



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



PATRÍCIA ADRIANA MARQUES DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ERGONÔMICOS: RUÍDO, TEMPERATURA E
ILUMINAÇÃO NO POSTO OPERACIONAL DE TRATORES AGRÍCOLAS**

Botucatu

2017

PATRÍCIA ADRIANA MARQUES DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ERGONÔMICOS: RUÍDO, TEMPERATURA E
ILUMINAÇÃO NO POSTO OPERACIONAL DE TRATORES AGRÍCOLAS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Energia da Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos Santos

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO -
DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

A553a Andrade, Patrícia Adriana Marques de, 1990-
Avaliação de parâmetros ergonômicos: ruído, temperatura e iluminação no posto operacional de tratores agrícolas / Patrícia Adriana Marques de Andrade. - Botucatu: : [s.n.], 2017
96 p.: il., color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: João Eduardo Guarnetti dos Santos
Inclui bibliografia

1. Maquinas agrícolas - Medidas de segurança - Prevenção e Controle. 2. Controle de ruído. 3. Temperatura. 4. Iluminação. 5. Saúde do trabalhador - Prevenção e Controle. I. Santos, João Eduardo Guarnetti dos. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"


CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

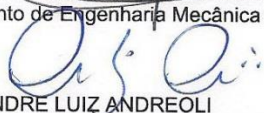
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ERGONÔMICOS: RUÍDO, TEMPERATURA E ILUMINAÇÃO NO POSTO OPERACIONAL DE TRATORES AGRÍCOLAS


AUTORA: PATRICIA ADRIANA MARQUES DE ANDRADE

ORIENTADOR: JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS
Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru


Prof. Dr. ANDRE LUIZ ANDREOLI
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Bauru/UNESP


Prof. Dr. RICARDO CARVALHO TOSIN
/ SABESP-Botucatu

Botucatu, 10 de novembro de 2017

Aos meus pais, por todo apoio e por não medir esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a **Deus** que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

A **minha família**, por sempre estar ao meu lado me apoiando em todos os momentos, sem vocês eu não seria nada.

Ao **Antonio**, por sempre estar ao meu lado e me incentivar a ser uma pessoa melhor e mais forte todos os dias, sem sua ajuda não teria chegado até aqui.

Ao **Professor Doutor João Eduardo Guarnetti dos Santos**, pela orientação, dedicação e compreensão durante esses dois anos e pela oportunidade profissional concedida.

À **UNESP – Fazenda Lageado, Campus de Botucatu**, pelo apoio em várias etapas da dissertação.

Aos **funcionários da Fazenda Lageado e Supervisão da Fazenda**, pela ajuda e disponibilidade para execução dos ensaios da pesquisa.

À **Capes** pela concessão da bolsa de estudos.

À todas as pessoas que colaboraram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

O surgimento de máquinas e implementos utilizados na agricultura mudou definitivamente as técnicas de produção em todo o mundo, de forma que o aumento da produtividade deste setor levou o homem a ser substituído pelas máquinas possibilitou o acesso a novas práticas na agricultura. A realização de uma operação segura com trator agrícola é essencial, sendo necessário que o operador tenha o conhecimento de medidas de segurança. Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar ruído, temperatura e iluminação como risco físico no interior da cabine de um trator, considerando os limites de tolerância permitidos pelas Normas Regulamentadoras 15 (Atividades e Operações Insalubres) e 17 (Ergonomia) evitando danos à saúde do operador. O experimento foi conduzido em duas pistas: de concreto comum e solo firme. A pista de concreto comum tem 100 metros de comprimento e 4 metros de largura, e a de solo firme 100 metros de comprimento e 6 metros de largura. Foi utilizado um trator agrícola 4x2 tração dianteira auxiliar com cabine e com potência de 88cv. O delineamento foi feito com a combinação de quatro marchas e três rotações. Para cada uma das combinações foi medido o ruído interno e externo, a temperatura e a taxa de luminosidade. O ruído interno foi obtido por meio de um decibelímetro alocado na altura do ouvido do operador. O ruído externo da cabine foi obtido por meio de um decibelímetro alocado no retrovisor na parte externa do trator. A temperatura foi obtida por meio de um registrador de temperatura com datalogger fixado próximo ao assento do operador, e a luminosidade foi obtida por um luxímetro posicionado no centro da cabine. Para o delineamento dos dados, utilizou-se um fatorial incompleto 5X4, sendo o primeiro fator a combinação de marchas (Estático, GI-4, GII-2, GII-3 e GII-4) e o segundo a rotação (máxima, 2300, 2000 e 1700). Os resultados obtidos em relação ao ruído mostraram que tanto o ruído externo quanto interno apresentaram em algumas combinações valores superiores aos 85dB(A), sendo um valor limite de tolerância para a exposição diária por 8 horas sem a utilização de EPI, delimitado pela norma como nível de tolerância de exposição ao ruído nos dois ensaios realizados. Os resultados ainda mostraram que esses valores, em sua grande maioria, se encontram nos valores obtidos do ruído externo. Os resultados obtidos para a temperatura no interior da cabine mostraram que a temperatura se manteve dentro

do valor delimitado pelas normas, sendo necessário em certos períodos do dia um tempo de descanso no próprio local de trabalho de acordo com as horas já trabalhadas. Os resultados obtidos para a iluminação nos mostram em como a falta de uma norma específica para a iluminação no interior de cabines de máquinas agrícolas ligado a uma má iluminação pode ocasionar a fadiga visual, provocando no operador a tensão e o desconforto.

Palavras-chave: limites de tolerância, riscos físicos, análise ergonômica.

ABSTRACT

The emergence of machines and implements used in agriculture has definitely changed production techniques of production in the whole world, so that increasing productivity in this sector has led man to be replaced by machines made access to new practices in agriculture. The accomplishment of a safe operation with an agricultural tractor is essential, and the operator must be aware of safety measures. This work was carried out with the objective of analyzing noise, temperature and illumination as a physical risk inside the cabin of a tractor, considering the limits of tolerance allowed by Regulators Norms 15 (Activities and Unhealthy Operations) and 17 (Ergonomics) avoiding damages to health the operator. The experiment was conducted on two tracks: common concrete and firm soil. The common concrete runway are 100 meters long and 4 meters wide, and the ground floor is 100 meters long and 6 meters wide. An agricultural tractor was used 4x2 auxiliary front wheel drive with cabin and with power of 88cv. The design was made with the combination of four gears and three rotations. For each of the combinations, internal and external noise, temperature and brightness were measured. The internal noise was obtained by means of a decibel meter allocated at the height of the operator's ear. The external noise of the cab was obtained by means of a decibel meter allocated in the rear view mirror on the outside of the tractor. The temperature was obtained by means of a datalogger temperature recorder fixed close to the operator's seat, and the luminosity was obtained by a luxmeter positioned in the center of the cabin. For the data design, an incomplete 5X4 factorial was used, the first factor being the combination of gears (Static, GI-4, GII-2, GII-3 and GII-4) and the second one the rotation (maximum, 2300, 2000 and 1700). The results obtained in relation 2to noise showed that both external and internal noise presented in some combinations values higher than 85dB (A), being a limit value of tolerance for the daily exposure for 8 hours without the use of EPI, delimited by the standard as Level of noise exposure tolerance in the two tests performed. The results showed that these values, for the most part, are found in the values obtained from external noise. The results obtained for the temperature inside the cabin showed that the temperature remained within the value delimited by the norms, being necessary in certain periods of the day a time of rest in the own place of work according to the hours already worked. The results

obtained for the illumination show us how the lack of a specific standard for the illumination inside cabins of agricultural machines connected to a bad illumination can cause the visual fatigue, provoking in the operator the tension and the discomfort.

Keywords: limits of tolerance, physical risks, ergonomic analysis.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.....	29
Tabela 2 - Os efeitos dos desvios da temperatura ambiental confortável.	39
Tabela 3 - Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço. ..	46
Tabela 4 – Taxa de metabolismo por tipo de atividade.	47
Tabela 5 - Capacidade visual em determinadas circunstâncias.....	48
Tabela 6 - Características técnicas de catálogo do trator utilizado no ensaio.....	56
Tabela 7 - Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.	66
Tabela 8 - Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.	67
Tabela 9 - Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.	70
Tabela 10 - Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.	73
Tabela 11 – Valores de iluminância (lux) coletados no interior da cabine durante o ensaio dinâmico.	80
Tabela 12 - Valores de iluminância (lux) coletados no interior da cabine durante o ensaio de rotação de trabalho.	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Efeito do ruído no organismo humano.	31
Figura 2 - Escala de ruídos, em decibéis (dB), com os níveis correspondentes das pressões sonoras e alguns exemplos típicos de ruídos.	33
Figura 3 - Protetor concha e protetor de inserção	35
Figura 4 - Determinação de visibilidade de um trator com e sem cabine.	49
Figura 5 - Pista de concreto.	54
Figura 6 - Pista de solo firme.....	55
Figura 7 - Trator utilizado para ensaio	55
Figura 8 - Medidor de nível de pressão sonora.	56
Figura 9 - Luxímetro digital.....	57
Figura 10 - Registrador de temperatura.	57
Figura 11 - Unidade Móvel de Ensaio da Barra de Tração – UMEB.	58
Figura 12 - Grade intermediária usada para ensaio.	59
Figura 13 – Decibelímetro na altura do ouvido do operador para coleta de dados. ..	60
Figura 14 – Decibelímetro fixado na parte externa do trator para coleta de dados. ..	61
Figura 15 - Registrador de temperatura fixado próximo ao corpo do operador.	62
Figura 16 – Pista do ensaio de rotação de trabalho.	63
Figura 17 – Pista do ensaio dinâmico.	63
Figura 18 – Luxímetro posicionado no centro da cabine.....	64
Figura 19 - Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.	67
Figura 20 - Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.	69
Figura 21 - Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.	72
Figura 22 - Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.	74
Figura 23 - Comparação da temperatura externa e umidade relativa com a temperatura interna da cabine do trator agrícola durante o ensaio dinâmico.....	76
Figura 24 - Comparação da temperatura externa e umidade relativa com a temperatura interna da cabine do trator agrícola durante o ensaio de rotação de trabalho.	77

LISTA DE ABREVIATURAS

ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
db (A)	Decibel, ponderação para curva A
EPI	Equipamento de Proteção Individual
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (°C)
NBR	Norma Brasileira da ABNT
NR	Norma Regulamentadora
PAIR	Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
PAIRO	Perda Auditiva Induzida pelo Ruído Ocupacional
UMEB	Unidade Móvel de Ensaio na Barra de Tração

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1	O estudo da ergonomia.....	26
2.2	Conceitos básicos de ruído	27
2.2.1	O ouvido humano	28
2.2.2	Perda da audição.....	29
2.2.3	Instrumento para medição de ruído	31
2.2.4	Ruído em máquinas	34
2.2.5	Protetores auditivos.....	35
2.2.6	Legislação sobre ruídos	36
2.3	Conforto térmico	37
2.3.1	Reações ao calor e ao frio	38
2.3.2	Efeito causado pelo excesso de calor	42
2.3.3	Equipamento para medir temperatura.....	44
2.3.4	Legislação sobre temperatura	45
2.4	Condições de iluminação	47
2.4.1	Efeito fisiológico da iluminação.....	49
2.4.2	Ofuscamento	50
2.4.3	Fadiga Visual	51
2.4.4	Legislação sobre iluminação	52
3	MATERIAL E MÉTODOS	54
3.1	Material.....	54
3.2	Métodos	59
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
4.1	Ruído	66

4.2	Temperatura.....	75
4.3	Iluminação.....	79
5	CONCLUSÃO.....	83
	Referências	84
	APÊNDICE A	89
	APÊNDICE B	93
	ANEXO A	95

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma variedade de máquinas agrícolas com diferentes funções e acessórios para oferecer ao usuário mais conforto e segurança. Com uma maior mecanização agrícola no campo, o desempenho de atividades dos operadores apresentaram maiores rendimentos em períodos mais adequados. O uso de tratores agrícolas gera ganhos na produtividade, mas a sua utilização acaba gerando grandes riscos a saúde física do operador.

A exposição por períodos considerados adequados dentro de Normas Regulamentadoras (NRs) contribui para minimizar riscos de acidente, doenças e condições inseguras entre as atividades executadas. Porém, ao analisarmos os riscos que os operadores estão expostos diariamente, é possível notar que a maioria está fora dos níveis considerados adequados.

A ergonomia é uma área de conhecimento que tem como objetivo analisar fatores de risco em diversas situações de trabalho, visando propostas de melhorias unindo o conforto, a segurança e a eficiência no trabalho.

Dentre vários critérios que retratam uma análise ergonômica a iluminação, o ruído e a temperatura como condição ambiental utilizada de forma incorreta refletem no ambiente e acabam afetando a saúde e eficiência dos operadores.

