6902), v. 1, n. 3, p. 64-68,

2015.

MIALHE, L. G. Máquinas Motoras na Agricultura. **São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo**, v. 2, 1980. 366 p.

MIALHE, L. G. Maquinas Agrícola – Ensaio & Certificação. **Piracicaba: Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz**, 1996, 723 p.

MINETTI, L. J.; SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C.; FIEDLER, N.C.; BAÊTA, F.C. Avaliação dos efeitos do ruído e da vibração no corte florestal com motosserra. **Revista Árvore**. Viçosa, v.22, n.3, p.325-330, 1998. Disponível em: <<https://www.scienceopen.com/document?vid=298af931-da7e-4860-aa00-5cfd20c9cb3c>> acesso em 23 dez 2022.

MION, R. L.; VILIOTTI, C. A.; DANTAS, M. J. F.; NASCIMENTO, E. M. S. AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO DE UM CONJUNTO DE MECANIZAÇÃO TRATOR SEMEADORA ADUBADORA PNEUMÁTICA. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, [S. l.], v. 17, n. 2, 2009. DOI: 10.13083/reveng.v17i2.48. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/43>. Acesso em: 22 mar. 2023

MONTANHA, G.K.; GUERRA, S.P.S.; SANCHEZ, P.A.; HEUN, J. e LANÇAS, K.P. Consumo de combustível de um trator agrícola em função do tipo de solo e da pressão de inflação nos pneus utilizando o equipamento canteirador. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 44-59, 2012.

MONTEIRO, L. A. **Desempenho operacional e energético, segundo a norma OECD - CODE 2 de dois tratores agrícolas 4x2 TDA com motores de 132 kW em pista de concreto e solo agrícola**. 2011. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011

MONTEIRO, L. A.; ALBIERO, D. Segurança na operação com máquinas agrícolas. Fortaleza: **Imprensa Universitária da UFC**, 2013. 124 p.

NAGARAJ, T. S.; JEYAPPAUL, R.; MATHIYAZHAGAN, K. Evaluation of ergonomic working conditions among standing sewing machine operators in Sri Lanka, **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdam, v.70, p. 70-83, mar. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814118304888>. Acesso em: 03 jan. 2023.

NASKRENT, B.; GRZYWIŃSKI, W.; ŁUKOWSKI, A.; POLOWY, K. Influence of cutting attachment on noise level emitted by brush cutter during tending of young forests. **Croatian Journal of Forest Engineering**. 41, 129–135, 2020.

NERI, F.; LASCHI, A.; FODERI, C.; FABIANO, F.; BERTUZZI, L.; MARCHI, E. Determining noise and vibration exposure in conifer cross-cutting operations by using Li-Ion batteries and electric chainsaws. **Forests**, 9, 1–13, doi:10.3390/f9080501. 2018.

OLIVEIRA JÚNIOR, A.; ALVES, G.S.; CUNHA, J.P.A.R. Avaliação dos níveis de ruído emitido por um trator agrícola em diferentes operações mecanizadas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, vol.7, N.12; 2011.

PESSINA, D.; GUERRETTI, M. Effectiveness of hearing protection devices in the hazard reduction of noise from used tractors. *Journal of Agricultural Engineering Resource*, Silsoe, v. 75, p. 73-80, 2000.

ROZIN, D.; SCHLOSSER, J. F.; WERNER, V.; PERIN, G. F.; SANTOS, P. M. Conformidade dos comandos de operação de tratores agrícolas nacionais com a norma NBR ISO 4253. **Revista Brasileira em Engenharia Agrícola Ambiental**. [online]. vol.14, n.9, pp.1014-1019. 2010.

SANTOS, J. E. G.; SANTOS FILHO, A. G.; BÓRMIO, M. F. Conforto térmico: Uma avaliação em tratores agrícolas sem cabines. In: **SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Bauru, SP. 2004.

SCHAFFRATH, V. R.; TORMENA, C. A.; GONÇALVES, A. C. A.; JUNIOR, R. S. O. Variabilidade espacial de plantas daninhas em dois sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.11, n. 1, 2007.

SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H. Acidentes com tratores agrícolas: caracterização e prevenção. **Santa Maria**: UFSM, 2001.

SEGURANÇA e medicina do trabalho. 67. ed. **São Paulo**: Atlas, 2011.

SEIDMAN, M. D.; STANDRING, R. T. Ruído e qualidade de vida. **Jornal internacional de pesquisa ambiental e saúde pública**, v. 7, n. 10, pág. 3730-3738, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijerph7103730>> acesso em 10 de out 2022

SILVA, R. P.; BARICELO, L. G.; VIAN, C. E. F. Estoque brasileiro de tratores agrícolas: evolução e estimativas de 1960 a 2016. **Revista de Economia Agrícola** 62:21-34. 2015.

SILVEIRA, J. C. M. da, FERNANDES, H. C., RINALDI, P. C. N., MODOLO, A. J. Níveis de ruído em função do reio de afastamento emitido por diferentes equipamentos em uma oficina agrícola. **Engenharia na Agricultura**, v. 15, n.1, p.66-74, 2007.

SILVEIRA, J. C. M.; TIEPPO, R. C.; GABREL FILHO, A. Nível de ruído emitido por um conjunto motomecanizado na operação de preparo mínimo do solo. **Global Science and Technology**, Vol. 01, n. 08, p. 60 – 70, 2008.

SIMONE, M.; DRAGHI, L.; HILBERT, J.; COLLAZO, D. J. El tractor agrícola: fundamentos para su selección y uso. **Mendoza**: INTA, 2006

SOUZA, Z. M.; SOUZA, G. S., JUNIOR, J. M.; PEREIRA, G. T. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. **Revista Ciência Rural**. Santa Maria, v.44, n.2, 2014.

SRIOPAS, A.; CHAPMAN, R. S.; SUTAMMASA, S.; SIRIWONG, W. Occupational noise-induced hearing loss in auto part factory workers in welding units in Thailand. **Journal Occupational Health**. Tokyo, v. 59, n. 1, p. 55-62, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5388613/>. Acesso em: 13 abr. 2023.

TEIXEIRA, S. S.; MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V.; OLDONI, A. Caracterização da produção agroecológica do sul do Rio Grande do Sul e sua relação com a mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, [S.l.], v. 29. n. 1, p. 162–171. jan./mar. 2009. Disponível em: www.scielo.br/pdf/eagri/v29n1/a16v29n1. Acesso em: 22 dez. 2022.

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

TROMPETTE, N.; KUSY, A. Suitability of commercially available systems for individual fit test of hearing protectors. In: **INTERNOISE**, 2013, Innsbruck. Proceedings... Disponível em: http://www.hearingprotech.com/pdf/INRS_Testingof-commercially-available-systems-for-hearing-protector-based-on-individual-fittesting.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023.

VEIGA R. K.; MASIERO, F. C.; GONTIJO, L. A.; ODORIZZI, W. Multitarefa. Rev. **Cultivar Máquinas**, [s.l.], v.12, n. 142: 6-9, 2014.

VEIGA, R. K.; GONTIJO, L. A.; MASIERO, F. C.; VENTURI, J. Análise e distribuição espacial do ruído no posto de trabalho do operador e nas proximidades de máquinas agrícolas e florestais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 43-65, 2021. DOI 10.5902/1980509816116. Disponível em: <https://10.5902/1980509816116>. Acesso em: 12 mar 2022.

VIAN, C. E. F.; ANDRADE JÚNIOR, A.; BARICELO, L. G.; SILVA, R. P. Origens, Evolução e Tendências da Indústria de Máquinas Agrícolas. **RESR**, Piracicaba –SP, Vol. 51, nº4, p. 719-744. 2014.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística**: Curso de extensão universitária. Botucatu: UNESP, 166p. 1996.