O ruído está presente na maior parte das atividades relacionadas à mecanização agrícola, sendo um agente físico potencialmente insalubre, o qual se torna o principal risco que o operador está exposto. Segundo o Ministério da Saúde de 2006, estima-se que 25% da população operadora exposta seja portadora de Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (Pair) em algum grau.

A NR 15 estabelece como limite de tolerância de até 8 horas diárias de trabalho, pois os tratores são emissores de altos níveis de ruído, de forma que os valores ultrapassam o que é exigido pela norma para exposição de até 85 dB(A).

Assim como o ruído, a temperatura do ambiente de trabalho exerce efeito não somente sobre o conforto, mas também sobre a saúde e o desempenho do operador. Nesses casos, deve existir um controle sobre a temperatura no posto de trabalho, dando ao operador conforto durante sua jornada de trabalho. A exposição

a altas temperaturas no posto de trabalho pode levar o operador a sofrer de stress, causando-lhe a queda de pressão que muitas vezes resultará em acidentes.

A iluminação quando em más condições podem acarretar diversos problemas no operador, de forma que pode diminuir sua produtividade, aumentará à probabilidade de erro potencializando os acidentes de trabalho, além de problemas de visão, como fadiga visual, anomalias visuais. Para uma boa operação agrícola, o operador precisa de uma perfeita visualização de todo o campo de trabalho, já que as condições de visibilidade estão diretamente relacionadas com a segurança e a produção.

Os ensaios realizados em tratores agrícolas auxiliam nas avaliações do desempenho operacional gerando dados para o dimensionamento correto de máquinas e implementos, sendo assim possível avaliar o nível de segurança e conforto do operador. É importante salientar que os ensaios devem estar em conformidade com órgãos de regulamentação e normas disponibilizadas para cada aspecto físico analisado.

Desta forma, a escolha pelos aspectos ergonômicos neste trabalho teve a finalidade de discutir melhores condições de desempenho de tarefas com conforto e segurança ao operador de máquina agrícola.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A qualidade de vida do trabalhador rural passou a melhorar após a chegada das primeiras máquinas no Brasil. De acordo com Monteiro (2013):

A agricultura mecanizada no Brasil evoluiu muito desde que as primeiras máquinas chegaram ao país, em meados da década de 30 do século passado. Em algumas décadas, o país passou da tração animal para a tração mecanizada, da subsistência para a economia de escala no campo para a agroindústria.

Com isso, para Monteiro o trabalho mais eficiente de forma que o agricultor passou a produzir mais e com condições de trabalho mais favoráveis.

Madeira (2011) considera o trator como a máquina mais importante no desenvolvimento do meio rural, trazendo altos rendimentos e melhorando a condição de trabalho, porém, considera o trator a mais perigosa das máquinas que o homem manuseia no campo o que contribui diretamente com o aumento nos índices de acidentes no trabalho.

No ambiente agrícola as atividades podem exigir elevado esforço físico do operador mesmo quando este emprega uma máquina. Fatores como a postura, ruído, vibração, poeira, temperatura, umidade, iluminação e outros podem estar presentes em intensidade e combinações que geram desgaste e fadiga tornando maior a propensão a acidentes (GIMENEZ, 2012).

A mecanização agrícola é de extrema importância para a alta demanda agrícola atual. O aumento das necessidades de produção associado à diminuição do crescimento da área disponível implica na melhoria e mecanização das técnicas, sendo necessário analisar todas as variáveis da mecanização (SILVESTRINI *et al.*, 2015).

Mesmo em operações com máquinas o operador está exposto ao esforço físico e com isso há um risco aumentado de ocorrência de distúrbios durante a jornada de trabalho, podendo ter como causa a fadiga dos tecidos, causando lesões (GIMENEZ, 2012).

2.1 O estudo da ergonomia

De acordo com a Associação Brasileira de Ergonomia (2017):

A ergonomia é definida como o estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente, objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas.

Segundo Lida (2016), a ergonomia é o estudo da adaptação do homem ao trabalho. Essa adaptação pode ocorrer antes do trabalho ser realizado ou dependendo da execução do trabalho, durante e após esse trabalho.

A ergonomia estuda vários aspectos: a postura e os movimentos corporais, fatores ambientais como o ruído, vibração, iluminação, clima, agentes químicos e informação, relações entre mostradores e controles, bem como cargos e tarefas (DUL e WEERDMEESTER, 2008).

Para Abrantes (2004), a análise ergonômica é importante:

[...] pois mostrará detalhes de como são e em que condições são realizados os trabalhos e em função dos resultados muita coisa poderá ser corrigida. Podemos afirmar que pequenas melhorias a um custo baixo trazem grandes resultados em ganho de produtividade e conforto para os operadores.

A ergonomia pode ser dividida em três áreas: ergonomia física, cognitiva e organizacional. A ergonomia física é caracterizada pela anatomia humana, através de fatores relacionados com a atividade física, como por exemplo, a postura no trabalho, manuseio de material, movimentos repetitivos, (IIDA, 2016).

A ergonomia cognitiva caracteriza-se de processos mentais, como a percepção, memória, raciocínio e resposta motora, relacionados com as interações entre as pessoas e outros elementos de um sistema (IIDA, 2016).

E por fim a ergonomia organizacional que se ocupa dos sistemas sócio-técnicos, abrangendo as estruturas organizacionais, como por exemplo, as comunicações, projeto de trabalho, programação do trabalho em grupo, teletrabalho e gestão de qualidade (IIDA, 2016).

Nas atividades laborais agrícolas ou de construções ocorre geralmente uma variedade de tarefas para cada operador, de forma que podem utilizar diversos tipos

de instrumentos, expostos a possíveis e frequentes mudanças climáticas nos ambientes de trabalho (FRANCESCHI, 2013).

Ainda segundo Franceschi, pode se afirmar que as aplicações da ergonomia nas atividades laborais efetuadas na agricultura são relativamente recentes se comparadas com as da indústria. Estas atividades em geral são árduas, executadas em posturas inconvenientes, frequentemente exigindo grandes esforços musculares e em determinados casos sob ambientes climáticos desfavoráveis.

O trabalho com tratores agrícolas é bastante árduo, porque o operador está sujeito a ruídos, vibrações, poeira, calor, intempéries e monotonia. O operador deve manter uma postura estável apesar de vibrar o tempo todo (IIDA, 2016).

2.2 Conceitos básicos de ruído

Som e ruído não são sinônimos. Segundo Gerges (2000), o ruído é apenas um tipo de som sendo associado a um som desagradável e indesejável, pois som pode ser definido como uma variação da pressão atmosférica dentro dos limites da amplitude e banda de frequência a resposta do ouvido humano.

Para a higiene ocupacional, costuma-se denominar de barulho todo som que é indesejável, portanto, o ruído e o barulho são interpretações subjetivas e desagradáveis do som (TOSIN, 2009).

O ruído pode ser considerado como som inútil ou indesejável que traz vários danos à saúde de qualquer pessoa, e principalmente àquelas que estão sujeitas diretamente no seu dia-a-dia com esse agente indesejável, levando com isso à perda da audição (POLETTTO FILHO, 2013).

De acordo com Gimenez (2012):

[...] em função da intensidade e do tempo de exposição ao ruído, operadores de máquinas podem sofrer danos irreversíveis com a perda da audição. Esses danos são em sua maioria imperceptíveis e quando detectados já podem estar em estágio avançado. Além de ser prejudicial à saúde, o ruído afeta negativamente o desempenho durante a operação, levando à fadiga, erros e favorecendo a ocorrência de acidentes.

2.2.1 O ouvido humano

O ouvido humano é responsável pela audição do ser humano e é um sistema bastante sensível e delicado, que nos permite perceber e interpretar o som. A audição humana é medida em unidades de ondas sonoras por segundo, expressa em Hertz (Hz) e se situam na faixa entre 20Hz e 20.000Hz. Os sons de baixa frequência são considerados graves e os de alta frequência, agudos (IIDA, 2016).

As ondas sonoras percorrem o ouvido externo até atingir o tímpano, provocando vibrações que por sua vez são transferidas para os três ossos do ouvido médio, que trabalham como uma série de alavancas, portanto, o ouvido médio atua como um amplificador (GERGES, 2000).

A percepção é muito simples, pois quanto mais alto for o som mais células auditivas são ativadas, pois o ouvido humano suporta ruídos continuamente sem causar nenhum desconforto. Porém, segundo Lida (2016) a exposição a ruídos acima de 90dB começam a provocar reações prejudiciais ao organismo, proporcionando um aumento do estresse e da fadiga, onde muitas vezes tarefas que exijam mais atenção sejam prejudicadas piorando após duas horas de exposição.

Para ABRAHÃO *et al.* (2009) algumas situações produzem níveis elevados de ruídos provocando vários efeitos negativos não somente para a saúde das pessoas, mas também para o desempenho do operador.

A exposição a ruídos muito elevada pode causar sérios danos a nossa saúde auditiva, como: fadiga auditiva, deterioração do aparelho auditivo, degeneração progressiva das células e em caso de destruição a perda é irreversível, pois as células não podem ser reparadas (GERGES, 2000).

A NR 15 (BRASIL, 2013) estabelece que ruído contínuo ou intermitente, tem o limite de tolerância mínimo de 85dB para oito horas de trabalho, e máxima tolerância com risco grave e iminente de 115dB (Tabela 1).

Tabela 1 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente.

Nível de Ruído dB(A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres (Anexo 1).

No momento em que os valores de ruídos ultrapassam a máxima exposição diária permissível pela norma regulamentadora, muitas vezes é necessário verificar as medidas de controle de ruído, podendo ser consideradas basicamente três: na fonte, na trajetória e no operador (IIDA, 2016).

2.2.2 Perda da audição

A perda auditiva induzida pelo ruído pode ser definida, segundo Martins (2000), como a perda auditiva induzida pelo ruído relacionado ao trabalho e, diferentemente

do trauma acústico, é uma diminuição gradual da acuidade auditiva, decorrente da exposição continuada a elevados níveis de pressão sonora.

De acordo com Mello (1999), a ação do ruído sobre a audição pode ocasionar uma perda auditiva por dois mecanismos: por exposição aguda – conhecida como trauma acústico – provocado por ruído repentino e de grande intensidade ou por exposição crônica – trata-se da perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR).

O trauma acústico ocorre devido à exposição a sons de curta duração e alta intensidade (explosões, detonações, estampidos de arma de fogo, etc.) podendo resultar em uma perda auditiva imediata, severa e permanente, onde todas as estruturas do ouvido podem ser lesadas (SALIBA, 2014).

A perda da audição temporária ocorre após a exposição a um ruído intenso por um curto período de tempo. Já a perda auditiva permanente ocorre devido à exposição repetida ao ruído excessivo podendo levar a uma perda auditiva irreversível – permanente. Como sua instalação é lenta e progressiva, a pessoa só se dá conta da deficiência quando as lesões já estão avançadas (MELLO, 1999).

Com o aumento da idade, segundo Grandjean (1998), o limiar de audição aumenta sucessivamente e as perdas auditivas são maiores na faixa de frequências altas e mais expressivas em homens.

Ainda segundo Grandjean (1998), repetidas exposições ao ruído capaz de produzir perdas temporárias podem gradualmente originar perdas permanentes e isso acarretará a perda da vitalidade das células.

A perda auditiva permanente é conhecida popularmente por “PAIR” (perda auditiva induzida por ruído), porém se o ruído for ocupacional pode ser chamada de “PAIRO” (perda auditiva induzida por ruído ocupacional) sendo mensurada determinando-se limiares auditivos em várias frequências por meio do exame conhecido como audiometria (SALIBA, 2014).

Para o Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva (2000), a perda auditiva induzida pelo ruído relacionada ao trabalho, diferencialmente do trauma acústico, é uma diminuição gradual da acuidade auditiva, decorrente da exposição

continuada a níveis elevados de ruído. A “PAIR” ainda não é considerada como reversível sob nenhum tratamento clínico ou cirúrgico (SALIBA, 2014).

Além da perda de audição, o corpo humano também pode sofrer com o efeito do ruído muito alto, como: pulsação, aumento da pressão sanguínea e estreitamento dos vasos sanguíneos (Figura 01). Um longo tempo de exposição a ruído alto pode causar sobrecarga do coração, causando mudanças de comportamento como: nervosismo, fadiga mental, além de prejudicar o desempenho no trabalho (GERGES, 2000).

Figura 1 - Efeito do ruído no organismo humano.



Fonte: Gerges (2000).

2.2.3 Instrumento para medição de ruído

Para a avaliação do nível de ruído em uma atividade laboral pode-se utilizar uma grande variedade de equipamentos, a escolha dependerá do dado que se deseja obter, assim como do tipo de ruído que se deseja avaliar (POLETTTO FILHO, 2013).

O ruído pode ser medido por medidores de nível de pressão sonora, popularmente chamados de “decibelímetro”, com escalas medidas em dB. De acordo com Saliba (2014), os medidores de nível de pressão sonora podem ser

encontrados com circuitos nas curvas de compensação A, B, C e D e resposta lenta e rápida, podendo os mais simples possuir somente leitura nas curvas A e C.

As curvas de compensação são circuitos eletrônicos de sensibilidade variável com a frequência, de forma a modelar o comportamento do ouvido humano, padronizadas e classificadas como A, B, C e D (GERGES, 2000).

Com base em estudos de pesquisadores sobre o assunto, chegou-se à conclusão de que a curva de compensação "A" é a que mais se aproxima da resposta do ouvido humano, sendo desta forma adotada para medir níveis de exposição ao ruído contínuo ou intermitente (POLETTI FILHO, 2013).

O medidor de pressão sonora é constituído das seguintes partes: microfone, amplificador, filtros de compensação e medidor. O microfone é o responsável por transformar a vibração sonora (sinal mecânico) em sinal elétrico (TOSIN, 2009).

Para uma melhor precisão na coleta de dados, é importante o instrumento estar calibrado. O calibrador – acústico utiliza uma fonte padrão que emite som na frequência de 1.000 Hz. O instrumento quando ajustado no microfone do medidor, apresenta o nível de pressão sonora de 94 dB, 114 dB ou outro valor, podendo variar a marca e o modelo do aparelho e sua precisão é, em média, de $\pm 0,5$ dB (SALIBA, 2014).

Ainda segundo Saliba (2014):

Os medidores de ruído e os calibradores devem ser calibrados e certificados em laboratórios especializados periodicamente da Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou do Instituto Nacional de metrologia, normalização e qualidade industrial (INMETRO), renovado no mínimo a cada dois anos.

Os níveis de ruído contínuos ou intermitentes, definidos pelo item 1 do Anexo I da NR 15, (BRASIL, 2013), serão medidos com instrumento de nível de pressão sonora operando no circuito de compensação "A", com resposta lenta "slow", entendendo-se como ruído contínuo ou intermitente todo aquele que não seja de impacto.

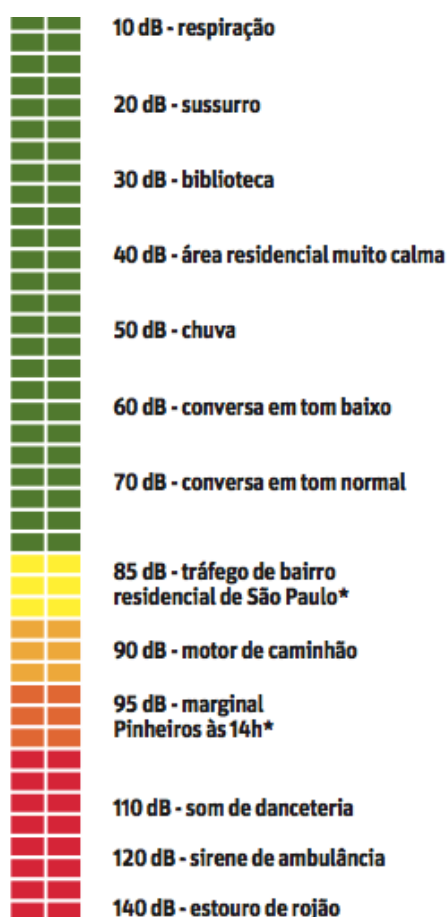
O ouvido não percebe as frequências de uma maneira linear, mas obedece à Lei de Weber, que relaciona o estímulo com a sensação, ou seja, as sensações como

cor, som, odor, dor variam como o logaritmo dos estímulos que as produzem (POLETTTO FILHO, 2013).

Para Saliba (2014) a variação de pressão deve possuir um valor mínimo para atingir o limiar da audibilidade, onde essa variação mostra a diferença instantânea entre a pressão atmosférica na presença e na ausência do som, em um determinado ponto.

O ouvido humano é sensível a estas oscilações em uma gama de frequências. A pressão sonora, mensurada em decibel (dB), quando acima de 65 dB apresenta efeitos fisiológicos no homem (Figura 02) (GIMENEZ, 2012).

Figura 2 - Escala de ruídos, em decibéis (dB), com os níveis correspondentes das pressões sonoras e alguns exemplos típicos de ruídos.



Fonte: Adaptado de Silveira (2010).

lida (2016) afirma que o tempo de exposição pode depender das frequências, pois para o mesmo nível, se a frequência aumentar, o tempo de exposição tende a diminuir. Neste caso, os riscos são maiores quando as faixas de frequência (Hz) vão aumentando (2 000 a 6 000 HZ) e tornando-se as faixas mais prejudiciais.

2.2.4 Ruído em máquinas

Nas últimas décadas, as máquinas agrícolas fabricadas no Brasil visando um maior desempenho operacional tiveram um grande aumento em relação a suas dimensões e potências que não correspondem com as condições de segurança do operador, estando exposto a fatores insalubres como o ruído (FERNANDES, 1993).

Para Odorizzi *et al.* (2014), a padronização da mecanização agrícola:

[...] trouxe vários benefícios como a otimização da produção e diminuição dos custos com mão de obra, porém criou novos problemas de saúde aos operadores decorrentes de inadequações ergonômicas e aumento dos acidentes de trabalho no campo.

A exposição a níveis elevados pode causar a perda permanente da capacidade auditiva, além de efeitos psico-fisiológicos negativos que acabam aumentando o risco de acidentes, já que o ruído é uma fonte causadora de estresse, sendo que a intensidade e o tempo de exposição a este fator afetam o desempenho do operador (CUNHA; DUARTE; RODRIGUES, 2009).

Para Gimenez (2012) nos tratores o nível pode ser superior a 85 dB sendo, portanto necessário o uso de protetores auriculares:

A utilização de cabines permite reduzir este nível de ruído assim como a alteração de aspectos construtivos como, por exemplo, a posição do escapamento do motor. Quando da aquisição de equipamentos que geram ruídos deve se verificar através do manual quanto à necessidade de uso do equipamento de proteção individual (EPI) adequado.

Segundo Baesso *et al.* (2008), a utilização de implementos tracionados, aumenta o nível de ruído devido as exigências de potência do motor. Nas máquinas acionadas pela tomada de potência, este aumento é causado, principalmente, pelos órgãos acionados.

Os fabricantes de equipamentos agrícolas direcionaram seus esforços para reduzir os níveis de ruído nas cabines de operação de tratores nos últimos anos.

Muitos fabricantes conceberam cabines de operação para tratores com níveis de ruído abaixo do nível seguro de 85 dB (CELEN; ARIN, 2003).

2.2.5 Protetores auditivos

O uso de protetores auriculares deve ser considerado o ultimo recurso de defesa do operador, quando todas as outras medidas se mostrarem ineficazes ou economicamente inviáveis (IIDA, 2014).

Segundo Saliba (2014), o controle do ruído por meio de protetores auriculares deve ser feito observando procedimentos mínimos, visando a obter maior eficácia nesse tipo de proteção. Dentre os fatores a serem considerados, destacam-se a seleção de protetores auriculares, o uso efetivo do EPI e sua vida útil. A seleção de protetores auriculares deve ser feita de acordo com o trabalho realizado, onde os equipamentos colocados no ouvido do operador que devem ser utilizados quando o ruído não estiver em níveis satisfatórios. Existem dois tipos de protetores: de inserção e concha (Figura 03).

Figura 3 - Protetor concha e protetor de inserção (plug).



Fonte: 3M(2017).



Fonte: 3M(2017).

A escolha do protetor auricular é fundamental, devendo ser observadas as vantagens e desvantagens de cada tipo, fator de proteção, entre outros (SALIBA, 2014).

O uso efetivo durante a exposição não implica a eliminação do risco do operador vir a sofrer diminuição da capacidade auditiva. Para serem eficazes, os protetores precisam ser utilizados de forma correta e obedecer aos requisitos mínimos de qualidade, além de levar em conta o tipo de ambiente ruidoso (GERGES, 2000).

A vida útil do EPI de acordo com a NR 6 (Equipamento de proteção individual) (BRASIL, 2013), tem cinco anos de validade para os equipamentos com laudos de ensaio que não tenham sua conformidade avaliada no âmbito do INMETRO. Todo EPI possui um CA (certificado de aprovação) que indica a validade do equipamento, devendo ser substituído pelo empregador sempre que danificado ou extraviado. A norma ainda certifica de que é da responsabilidade do empregador responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica dos EPI's e do empregado utilizar para finalidade correta e conservação.

2.2.6 Legislação sobre ruídos

De acordo com *Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) art. 189*:

[...] são consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos (BRASIL, 2013).

O trabalho em condições insalubres dá ao empregado o direito a um acréscimo salarial, chamado de “adicional de insalubridade”, onde serão fixados 10% (grau mínimo), 20% (grau médio) ou 40% (grau máximo) do valor do salário mínimo, de acordo com o grau de lesão ao operador (BRASIL, 2013). O fornecimento do equipamento de proteção individual (EPI) exclui o pagamento do adicional, devendo ser utilizado de forma correta, sendo eficaz ou neutralizando o problema.

A NR 15 dispõe o quadro de atividades e operações insalubres e estabelecem os critérios de caracterização da insalubridade, os limites de tolerância aos agentes agressivos, meios de proteção e o tempo máximo de exposição a esses agentes. São considerados agentes insalubres: ruído contínuo e intermitente, ruído de impacto, radiação ionizada, pressões hiperbáricas, radiações não ionizadas, poeiras minerais, calor, vibração, frio, umidade, agentes químicos e agentes biológicos (BRASIL, 2013).

O Anexo I da NR 15, apresenta os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, de forma que caracteriza como insalubridade a prática de atividades onde os operadores são submetidos à exposição ao ruído sem adequada proteção. Neste anexo, é possível observar a máxima exposição diária permissível de acordo com cada nível de ruído, não sendo permitida exposição a níveis de ruído acima de

115 dB (A) para operadores que não estejam adequadamente protegidos (BRASIL, 2013).

Ainda de acordo com a NR 15 (BRASIL, 2013), situações de exposição superiores ao limite exposto na norma, quando atestadas, são caracterizadas como insalubridade de grau médio.

A NR 17 define que as condições ambientais de trabalho devem estar adequadas às características psicofisiológicas dos operadores e à natureza do trabalho a ser executado (BRASIL, 2013).

Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes é recomendada como condição de conforto para os níveis de ruído o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO. Para as atividades não apresentam equivalência ou correlação com aquelas relacionadas na NBR 10152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB (A) (ABNT, 2002).

A NBR 10.152 dispõe em dB(A), os valores de ruído compatíveis com o conforto acústico em diversos ambientes, como por exemplo, hospitais, escolas, residências, escritórios, entre outros. É importante salientar que a norma não dispõe de valores de ruído para o interior de cabines de máquinas agrícolas (ABNT, 2002).

Em 2002, foi anulada e substituída a norma internacional IEC 60651 (Sound level meters), citada na Norma 10.152 como documento complementar para medições de ruído, sendo substituída pela IEC 61672. A IEC 61672 dispõe da aprovação de modelo de decibelímetro, fornecendo todas as especificações de um medidor de nível sonoro e ao procedimento de calibração além de também corrigir um dos problemas apresentados na norma anterior (IEC 60651), incluindo nos critérios de conformidades as incertezas de medição. Sua omissão comprometia o próprio critério de conformidade e punia os laboratórios de melhores capacidades, gerando menos incertezas (ABNT, 2002).

2.3 Conforto térmico

Os seres humanos têm uma grande capacidade de tolerar diferenças climáticas devido ao seu corpo sem pelo e a alta capacidade de suas glândulas sudoríparas.

Porém nem todas as condições climáticas são consideradas confortáveis ou adequadas a um trabalho eficiente (IIDA, 2016).

Frota e Schiffer (2010) afirmam que o organismo humano experimenta sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação.

Dessa forma, a primeira condição para se obter conforto térmico é que o corpo esteja em equilíbrio térmico, ou seja, a quantidade de calor ganho deve ser igual à quantidade de calor cedido para o ambiente (SOUSA, 2014).

A temperatura corporal interna do homem é mantida constante, a aproximadamente 37°C, por meio de mecanismos termoregulatórios, fazendo com que o corpo humano se mantenha sempre aquecido e pronto para o trabalho, sem depender da temperatura externa, para esse aquecimento (IIDA, 2016).

Ainda segundo Frota e Schiffer (2010) a termorregulação por ser o meio natural de controle de perdas de calor pelo organismo, representa um esforço extra e conseqüentemente uma queda na potencialidade do trabalho.