VILAGRA, J. M.; GENZ, J. S. Dor e desconforto na operação de trator agrícola. **Federation Internationale D'Education Physique**. v. 79. Special Edition. p.149, 2009.

WANG, D.; ZHOU, M.; LI, W.; KONG, W.; WANG, Z.; GUO, Y.; ZHANG, X.; HE, M.; GUO, H.; CHEN, W. Occupational noise exposure and hypertension: the Dongfeng-Tongji Cohort Study. **Journal of the American Society of Hypertension**, United States, v. 12, n. 2, p. 71-79 e 5, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1933171117303832#!>. Acesso

em: 03 abr. 2023.

YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; ROSSONI, D. F.; PONCIANO, P. F.; LIMA, R.R.
Spatial variability of noise level in agricultural machines. **Engenharia Agrícola**,
Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 217-225, 2012.

APÊNDICE A – RESUMOS ESTATÍSTICOS E GEOESTATÍSTICOS DOS VALORES DE RUÍDO DOS TRATORES E EQUIPAMENTOS ACOPLADOS

A 950 (Trator “a”)

Output Grid

Minimum:	78.7250000345
Maximum:	98.8750000659
Mean:	86.7643644865
Median:	85.9663170651
Geometric Mean:	86.6566612914
Harmonic Mean:	86.5508914609
Root Mean Square:	86.8739621937
Trim Mean (10%):	86.5861801187
Interquartile Mean:	86.1534178739
Midrange:	88.8000000502
Winsorized Mean:	86.6382206536
TriMean:	86.2624951291
Variance:	19.0322657132
Standard Deviation:	4.3625985047
Interquartile Range:	5.74547868136
Range:	20.1500000314
Mean Difference:	4.88551695626
Median Abs. Deviation:	2.71560763313
Average Abs. Deviation:	3.43412454224
Quartile Dispersion:	0.033188310868
Relative Mean Diff.:	0.0563078746115
Standard Error:	0.043625985047
Coef. of Variation:	0.0502809941675
Skewness:	0.617339091619
Kurtosis:	2.82621816061

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	4.76017

BM 120 (Trator “b”)**Output Grid**

Minimum:	77.5750000416
Maximum:	100.099999961
Mean:	85.7866511044
Median:	85.2692420388
Geometric Mean:	85.683307546
Harmonic Mean:	85.581682382
Root Mean Square:	85.891712215
Trim Mean (10%):	85.6123246197
Interquartile Mean:	85.3496123326
Midrange:	88.8375000012
Winsorized Mean:	85.6287959846
TriMean:	85.4255263121
Variance:	18.0385233624
Standard Deviation:	4.24717828239
Interquartile Range:	5.13539601281
Range:	22.5249999194
Mean Difference:	4.73159419521
Median Abs. Deviation:	2.52193278375
Average Abs. Deviation:	3.29042745499
Quartile Dispersion:	0.0300026584964
Relative Mean Diff.:	0.0551553666485
Standard Error:	0.0424717828239
Coef. of Variation:	0.0495086150084
Skewness:	0.606447504476
Kurtosis:	3.14250149673

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	4.61386

BM 125i (Trator “c”)

Output Grid

Minimum:	77.724999966
Maximum:	100.607322825
Mean:	86.4338237154
Median:	85.4903251883
Geometric Mean:	86.3153785901
Harmonic Mean:	86.2000067017
Root Mean Square:	86.5553910676
Trim Mean (10%):	86.1724083604
Interquartile Mean:	85.7519649172
Midrange:	89.1661613956
Winsorized Mean:	86.2069962918
TriMean:	85.8254190112
Variance:	21.031943996
Standard Deviation:	4.58605974623
Interquartile Range:	5.62821541102
Range:	22.8823228593
Mean Difference:	5.03432120802
Median Abs. Deviation:	2.67117851838
Average Abs. Deviation:	3.53464407628
Quartile Dispersion:	0.0326610802376
Relative Mean Diff.:	0.0582448050036
Standard Error:	0.0458605974623
Coef. of Variation:	0.053058623917
Skewness:	0.85713809784
Kurtosis:	3.53188813697