As condições no interior da cabine do trator têm um impacto significativo sobre o desempenho do operador, refletindo sobre o resultado total no sistema homem-trator-ambiente (RUZIC, 2011).

Para Gimenez (2012):

Ao longo de um dia de trabalho as temperaturas podem oscilar de modo expressivo em função da região e época do ano. Para atenuar este efeito podem ser utilizados desde anteparos simples para proteger o operador do vento e radiação solar até cabines com controle automático da temperatura fundamental nas condições extremas.

2.3.1 Reações ao calor e ao frio

Quando a temperatura sobe mais do que o considerado ótimo de conforto, surgem perturbações que primeiro atingem a percepção subjetiva e mais tarde prejudicam a capacidade física de produção do operador (Tabela 2) (GRANDJEAN, 1998).

O organismo aciona vários mecanismos para possibilitar o equilíbrio térmico no corpo humano. Lida (2016) afirma que durante o frio, o organismo pode acelerar o metabolismo para produzir mais calor, ocorrendo durante os “tremores”, quando a musculatura atua para produzir mais calor.

Tabela 2 - Os efeitos dos desvios da temperatura ambiental confortável.

20°C	1. Temperatura confortável	Capacidade de produção total
	2. Desconforto Irritabilidade aumentada Falta de concentração Queda de capacidade para trabalhos mentais	Perturbações psíquicas
	3. Aumento das falhas de trabalho Queda de produção para trabalhos de destreza Aumento de acidentes	Perturbações psicológicas e fisiológicas
	4. Queda de produção para trabalhos pesados Perturbação do equilíbrio eletrolítico Fortes perturbações do coração e circulação Forte fadiga e ameaça de esgotamento	Perturbações fisiológicas
35 - 40°C	5. Limite máximo de temperatura suportável	

Fonte: Adaptado de Grandjean (1998).

Segundo Frota e Schiffer (2010):

Quando as perdas de calor são inferiores às necessárias para a manutenção de sua temperatura interna constante, o organismo reage por meio de seus mecanismos automáticos, proporcionando condições de troca de calor mais intensa entre o organismo e o ambiente e dessa forma ocorre à redução de combustão interna (termólise).

O trabalho pesado gera muito calor por processos metabólicos, pois em ambientes quentes o organismo recebe uma carga adicional de calor por convecção e radiação. Porém, por outro lado, o único mecanismo disponível para eliminar o calor do corpo é a evaporação do suor (IIDA, 2016). Nestes casos, qualquer desequilíbrio pode elevar a temperatura do corpo, que pode ser perigoso para a saúde.

O trabalho em ambientes extremamente frios se constitui num risco potencial à saúde dos operadores, podendo causar desconforto, doenças ocupacionais, acidentes e até mesmo morte (MATOS, 2007).

Quando as condições ambientais proporcionam perda de calor do corpo além das necessárias para a manutenção de sua temperatura interna, o organismo reage por meio de seus mecanismos buscando reduzir as perdas e aumentar as combustões internas (FROTA; SCHIFFER, 2010).

De acordo com Iida (2016) o clima frio exige maior esforço muscular, pois operadores em frigoríficos com temperaturas entre 0 e 10°C queixam-se principalmente do frio nas mãos e dedos (89%), punho (58%), dedos dos pés (59%) e ombros (52%).

O frio, à medida que vai se tornando mais intenso, vai gradativamente afetando o conforto e a eficiência do operador, podendo chegar a ameaçar a saúde do operador (PADILHA, 2014). Ainda segundo Padilha (2014), à medida que caem as temperaturas, a palidez inicialmente observada nas extremidades dos membros, toma conta dos membros inteiros ocasionando a queda da temperatura corporal abaixo de 35°C.

A água é 25 a 30 vezes mais condutiva de calor que o ar, significando que o operador em tempo úmido pode perder de 25 a 30 vezes mais calor do corpo do que se tivesse seco. As lesões produzidas pela ação do frio afetam principalmente as extremidades e áreas salientes do corpo, como pés, mãos, face e outras (MATOS, 2007).

As principais doenças dermatológicas causadas pelo frio são: ulcerações, frostbite, pé de imersão, fenômeno de Raynaud, entre outros. As ulcerações são feridas, bolhas, rachaduras e necrose dos tecidos superficiais podem ainda ocorrer,

como consequência das lesões anteriores, resultantes da exposição ao frio intenso (PADILHA, 2014).

A frostbite é uma lesão que atinge predominantemente as extremidades, devido à intensa vasoconstrição periférica e à deposição de micro cristais nos tecidos quando a região exposta entra em contato com temperaturas abaixo de -2°C (MATOS, 2007). O pé de imersão é um fenômeno frequente quando os operadores permanecem com os pés umedecidos ou imersos em água fria por longos períodos. O sangue acaba estagnando e produzindo anoxia dos tecidos e paralisação dos pés e das pernas (PADILHA, 2014).

O fenômeno de Raynaud é um dano causado pelo frio e pode estar associado a outras patologias como esclerose sistêmica. O fenômeno de Raynaud também pode ocorrer pela exposição à vibração, em operadores de martelotes pneumáticos (MATOS, 2007).

A capacidade de resistir ao frio irá depender de fatores físicos e subjetivos do indivíduo, apesar de certos aspectos como raça, tipo físico e alimentação irão ajudar na “sensação” de frio que o indivíduo sente (PADILHA, 2014).

A fadiga física faz parte do processo normal de metabolismo, sendo resultante do trabalho excessivo do aparelho termorregulador, pela existência de condições ambientais desfavoráveis, tanto em relação ao frio quanto ao calor (FROTA; SCHIFFER, 2010).

As vestimentas representam uma barreira para as trocas de calor por convecção, que mantem uma camada mesmo que mínima de ar parado dificulta as trocas por convecção e radiação. Considerada como variável pessoal, a resistência térmica das roupas depende do tipo de vestimenta, do material e da espessura dos tecidos com que é confeccionada, a roupa utilizada pode ser responsável por uma considerável resistência às trocas de calor entre a pele e o ambiente (SOUSA, 2014).

De acordo com Frota e Schiffer (2010) a vestimenta adequada será função da temperatura média do ambiente, do movimento do ar, do calor produzido pelo organismo e, em alguns casos, da umidade do ar e da atividade a ser realizada pelo operador. As autoras ainda afirmam que a vestimenta ainda pode reduzir o ganho de

calor relativo à radiação solar direta, as perdas em condições de baixo teor de umidade e o efeito refrigerador do suor.

Para trabalhos realizados a baixas temperaturas, o projeto das roupas adequadas para essas condições ambientais extremas não é algo simples de ser solucionado. Iida (2016) afirma que as roupas isolantes para se proteger do frio e da umidade acabando inibindo a transpiração e após algum tempo de uso, acabam se tornando incomodadas.

De acordo com a NR 6 (BRASIL, 2013), o fator de segurança decisivo na realização dos trabalhos em baixas temperaturas é a utilização de todos os equipamentos de proteção individual, sendo eles proteção da cabeça, crânio, pescoço e do tronco, proteção dos membros superiores, proteção dos membros inferiores e proteção de corpo inteiro.

A proteção de cabeça, crânio, pescoço e tronco consiste na utilização de capuz de segurança contra riscos de origem térmica e vestimenta de proteção ao tronco. A proteção dos membros superiores consiste na utilização de luva de segurança para proteção contra agentes térmicos (BRASIL, 2013).

A proteção dos membros inferiores consiste na utilização de calçado, meia e calça de segurança para proteção dos pés contra baixas temperaturas. E por fim, a proteção de corpo inteiro que consiste em um conjunto de segurança composto por calça e blusão ou mesmo jaqueta ou paletó, cuja função é a proteção tanto do tronco quanto dos membros inferiores e superiores contra agentes térmicos (BRASIL, 2013).

2.3.2 Efeito causado pelo excesso de calor

Um operador pode sofrer desidratação pelo excesso de suor e reposição insuficiente dos sais minerais. Em situações extremas, o mecanismo de termoregulação começa a falhar e a temperatura corporal pode subir até 41°C (IIDA, 2016).

A vasodilatação periférica permite o aumento de circulação de sangue na superfície do corpo, aumentando a troca de calor para o meio ambiente. O fluxo sanguíneo transporta calor do núcleo do corpo para a periferia, aumentando a rede de vasos, podendo ocorrer à queda de pressão (SILVA; AGUIAR; MOREIRA, 2010).

O risco de graves doenças provocadas pelo calor pode ser dramaticamente diminuído por meio de várias medidas para combatê-las, como a aclimação ao calor, controle da exposição ao estresse térmico e manutenção da hidratação (CARTER; CHEUVRON; SAWKA, 2010).

Diferentemente de agentes físicos como radiações e ruídos, o calor é mais difícil de ser avaliado com precisão, podendo ser classificado em índices de conforto térmico e índice de sobrecarga térmica (PADILHA, 2014).

Segundo Spillere e Furtado (2007) quando o calor transmitido pelo organismo ao meio ambiente é menor ao produzido e/ou recebido pelo metabolismo, o organismo propende a aumentar sua temperatura e para entrar em estado de hipertermia alguns mecanismos de defesa entram em ação, como a vasodilatação periférica que é a troca de calor entre o organismo e o ambiente e a ativação das glândulas sudoríparas para a transformação do suor de estado líquido em vapor.

Como consequência da hipertermia, o organismo pode se manifestar das seguintes formas: exaustão do calor, desidratação, câimbras, choque térmico e prostração térmica.

A exaustão do calor de acordo com Silva, Aguiar e Moreira (2010) é:

[...] a síncope pelo calor resulta da tensão excessiva do sistema circulatório, com perda de pressão e sintomas como enjoo, palidez, pele coberta pelo suor e dores de cabeça. Quando a temperatura corpórea tende a subir, o organismo sofre uma vasodilatação periférica, na tentativa de aumentar a quantidade de sangue nas áreas de troca. Com isso, há uma diminuição de fluxo sanguíneo nos órgãos vitais, podendo ocorrer uma deficiência de oxigênio nessas áreas, comprometendo particularmente o cérebro e o coração.

A desidratação acontece quando o corpo começa apresentar sinais de desconforto, como a sede, irritabilidade, sono e causam a diminuição da produção no trabalho. Isso acontece devida a falta de ingestão de água que não compensa a perda ocasionada pela urina ou suor exalado (SILVA; AGUIAR; MOREIRA, 2010).

As câimbras são devidas à perda excessiva de cloreto e sódio pelos músculos em consequência de sudorese intensa e caracterizam-se por espasmos dolorosos e violentos, nos músculos mais solicitados durante o esforço físico (PADILHA, 2014).

No choque térmico o corpo perde uma quantidade excessiva de líquido ou de sal por causa de transpiração precária e de reposição anormal de líquido, de forma que não há líquido suficiente no corpo para manter a circulação para todos os órgãos. Como característica, a pessoa torna-se irritável e sofre de considerável fraqueza muscular (SALIBA, 2014).

A prostração térmica ocorre devido a um distúrbio circulatório, resultante da impossibilidade desse sistema compensar a solicitação excessiva a que fica submetido e seus sintomas variam desde dores de cabeça, tontura, mal-estar, fraqueza e até inconsciência (PADILHA, 2014).

Para Padilha (2014), o índice de conforto térmico é baseado em experiências subjetivas realizadas com indivíduos expostos a diferentes condições ambientais, sendo seguros para um trabalho contínuo de oito horas diárias. O índice de sobrecarga térmica permitem cálculos de períodos adequados de trabalho-descanso para os casos onde o calor ultrapassa os limites expostos na norma.

2.3.3 Equipamento para medir temperatura

Segundo Saliba (2014):

O índice de temperatura de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG) foi desenvolvido inicialmente como um método simples para avaliar a sobrecarga térmica em contingentes militares e permite também o cálculo de períodos adequados de trabalho-descanso, no caso em que o índice ultrapasse os limites estabelecidos.

De acordo com a NR 15 (BRASIL, 2013) são estabelecidos alguns instrumentos para fazer a medição da temperatura de calor, como o termômetro de globo que é utilizado para a medição de calor radiante (TG) na carga térmica do organismo acoplada a globo de cobre, o termômetro de bulbo úmido natural (Tbn) que consiste na escala de 0°C e 100°C, acoplado num recipiente com água destilada. Mede a capacidade de troca entre a pele e meio através a evaporação da água. Este é influenciado pela umidade relativa e pela velocidade do ar e o termômetro de bulbo seco (Tbs) que mede a capacidade de troca térmica entre a pele e o meio, através da condução, sendo influenciado pela velocidade do ar. Utilizado quando a situação térmica envolve carga solar, sua escala é de 0°C e 100°C.

2.3.4 Legislação sobre temperatura

A NR 15 – Atividades e Operações Insalubres – estabelece e define em seus anexos, os agentes considerados insalubres, limites de tolerância e os critérios técnicos e legais para avaliação e caracterização de atividades e operações insalubres e o adicional devido para cada caso (BRASIL, 2013).

O Anexo 03 – Limites de Tolerância para Exposição ao Calor – trata-se da caracterização da sobrecarga térmica visando à caracterização de atividades ou operações insalubres (BRASIL, 2013).

Silva, Aguiar e Moreira (2010) definem a sobrecarga térmica como:

[...] a quantidade de energia que o organismo deve dissipar para atingir o equilíbrio térmico. O organismo gera calor devido à atividade celular. Este calor é chamado calor metabólico e é a combinação de calor gerado pelo metabolismo basal e o resultante da atividade física.

A NR 15 (BRASIL, 2013) estabelece que a exposição ao calor deve ser avaliada através do "Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo" - IBUTG definido pelas equações que se seguem:

- a) Ambientes internos ou externos sem carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg} \quad [1]$$

- b) Ambientes externos com carga solar:

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg} \quad [2]$$

Onde:

tbn = temperatura de bulbo úmido natural

tg = temperatura de globo

tbs = temperatura de bulbo seco.

A NR 15 – Anexo 03 – define para avaliação de sobrecarga térmica a utilização do IBUTG. O IBUTG consiste na combinação dos valores coletados através do

termômetro de globo, do bulbo seco e bulbo úmido e na relação da carga ambiental (com carga solar ou sem carga solar) juntamente com a carga da atividade executada pelo operador (BRASIL, 2013).

Segundo, o anexo 03 da NR 15, a obtenção dos limites de tolerância da exposição ao calor, distingue-se conforme o regime de trabalho. Para o regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de serviço os limites de tolerância para exposição ao calor são mostrados conforme a Tabela 03 (BRASIL, 2013).

Tabela 3 - Limites de Tolerância para exposição ao calor, em regime de trabalho intermitente com períodos de descanso no próprio local de prestação de serviço.

TIPO DE ATIVIDADE			
REGIME DE TRABALHO INTERMITENTE COM DESCANSO NO PRÓPRIO LOCAL DE TRABALHO (por hora)	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	até 30,0	até 26,7	até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2	acima de 31,1	acima de 30,0

De acordo com a NR 15, os períodos de descanso serão considerados tempo de serviço para todos os efeitos legais. A determinação do tipo de atividade (Leve, Moderada ou Pesada) é feita consultando-se a Tabela 04. Considera-se como local de descanso ambiente termicamente mais ameno, com o operador em repouso ou exercendo atividade leve (BRASIL, 2013).

Tabela 4 – Taxa de metabolismo por tipo de atividade.

Tipo de Atividade	Kcal/h
Sentado em repouso	100
TRABALHO LEVE	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco (ex.: datilografia).	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas (ex.: dirigir)	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços	150
TRABALHO MODERADO	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
TRABALHO PESADO	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá)	440
Trabalho fatigante	550

2.4 Condições de iluminação

A principal característica da iluminação é a produção dos reflexos que são levados ao olho humano através do nervo óptico e essas informações externas permitem que o cérebro consiga analisá-las e interpretá-las. Após interpretá-las, o cérebro consegue distinguir cores, formas, tamanhos e determinadas percepções dentro de um ambiente (VARGAS, 2017).

Para melhores condições de conforto em um ambiente de trabalho, a iluminação natural deve ser levada em conta ainda na etapa de concepção do projeto, para que deficiências dentro no espaço de trabalho sejam evitadas e que possam gerar futuramente incômodo para os operadores e evitando problemas de queda de produtividade e até mesmo acidentes de trabalho (PORTO; SILVÉRIO; SILVA, 2017).

Uma iluminação bem explorada pode transformar o ambiente, criando um clima diferenciado aos usuários. A iluminação sem dúvida é fundamental para o desempenho das atividades evitando cansaço físico e mental, pois é através dela que se tem a percepção visual de espaços e do objeto foco da atenção (ASSIS *et al.*, 2014).

O olho humano é suficientemente evoluído para atender plenamente às necessidades dentro do desenvolvimento do trabalho. Podem ser observados na Tabela 05, os cinco aspectos estratégicos nas tarefas visuais e sua relação com a capacidade humana (ROJAS, 1994).

Tabela 5 - Capacidade visual em determinadas circunstâncias.

Tarefas Visuais	Capacidade Visual
Tamanho e distância	Acuidade visual, qualidade da acomodação da visão binocular
Contraste: Luz Cor Ambiente	Sensibilidade à luz Visão de cor Resistência ao ofuscamento
Brilho (luminância): Iluminação Reflexão	Tamanho da pupila Transmissão ocular. Efeitos de adaptação causados pela idade.
Tempo	Tempo de percepção (0,1 a 0,3 s) Tempo de acomodação (0,5 s) Tempo de piscadela (10%)

Fonte: Adaptado Rojas (1994).

Para Gimenez (2012), quando a iluminação não é adequada o operador se desloca continuamente no posto de trabalho na busca por enxergar. Associado a isso há expressivo esforço mental, ambos causando fadiga. A execução de algumas atividades durante o dia podem ocasionar o ofuscamento da visão do operador e recomenda-se, a fim de evitar problemas de visão futuramente, a utilização adequada de EPI e óculos escuros.

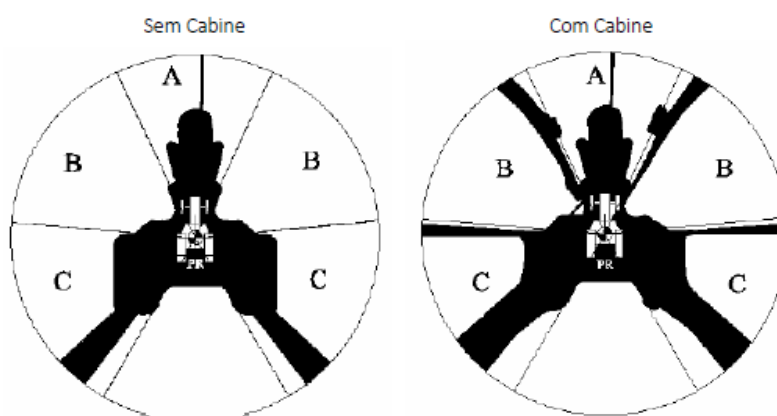
O campo de visão do operador pode ser prejudicado quando há muitas obstruções, como painéis e os pontos de apoio das cabines. Há variações entre os

modelos disponíveis e este pode ser um critério importante para seleção quando estão previstas operações em que a visibilidade não pode ser afetada (GIMENEZ, 2012).

A fim de evitar locais com iluminação inadequada, é necessário que alguns fatores como a luminância, ofuscamento, iluminação lateral e fatores de luz do dia sejam analisados. Essa análise, evitará esforços indesejados, além da diminuição de fadiga visual e cefaléias que interferem no desempenho do operador causando a diminuição da capacidade visual (ASSIS *et al.*, 2014).

As cabines trazem diversos benefícios ao operador, mas podem reduzir a visibilidade por obstruírem o campo de visão parcialmente. Na Figura 04 é apresentado o resultado de um ensaio para determinar a visibilidade de um trator com e sem cabine, onde as regiões em preto representam campos cegos, que o operador não enxerga de seu posto de trabalho (GIMENEZ, 2012).

Figura 4 - Determinação de visibilidade de um trator com e sem cabine.



Fonte: Adaptado Gimenez (2012).

2.4.1 Efeito fisiológico da iluminação

O nível de iluminamento interfere diretamente no mecanismo fisiológico da visão e também na musculatura que comanda os movimentos dos olhos. Dois fatores são considerados importantes e controláveis como a quantidade de luz e o tempo de exposição (IIDA, 2016).

Determinadas atividades exigem um nível de iluminação necessário para execução de tarefas e deve ser levada em conta a acuidade visual dos operadores.

Algumas variáveis como a faixa etária, o tempo de exposição a determinados objetos, a altura do plano de trabalho, o layout do ambiente, dentre outros, devem ser consideradas para que o nível de iluminação atenda as necessidades de cada tarefa (BERNARDO *et.al*, 2012).

Existem diversas tabelas de níveis de iluminação recomendadas para cada tipo de ambiente, de forma que a quantidade de luz no ambiente seja adequada ao trabalho realizado (IIDA, 2016).

Segundo Porto, Silvério e Silva (2017), uma vez que a iluminação do posto de trabalho deve ser bastante elevada, é importante que esta seja a mesma para o fator de reflexão das paredes, das máquinas e de outros equipamentos.

O tempo de exposição, para que um objeto possa ser discriminado, depende do seu tamanho, contraste e nível de iluminação. Na maioria dos casos, é suficiente o tempo de um segundo para que haja uma boa discriminação (IIDA, 2016).

A excessiva sobrecarga visual pode disparar diversas queixas, devido ao grande tempo de exposição. Com isso, ocorrem as manifestações que surgem em consequência de exclusiva e intensiva exigência de cada função do olho (GRANDJEAN, 1998).

Ainda segundo Grandjean (1998), as altas sobrecargas do aparelho visual devido ao tempo de exposição indevido podem trazer os seguintes efeitos sobre o trabalho profissional: diminuindo a produção, prejudicando a qualidade do trabalho, aumentando as falhas e aumentando a frequência de acidentes de trabalho.

2.4.2 Ofuscamento

De acordo com Iida (2016) o ofuscamento é uma redução da eficiência visual, provocado por objetos ou superfícies de grande luminância, presentes no campo visual a qual os olhos não estão adaptados. O ofuscamento pode ser produzido de diversas formas como por exemplo, a incidência direta de raios solares em janelas ou em superfícies polidas, além de presença de lâmpadas no campo visual.

Ainda de acordo com Iida (2016), existem vários níveis de ofuscamento, desde o desconforto até a incapacitação visual, onde o desconforto é provocado pela

presença de pontos luminosos brandos no campo visual que distraem a atenção e provocam fadiga de forma que não afetam o desempenho do operador.

Duas formas de ofuscamento podem causar incômodos: Ofuscamento direto, através de luz direcionada diretamente ao campo visual e ofuscamento reflexivo, através da reflexão da luz no plano de trabalho, direcionando-a para o campo visual. (ASSIS *et al.*, 2014).

Para reduzir o ofuscamento devem-se utilizar vários focos de luz, aumentar o nível de iluminação ambiental em torno da fonte de ofuscamento, para diminuir o brilho e evitar as superfícies refletoras, substituindo-as pelas superfícies difusas (ROJAS, 1994).

No que diz respeito ao contraste, pode-se afirmar que quanto maior o contraste, menos elevada é a iluminação necessária. O problema do contraste é particularmente importante. Com bastante frequência, os tratoristas queixaram-se de iluminações demasiado fortes, mas isto é por que os contrastes demasiadamente violento, por exemplo, o vermelho e o amarelo claro provocam ofuscamento, quando zonas muito iluminada ou muito refletora situam-se próximas a zonas escuras (ROJAS, 1994).

A medida mais eficaz para acabar com o ofuscamento é eliminar a fonte de brilho no campo visual e quando isso não for possível, porque a fonte é uma janela que reflete luz solar, pode-se mudar a posição do operador de forma que a janela fique de lado ou de costas para ele (IIDA, 2016).

2.4.3 Fadiga Visual

Excessiva sobrecarga visual podem disparar diversas queixas, que normalmente são atribuídas à fadiga visual. Dessa forma aparecem as primeiras manifestações em consequências de exclusiva e intensa exigência de cada função do olho (GRANDJEAN, 1998). De acordo com Iida (2016), a fadiga visual é causada principalmente pelo esgotamento dos pequenos músculos ligados ao globo ocular, responsáveis pela movimentação, fixação e focalização dos olhos,

A fadiga visual ocorre principalmente nos trabalhos que exigem grande concentração visual, como em microscópios, monitores, inspeção de peças e

revisões de texto. Para Lida (2016) alguns fatores como a má iluminação e fatores organizacionais (rigidez das rotinas e longos períodos de trabalho sem pausa) aumentam a fadiga visual.

Para Motta (2009) as consequências da fadiga afetam diretamente a qualidade do trabalho. Dentre elas, se destacam menores padrões de precisão e segurança, simplificação das tarefas, alteração na memória de curta duração e maior índice de erros.

A fadiga visual se manifesta por sensações doloridas de irritações, acompanhadas de lacrimação e avermelhamento das pálpebras e da conjuntiva, visão dupla, dores de cabeça, diminuição da força de acomodação e da força de convergência e diminuição da acuidade visual, da sensibilidade aos contrastes e da velocidade da percepção (GRANDJEAN, 1998).