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	5.22579

Motocultivador “d”

Output Grid

Minimum:	76.5499999692
Maximum:	92.8499998494
Mean:	82.579921156
Median:	81.7485206061
Geometric Mean:	82.5096859583
Harmonic Mean:	82.4409817492
Root Mean Square:	82.6516827078
Trim Mean (10%):	82.3758416746
Interquartile Mean:	81.9284062433
Midrange:	84.6999999093
Winsorized Mean:	82.4301409625
TriMean:	82.0154069884
Variance:	11.8584621372
Standard Deviation:	3.44361178666
Interquartile Range:	4.56025138016
Range:	16.2999998802
Mean Difference:	3.80153811297
Median Abs. Deviation:	2.12233291304
Average Abs. Deviation:	2.68640890806
Quartile Dispersion:	0.0277105415424
Relative Mean Diff.:	0.0460346541841
Standard Error:	0.0344361178666
Coef. of Variation:	0.0417003520765
Skewness:	0.855803977313
Kurtosis:	3.06018241664

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	2.96117

A 950 + Roçadora

Output Grid

Minimum:	86.6500000232
Maximum:	99.9500000058
Mean:	95.5261983504
Median:	95.8454795368
Geometric Mean:	95.489118063
Harmonic Mean:	95.4516287033
Root Mean Square:	95.5628655901
Trim Mean (10%):	95.6487051151
Interquartile Mean:	95.798763683
Midrange:	93.3000000145
Winsorized Mean:	95.6311644372
TriMean:	95.8087342904
Variance:	7.00740925568
Standard Deviation:	2.64715115845
Interquartile Range:	4.00406975445
Range:	13.2999999826
Mean Difference:	2.99271257289
Median Abs. Deviation:	2.00137710351
Average Abs. Deviation:	2.1598299785
Quartile Dispersion:	0.0209040823607
Relative Mean Diff.:	0.0313287100771
Standard Error:	0.0264715115845
Coef. of Variation:	0.0277112583162
Skewness:	-0.553222092883
Kurtosis:	2.63215727629

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	2.15552

A 950 + Enxada rotativa (abaixada e levantada)

Output Grid (ABAIXADA)

Minimum:	75.5999999992
Maximum:	99.9000000175
Mean:	85.1998722623
Median:	84.7533181222
Geometric Mean:	85.0220145884
Harmonic Mean:	84.8475298916
Root Mean Square:	85.3809172842
Trim Mean (10%):	84.9609650321
Interquartile Mean:	84.6467438552
Midrange:	87.7500000083
Winsorized Mean:	84.9880621301
TriMean:	84.6598148167
Variance:	30.8858913832
Standard Deviation:	5.5575076593
Interquartile Range:	7.80063835383
Range:	24.3000000183
Mean Difference:	6.2741373485
Median Abs. Deviation:	3.95038325062
Average Abs. Deviation:	4.44474590304
Quartile Dispersion:	0.0461210324459
Relative Mean Diff.:	0.0736402201308
Standard Error:	0.055575076593
Coef. of Variation:	0.0652290609333
Skewness:	0.527052611081
Kurtosis:	2.64040168866

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	7.44263

Output Grid (LEVANTADA)

Minimum:	76.0249999836
Maximum:	99.1999999789
Mean:	85.340849023
Median:	85.1412054673
Geometric Mean:	85.1869553494
Harmonic Mean:	85.0358424728
Root Mean Square:	85.4973991255
Trim Mean (10%):	85.1138569444
Interquartile Mean:	84.8574219206
Midrange:	87.6124999813
Winsorized Mean:	85.1375831087
TriMean:	84.9556835236
Variance:	26.7474200168
Standard Deviation:	5.17179079399
Interquartile Range:	7.33796139924
Range:	23.1749999953
Mean Difference:	5.8319655299
Median Abs. Deviation:	3.73038961071
Average Abs. Deviation:	4.12949485748
Quartile Dispersion:	0.043281503527
Relative Mean Diff.:	0.0683373272784
Standard Error:	0.0517179079399
Coef. of Variation:	0.0606015859134
Skewness:	0.536051955861
Kurtosis:	2.69495769837