A idade afeta a fadiga visual de diversas maneiras. Para Lida (2016), o poder de acomodação, para focalizar objetos próximos, reduz-se gradualmente devido ao endurecimento das lentes e com isso o foco vai aumentando gradativamente durante a vida.

Para evitar a fadiga visual, deve haver um cuidadoso planejamento de iluminação, assegurando a focalização do objeto a partir de uma postura confortável, além disso, deve se levar em conta a iluminação do fundo permitindo um descanso visual durante as pausas e aliviar o mecanismo de acomodação (IIDA, 2016). Recomenda-se que sejam feitas pausas frequentes mesmo que sejam de curta duração, como por exemplo, cinco minutos a cada hora.

2.4.4 Legislação sobre iluminação

De acordo com Brasil (2013), a Norma Regulamentadora 17 – *Ergonomia*:

[...] visa estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos operadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente incluindo aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho.

Um dos parâmetros que visa o conforto é a utilização adequada da iluminação. Segundo Brasil (2013) a NR 17:

[...] em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade. Quanto à iluminação natural, evidentemente a norma está se referindo a luz solar, que a princípio, se puder ser utilizada, resolverá os problemas de conforto ambiental nas mais diversas atividades de trabalho.

A norma ainda destaca que deve ser uniformemente distribuída e difusa e a iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos (BRASIL, 2013).

As medidas que a NR 17 traz em relação à iluminação são consideradas importantes principalmente em casos de má iluminação, pois a mesma pode causar fadiga ocular e prejudicar o sistema nervoso, aumentando o número de acidentes de trabalho (BERNARDO *et al.*, 2012).

Ainda segundo Bernardo *et al.* (2012):

[...] a quantidade de luminárias para atingir o nível de iluminação necessário à execução de tarefas deve ser determinada através de um projeto que leve em consideração a acuidade visual dos operadores de acordo com variáveis que devem ser levadas em consideração como sua faixa etária, as tarefas desenvolvidas, as dimensões do objeto a ser visualizado, o tempo de exposição do objeto ao olho, o pé direito do prédio, a altura do plano de trabalho, a reflexão do entorno, o contraste, o layout do ambiente, o tipo de lâmpadas, entre outros.

No entanto, na NR 17 não há indicação para avaliação ergonômica de tratores agrícolas, sendo necessária a adequação apropriada à natureza da atividade. Os níveis mínimos de iluminamento a serem observados nos locais de trabalho são os valores de iluminância estabelecidos na NBR 5413, norma brasileira registrada no INMETRO. Assim como a NR 17, a NR 15 não possui indicações de grau de insalubridade para avaliação de iluminação para tratores agrícolas, pois o Anexo 4 foi revogado pela Portaria n.º 3.751/1990 (BRASIL, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Material

O ensaio foi desenvolvido na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu – SP.

Os ensaios foram realizados em duas pistas: concreto comum (Figura 05) e solo firme (Figura 06). A pista de concreto comum têm 100 metros de comprimento e 4 metros de largura, e a de solo firme 100 metros de comprimento e 6 metros de largura.

O ensaio dinâmico foi realizado no dia 12 de setembro de 2016, no período da manhã, tendo início às 10h00 e término às 12h30min. No dia do ensaio a temperatura média foi de 23°C, com temperatura máxima de 31°C e temperatura mínima de 16°C, umidade média de 57% e radiação solar de 22,8 MJ/m².

O ensaio de rotação de trabalho foi realizado no dia 05 de outubro de 2016, no período da manhã, tendo início às 8h00 e término de 9h30min. No dia do ensaio a temperatura média foi de 18°C, com temperatura máxima de 24°C e temperatura mínima de 15°C, umidade média de 71% e radiação solar de 21,0 MJ/ m².

Os dados meteorológicos de ambos os ensaios foram obtidos na Estação Meteorológica Lageado. Em ambos os ensaios não houve previsão de chuva no dia anterior e no dia em que ocorreu o ensaio.

Figura 5 - Pista de concreto.



Figura 6 - Pista de solo firme.



As coordenadas geográficas da área experimental onde se encontra a pista são: 22°51'S e 48°25'W e a altitude do local é de 770 metros.

Foi utilizado um trator agrícola (Figura 07) 4x2 tração auxiliar dianteira, cabinado, transmissão mecânica possui 12 marchas sincronizadas à frente e 12 à ré, em 3 gamas de velocidades, ensaiado com diferentes combinações de marcha com potência (Tabela 06), utilizando conjunto de pneus dianteiros Fate 14.9-26 e traseiros Fate 23.1-30. O trator estava com 1024,5 horas de trabalho.

Figura 7 - Trator utilizado para ensaio (FCA/Botucatu).



Tabela 6 - Características técnicas de catálogo do trator utilizado no ensaio.

Número de cilindros	4 (3908)
Aspiração	Turbo
Bomba injetora	Delphi
Potência máxima	88 cv (a 2.400 rpm)
Reserva de torque	-
Rotação nominal	2400
Transmissão	Sincronizada
Número de marchas	12 a frente e 12 a ré
Velocidade	a 2.199 rpm do motor
Bloqueio de Diferencial	Mecânico
Embreagem	mecânico
Distância entre os eixos	2150mm
Comprimento total	3900mm
	2700

O medidor de nível de pressão sonora (Figura 8) utilizado foi o modelo DEC 300, fabricado pela Instrutherm. Suas principais características são: display de cristal líquido com 4 dígitos, microfone de eletreto condensado de ½ polegada, com precisão de $\pm 3,5$ dB, com faixa de leituras de 40 a 130 dB, ponderação de frequência A, ponderação de tempo FAST e desligamento automático: O medidor desliga automaticamente após aproximadamente 15 minutos de inatividade.

Figura 8 - Medidor de nível de pressão sonora, modelo DEC 300.

Fonte: Instrutherm (2017).

O luxímetro digital (Figura 9) utilizado foi o modelo LD. 209, fabricado pela Instrutherm. Possui display de cristal líquido de 3 ½ dígitos, escala de 0 a 100.000 lux em 3 faixas, precisão de $\pm 5\% + 2$ dígitos, função *data hold* para congelamento de dados no display e fotocélula com correção para sensibilidade de olho humano.

Figura 9 - Luxímetro digital, modelo LD 209.



Fonte: Instrutherm (2017).

O registrador de temperatura com datalogger (Figura 10) utilizado foi o modelo AK168, fabricado pela Akso. Possui display de cristal líquido, com faixa de medição de -30 a 60°C , precisão de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Seu visor LCD indica: temperatura atual, número de registros coletados, hora, data, temperatura máxima, temperatura mínima, alarme de alta e alarme de baixa e intervalo configurável entre registros de 10 seg. a 24h. Possui software próprio para a transferência de dados.

Figura 10 - Registrador de temperatura, modelo AK 168.



Fonte: Akso (2017).

Os certificados de calibração do registrador de temperatura são apresentados no anexo. O medidor de pressão sonora e o luxímetro utilizado são novos e calibrados.

Para aquisição de dados dinâmicos foi utilizado a Unidade Móvel de Ensaio da Barra de Tração (UMEB) (Figura 11). O equipamento foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrônômicas - UNESP de Botucatu para realizar ensaios de tratores em solo agrícola, porém os ensaios podem ocorrer em diversos tipos de pista.

Figura 11 - Unidade Móvel de Ensaio da Barra de Tração – UMEB.



De acordo com Gabriel Filho *et. al.* (2008):

[...] construída a partir de um reboque - “trailer”-, a UMEB foi adaptada para servir como carro dinamométrico instrumentado, utilizado na avaliação do desempenho de tratores submetidos a ensaios na barra de tração. Sua massa total é de 10.500 kg sustentados por um conjunto de seis rodados pneumáticos. Ensaios de campo mostraram que a UMEB proporcionou força de tração acima de 35 kN, mantendo-a constante, em diferentes condições de superfície do solo, mesmo quando a velocidade de deslocamento foi modificada.

Para aquisição de dados em rotação de trabalho foi utilizado uma grade intermediária (Figura 12) de 12 discos recortados com 28 polegadas cada com largura de corte de 1600mm.

Figura 12 - Grade intermediária usada para ensaio (FCA/Botucatu).



3.2 Métodos

Nas medições de ruído utilizou-se o circuito de compensação “A” do medidor de nível de pressão sonora. Dessa forma, os valores medidos em dB(A) representam o valor de pressão sonora equalizado de acordo com a curva “A” do aparelho e resposta lenta (slow). A curva é padronizada internacionalmente pela norma IEC 61672-1 da International Electrotechnical Commission de 2002, sendo dentro da faixa audível ao ouvido humano. O aparelho possui faixa de leituras de 40 a 130dB que realiza leituras pontuais além de apresentar a máxima e a mínima.

Para o ensaio dinâmico, a medição do ruído dentro da cabine apresentado nos tratores durante os ensaios foram feitas na altura do ouvido do operador (Figura 13) de acordo com a NR 15, na direção da fonte sonora de maior intensidade, onde foram coletadas quatro amostras de cada combinação de marcha com a potência em intervalos regulares de 15 em 15 segundos.

Figura 13 – Decibelímetro na altura do ouvido do operador para coleta de dados.



Foram usadas quatro condições para coleta de ruído nas máquinas agrícolas com as seguintes variáveis:

- a) Gama I – 4: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300 e 2000 RPM).
- b) Gama II – 2: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300 e 2000 RPM).
- c) Gama II – 3: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300, 2000 e 1700 RPM).
- d) Gama II – 4: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300, 2000 e 1700 RPM).

A medição de ruído externo apresentado nos tratores foi feita com o medidor de nível de pressão sonora fixado na parte de fora (Figura 14) e assim como na medição interna, foram coletadas quatro amostras de cada combinação de marcha

com a potência em intervalos regulares de 15 em 15 segundos com as mesmas variáveis citadas.

Figura 14 – Decibelímetro fixado na parte externa do trator para coleta de dados.



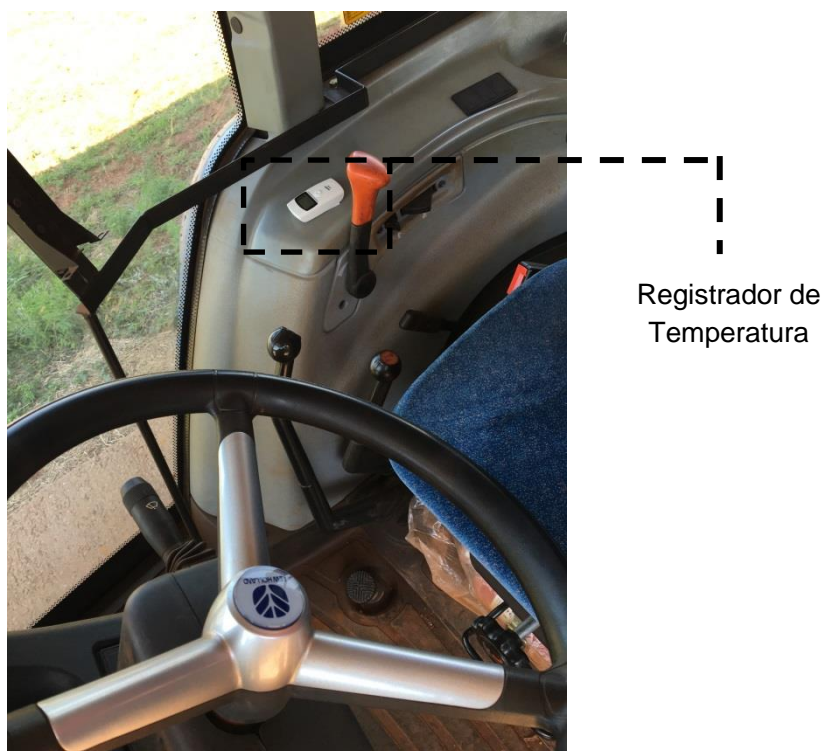
Para o ensaio em rotação de trabalho foi acoplado uma grade intermediária e para a medição de ruído repetiu-se a mesma metodologia utilizada no ensaio dinâmico. Foram usadas três condições para coleta de ruído nas máquinas agrícolas com as seguintes variáveis:

1. Gama I – 4: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300 e 2000 RPM).
2. Gama II – 2: máquina com motor em rotação (rotação máxima, 2300 e 2000 RPM).
3. Gama II – 3: máquina com motor em rotação (rotação máxima de 2300, 2000 e 1700 RPM).

A medição de ruído externo no ensaio em rotação de trabalho utilizou-se a mesma metodologia para o ensaio dinâmico, com as mesmas variáveis citadas anteriormente.