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	6.6272

Motocultivador + Roçadora

Output Grid

Minimum:	77.4499999861
Maximum:	94.1639142871
Mean:	84.3147687335
Median:	83.5090750943
Geometric Mean:	84.2290520761
Harmonic Mean:	84.1448518893
Root Mean Square:	84.4019691178
Trim Mean (10%):	84.1529157851
Interquartile Mean:	83.7160504155
Midrange:	85.8069571366
Winsorized Mean:	84.2173914261
TriMean:	83.8137429162
Variance:	14.7136357382
Standard Deviation:	3.83583572878
Interquartile Range:	5.12503612258
Range:	16.713914301
Mean Difference:	4.29461487597
Median Abs. Deviation:	2.39788611534
Average Abs. Deviation:	3.0424644804
Quartile Dispersion:	0.0304631674049
Relative Mean Diff.:	0.0509354996815
Standard Error:	0.0383583572878
Coef. of Variation:	0.0454942329368
Skewness:	0.649888417733
Kurtosis:	2.72185940002

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	3.74429

A 950 + Distribuidor de corretivos

Output Grid

Minimum:	83.3750000109
Maximum:	101.40000003
Mean:	90.1129149623
Median:	89.3208276682
Geometric Mean:	90.0371797895
Harmonic Mean:	89.9629495648
Root Mean Square:	90.1901441325
Trim Mean (10%):	89.915126065
Interquartile Mean:	89.4274328403
Midrange:	92.3875000206
Winsorized Mean:	89.9825398389
TriMean:	89.5435500064
Variance:	13.9260482341
Standard Deviation:	3.73176208165
Interquartile Range:	5.03862689839
Range:	18.0250000194
Mean Difference:	4.14170192385
Median Abs. Deviation:	2.32635582812
Average Abs. Deviation:	2.95216275885
Quartile Dispersion:	0.0280643928259
Relative Mean Diff.:	0.0459612467933
Standard Error:	0.0373176208165
Coef. of Variation:	0.0414120671073
Skewness:	0.787996470658
Kurtosis:	2.9557970978

Gridding Rules

Gridding Method:	Kriging
Kriging Type:	Point
Polynomial Drift Order:	0
Kriging std. deviation grid:	no

Semi-Variogram Model

Component Type:	Linear
Anisotropy Angle:	0
Anisotropy Ratio:	1
Variogram Slope:	3.69181

A 950 + Semeadora

Output Grid

Minimum:	81.8000001553
Maximum:	101.299999995
Mean:	91.3321592151
Median:	91.0991864647
Geometric Mean:	91.2266112229
Harmonic Mean:	91.1215419682
Root Mean Square:	91.438084335
Trim Mean (10%):	91.2696579342
Interquartile Mean:	91.1263595999
Midrange:	91.5500000752
Winsorized Mean:	91.2993695218
TriMean:	91.1720011649
Variance:	19.36189616
Standard Deviation:	4.40021546745
Interquartile Range:	6.90664287022
Range:	19.4999998398
Mean Difference:	5.04879014291
Median Abs. Deviation:	3.4529640547
Average Abs. Deviation:	3.68789746571
Quartile Dispersion:	0.0378466391159
Relative Mean Diff.:	0.0552794348267
Standard Error:	0.0440021546745
Coef. of Variation:	0.0481781609596
Skewness:	0.189012208605
Kurtosis:	2.19149230849

Gridding Rules

Gridding Method: Kriging
Kriging Type: Point

Polynomial Drift Order: 0
Kriging std. deviation grid: no

Semi-Variogram Model

Component Type: Linear
Anisotropy Angle: 0
Anisotropy Ratio: 1
Variogram Slope: 5.04072

APÊNDICE B – CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE PRESSÃO SONORA (DECIBELÍMETRO)