Para as medições de temperatura dentro da cabine apresentadas nos tratores durante os ensaios foi utilizado um registrador de temperatura fixado próximo ao assento do operador (Figura 15) dentro da cabine. O aparelho ficou dentro da cabine durante todo o ensaio dinâmico e em rotação de trabalho e foi programado para registrar a temperatura de 10 em 10 minutos. Ao final dos ensaios, o aparelho apresentou à máxima e mínima registrada no interior da cabine.

Figura 15 - Registrador de temperatura fixado próximo ao corpo do operador.



Para as medições de iluminação dentro da cabine apresentado no trator durante os ensaios utilizou-se o luxímetro na faixa 2000 lux para todo o ensaio dinâmico e faixa 10000 lux para todo o ensaio em rotação de trabalho para reconhecimento da iluminância interna da cabine. Foi estabelecido um ponto em cada pista de ensaio (Figuras 16 e 17), onde a cada volta completada pelo trator, foram medidos os níveis de iluminamento sempre no mesmo local.

Figura 16 – Pista do ensaio dinâmico.

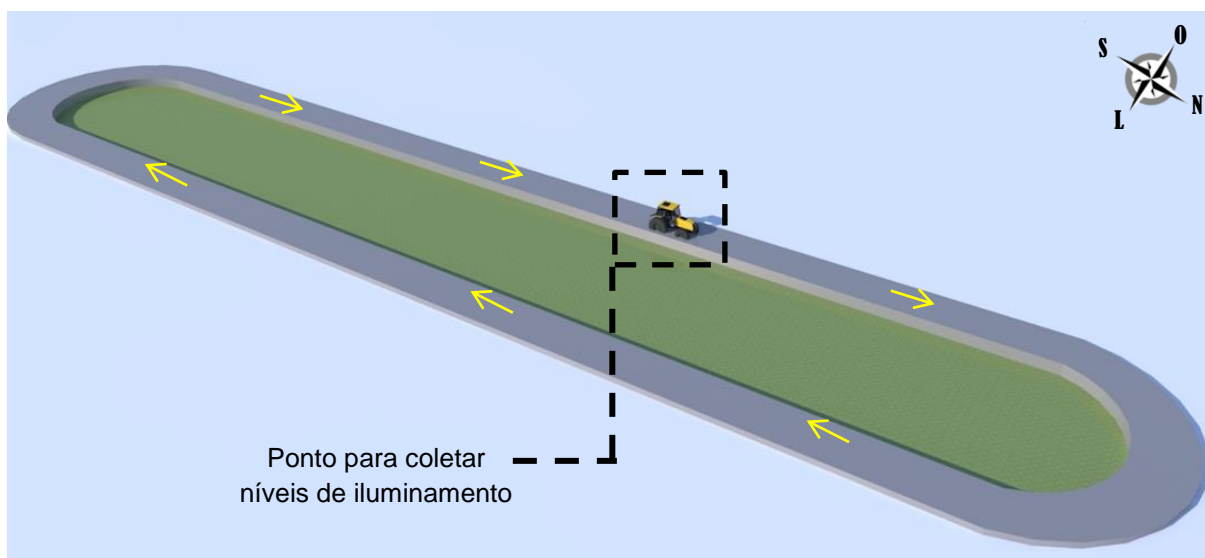
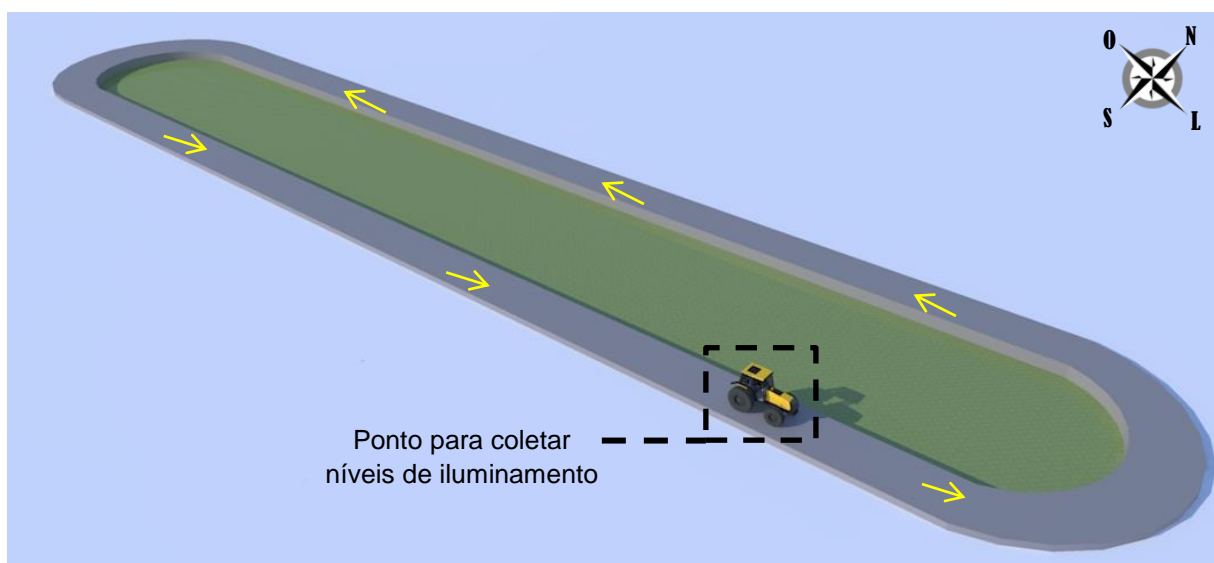


Figura 17 – Pista do ensaio de rotação de trabalho.



A cada volta o aparelho era posicionado no centro da cabine (Figura 18), entre o corpo do operador e o volante, e coletado os dados. Foi utilizada a função *data hold*, que possui a função de travar a leitura de dados no display do aparelho, para que não houvesse grande variação de valores. Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos, por isso, considera-se a iluminância média.

Figura 18 – Luxímetro posicionado no centro da cabine.



Para o delineamento dos dados, utilizou-se um fatorial incompleto 5X4, sendo o primeiro fator a combinação de marchas (Estático, GI-4, GII-2, GII-3 e GII-4) e o segundo a rotação (máxima, 2300, 2000 e 1700), sendo que as GI-4 e GII-2, não foram avaliadas para a rotação 1700 rpm para ensaio dinâmico. Para ensaio de rotação de trabalho não foram avaliadas GI-4 e GII-2 para rotação 1700 rpm. No fator GII-3, a máxima rotação obtida pelo trator foi 2300 rpm, ficando sem avaliação a rotação máxima para que o programa utilizado conseguisse ler os dados. Para o fator GII-4 não foram avaliados nenhum fator de combinação marcha – potência, pois o trator não apresentava força para tracionar o implemento.

Os dados obtidos nos ensaios foram submetidos a uma análise de variância sendo complementada pelo teste de Tukey, considerando significativo quando $p < 0,05$, para a variável ruído.

Valores em uma mesma linha, seguidos por letras minúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey, enquanto valores em uma mesma coluna, seguidos por letras maiúsculas idênticas não diferem entre si ao nível de 5 % pelo teste de Tukey, onde “A” ou “a” apresentam os maiores valores e “D” ou “d” apresentam os valores mais baixos e próximos do valor estipulado pela norma.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ruído

Os resultados obtidos na condição estática são apresentados na Tabela 7. Cada condição avaliada teve como variáveis a combinação de marchas (GI-4, GII-2, GII-3 e GII-4) com potência do trator (rotação máxima, 2300 rpm, 2000 rpm e 1700 rpm). Os resultados obtidos foram comparados com a NR 15, com limite de tolerância para oito horas diárias de exposição máxima de 85 dB(A).

Tabela 7 - Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.

	Rot. Máxima (rpm)	2300rpm	2000rpm	1700rpm
Estático	87,13 dA	87,15 dA	87,123 dA	87,15 bA
GI-4	96,78 aA	97,03 aA	95,98 aB	-
GII-2	92,38 bB	93,25 bA	92,33 bB	-
GII-3	93,10 bA	92,93 bA	90,40 cB	90,15 aB
GII-4	90,50 cA	90,45 cA	87,33 dB	87,08 bB

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. ($p < 0,01$)

Observou-se que os dados ($p < 0,01$) estão todos acima do que a norma recomenda como o máximo de exposição diária para o operador de máquinas para os valores internos. Nos dados de ruído externo, os maiores valores são observados na Tabela 07, onde o trator estava em ensaio dinâmico acoplado com a UMEB. Na combinação GI-4 com as rotações máxima e 2300 rpm é possível observar que são os maiores valores obtidos. Outro valor apresentado pode ser encontrado na combinação GI-4 com rotação de 2000 rpm.

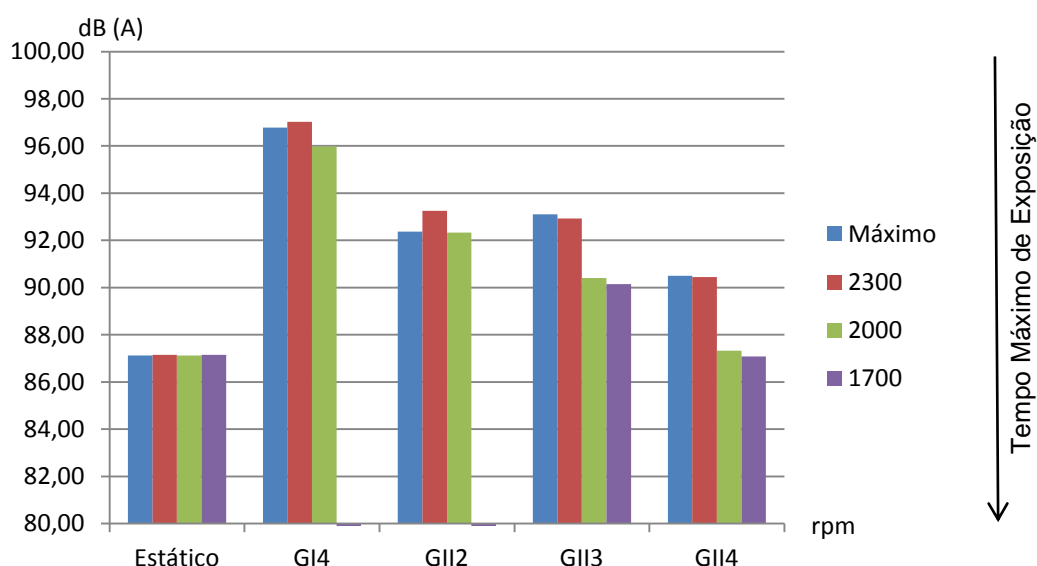
Outros valores ($p < 0,01$) considerados intermediários que também estão acima da norma, podem ser observados nas combinações: GII-2 com a rotação de 2300 rpm e GII-3 nas rotações: máxima e 2300 rpm, onde os valores acabam ficando acima dos 85 dB estipulados na norma.

Os valores ($p < 0,01$) observados nas combinações: GII-3 com rotações 2000 e 1700rpm e GII-4 com rotação máxima e 2300rpm apresentam valores acima dos 85 dB(A).

A combinação GII-4 com as rotações 2000 e 1700 rpm, são as que mais se aproximam dos 85 dB(A) estipulados pela norma como permissível, onde o operador poderá permanecer no posto de trabalho por seis horas e sendo assim a combinação que mais favorece a saúde auditiva do operador.

Ao compararmos os valores de ruído externo do ensaio dinâmico com os valores do trator estático (Figura 19), é possível observar que o próprio trator gera um ruído acima do que a norma estabelece como a máxima diária permissível. O nível de ruído obtido nos ensaios foi influenciado pela potência do motor.

Figura 19 - Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.



Os dados ($p < 0,01$) de ruído no interior da cabine apresentaram um valor aproximado dos 85 dB(A) estipulados pela norma e em algumas combinações valores abaixo do que é recomendado.

Os maiores valores são observados nas combinações de GII-2 com rotação máxima e GII-4 com rotação máxima, onde o trator estava em ensaio dinâmico acoplado com a UMEB (Tabela 08). Apesar de maior, é possível observar que os valores estão um pouco acima do que a norma permite, sendo neste caso a máxima exposição diária permissível de quatro horas e trinta minutos.

Tabela 8 - Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.

	Rot. Máxima (rpm)	2300rpm	2000rpm	1700rpm
Estático	85,55 cA	84,65 cB	84,65 bB	80,53 cC
GI-4	86,63 bA	86,18 bA	86,85 aA	-
GII-2	88,78 aA	87,38 aB	85,93 aC	-
GII-3	86,90 bA	86,95 bA	86,40 aA	83,33 aB
GII-4	88,10 aA	84,83 cB	83,83 bC	82,43 bD

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. ($p < 0,01$)

Os dados analisados indicam que pode ter ocorrido fato equivalente ao descrito por Odorizzi *et al.* (2014), apresentando valores de ruído muito acima do limite de 85 dB(A) para uma jornada de trabalho de 8 hora sendo necessária a utilização do EPI, além da adequação da máxima exposição diária permissível para tais níveis de ruído.

Outros valores observados nas combinações: GI-4 com rotação de 200rpm, GII-2 com rotação de 2300rpm e GII-3 com as rotações: máxima e 2300rpm, também se encontram acima da máxima diária permitida de acordo com a NR 15, sendo aconselhado ao operador uma jornada de trabalho de no máximo seis horas de exposição ao ruído.

Os valores que mais se aproximam dos 85dB, podem ser observados nas combinações: GI-4 nas rotações: máxima e 2300rpm, GII-2 na rotação 2000rpm e GII-3 também na rotação 2000rpm. É possível observar na Tabela 08 que eles apresentam valores aproximados ao valor da norma, onde o operador poderá permanecer no posto de trabalho por seis a sete horas, sendo uma opção favorável para sua saúde auditiva.

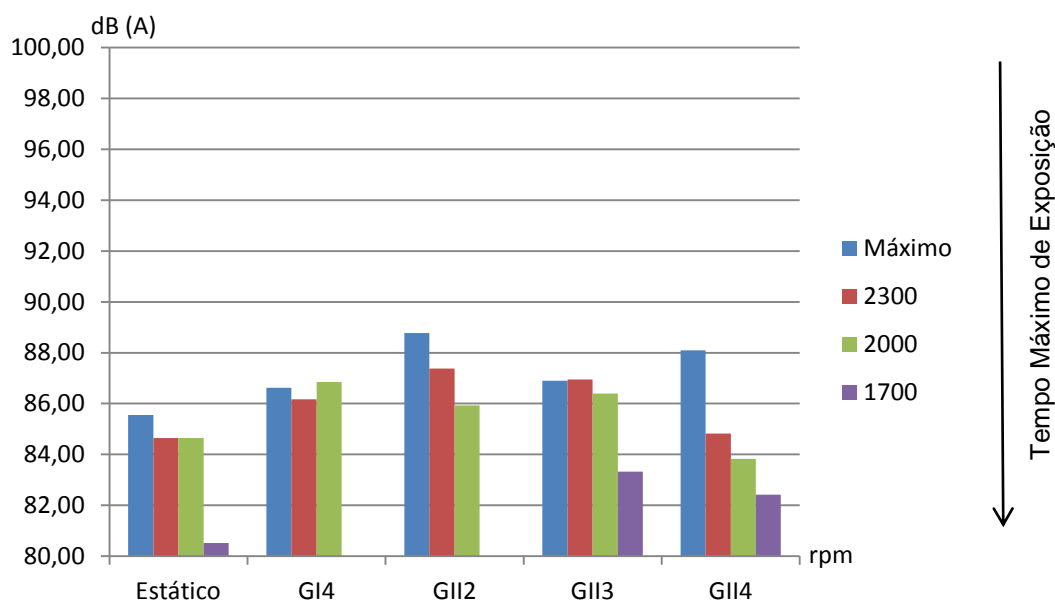
Porém observou-se que os melhores valores se encontram nas combinações: GII-3 com rotação 1700 e GII-4 com rotações: 2300, 2000 e 1700 rpm, onde o valor se encontra abaixo do recomendado pela norma. Dessa forma, assim como no ruído externo, a combinação GII-4 com baixas rotações (2000 e 1700 rpm) apresentam a

combinação que mais favorece o operador, onde ele poderá permanecer no posto de trabalho durante as oito horas sem a utilização de EPI, como estipulado pela norma.

Observando as tabelas é possível notar que não há valores para as combinações GI-4 e GII-2 com rotação de 1700 rpm. Ao acoplar o trator com a UMEB o trator não apresenta potência disponível, de forma que não foi possível coletar dados.

Os valores ($p < 0,01$) de ruído do trator estático estão quase todos abaixo dos 85dB estipulados pela norma, como é possível constatar na Figura 20. Ao compararmos os dados do ensaio dinâmico com o trator estático, é possível notar que as médias estão bem acima dos valores recomendados, onde o valor estático apresentado é inferior. A existência da cabine é um fator que auxiliou na atenuação do ruído, possibilitando em algumas combinações de marcha com potência que o operador possa ficar exposto durante as 8h de trabalho sem proteção auricular.

Figura 20 - Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio dinâmico.



Ao compararmos os valores externos com os valores internos, é possível observar que os valores internos obtidos no ensaio são sempre mais baixos, de forma que a cabine funciona como uma superfície refletora e absorve em forma de vibração o som, deixando passar uma menor quantidade de ruído para seu interior.

Segundo Lida (2016), os ruídos acima de 90 dB(A) começam a provocar reações fisiológicas prejudiciais ao organismo, aumentando o estresse e a fadiga com tendência a piorar após duas horas de exposição.

Apesar da pequena faixa de variação de ruído no interior da cabine, ainda se faz necessária a utilização de um EPI (equipamento de proteção individual) amenizando o ruído de forma mais eficaz, já que o mesmo é capaz de atenuar até 5 dB(A) no ouvido do operador.

Para os dados ($p < 0,01$) do ensaio onde o trator estava em rotação de trabalho, observou-se que todos os dados de ruído externo estão acima do que a norma recomenda como máximo de exposição diária para o operador (Tabela 09).

Tabela 9 - Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.

	Rot. Máxima (rpm)	2300rpm	2000rpm	1700rpm
Estático	87,13 cA	87,15 dA	87,13 cA	87,15 bA
GI-4	96,83 bA	95,65 cB	95,08 bC	-
GII-2	98,40 aA	96,45 bB	95,50 bC	-
GII-3	-	97,95 aA	97,35 aB	95,30 C
GII-4	-	-	-	-

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. ($p < 0,01$)

É possível observar que os valores estão muito acima dos dados de ruído externo do trator em ensaio dinâmico. Os maiores valores são observados na Tabela 9 onde o trator estava em rotação de trabalho acoplado a uma grade intermediária, nas seguintes combinações: GII-2 com rotação máxima e GII-3 com rotação de 2300rpm. Ao compararmos com a NR15, os valores estão acima do que a norma considera como máxima permitida.

Por apresentarem altas rotações, já era esperado que essas combinações apresentassem valores altos, pois a maior parte do trabalho que envolve tração de implementos é feita com os motores em altas rotações.

Ainda é possível observar que outro valor se aproxima dos valores citados e que também está bem acima do permitido pela norma. A combinação GII-3 com a rotação 2000 rpm apresenta um valor superior à máxima permitível.

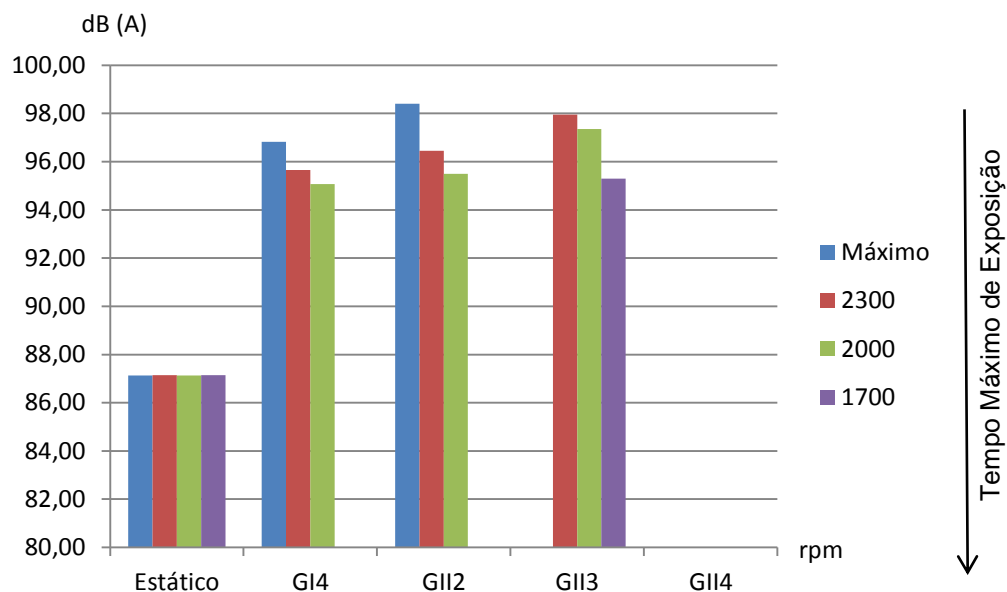
Com base na Tabela 09, tanto os valores da combinação GI-4 e GII-2 se apresentam acima da máxima permitida. Apesar de os valores apresentarem um valor semelhante, é possível que as rotações se diferenciam, já que a combinação GI-4 está em rotação máxima, enquanto a combinação GII-2 está em 2300 rpm.

Resultados semelhantes podem ser observados nos estudos de Alves *et al.* (2011) em que foram analisados tratores com a variação de rotação do motor similares e concluiu-se que altas rotações geram níveis de ruído muito acima do recomendado pela norma podendo ocorrer alterações reversíveis ou irreversíveis no ouvido e perdas crescentes de percepção.

Ainda a respeito dos valores encontrados na Tabela 09, outros três valores são semelhantes entre si, pois apresentam uma pequena variação em seus valores. Apesar de uma pequena variação, conforme a combinação mais rápida com uma rotação maior é acionada, é possível notar um valor estatisticamente maior, como é o caso da combinação GI-4 com a rotação de 2300 rpm. Nas combinações GII-2 e GII-3, com rotações de 2000 rpm e 1700 rpm, respectivamente, é possível observar a mesma pequena variação. Rossi (2007) avaliou tratores com rotação do motor em 1700 rpm e constatou que mesmo o trator em baixas rotações de trabalho também apresentaram valores acima do determinado pela NR 15.

Observando as tabelas é possível notar que não há valores para as combinações: GI-4 e GII-2 com rotação de 1700 rpm e GII-4 em todas as rotações. Para as combinações que não apresentaram nenhum valor, ocorreu o mesmo com o ensaio dinâmico, onde ao acoplar o trator com a grade intermediária, o trator não consegue tracionar e acaba desligando, impossibilitando a coleta de dados. Diferentemente da combinação GII-3, que teve como rotação máxima a rotação de 2300 rpm. Desta forma que para que fosse realizado a estatística, o valor máximo precisou ser colocado como nulo para que os dados ficassem corretos e pertinentes (Figura 21).

Figura 21 - Comparação de médias do ruído externo entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.



Ao compararmos os valores de ruído externo do ensaio em rotação de trabalho com os valores do trator estático é possível notar que os valores apresentados estão bem acima, mostrando que o implemento juntamente com o motor do trator acabam elevando o nível de ruído.

Por meio das Tabela 10, é possível observar que na rotação de trabalho os valores de ruído interno são inteiramente menores do que os apresentados na Tabela 09 referente ao ruído interno no ensaio dinâmico. Ainda que com cabine, os valores no ensaio dinâmico apresentaram uma porcentagem bastante superior ao valor que consta na norma.

Os dados ($p < 0,01$) de ruído no interior da cabine no ensaio de rotação de trabalho apresentaram um valor aproximado dos 85 dB(A) estipulados pela norma e em algumas combinações valores abaixo do que é recomendado.

Com base na Tabela 10 é possível observar que os maiores valores estão nas combinações GI-4 e GII-2 com rotação máxima e 2300 rpm. Apesar de apresentarem os maiores valores, a combinação GI-4 com 2300 rpm apresenta o maior ruído dentre as combinações citadas e para isso, admite-se que o operador permaneça no posto de trabalho por cinco horas. Dentre as combinações citadas

outro valor apresentado na mesma rotação, porém na combinação GII-2, mostra um valor pouco menor que o valor encontrado na combinação GI-4. Seguindo com as mesmas combinações, dois outros valores se aproximam do valor que consta na norma (GI-4 e GII-2 em rotação máxima). Para estes três últimos valores, a máxima exposição diária permitida é de seis horas, sem que haja problemas para o operador.

Tabela 10 - Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.

	Rot. Máxima (rpm)	2300rpm	2000rpm	1700rpm
Estático	85,55 bA	84,65 dB	84,65 aB	80,53 bC
GI-4	86,78 aA	87,35 aA	83,20 aB	-
GII-2	86,65 aA	86,90 aA	80,68 bB	-
GII-3	-	85,35 bA	82,45 aB	81,90 aB
GII-4	-	-	-	-

Médias seguidas de letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem pelo teste de Tukey a 5%. ($p < 0,01$)

Os outros valores contidos na Tabela 10 apresentam uma porcentagem equivalente e até mesmo abaixo do valor fixado pela norma. A combinação GII-3 com rotação de 2300 rpm apresenta praticamente o mesmo valor da norma. Estimando-se que a estatística pode apresentar uma margem de erro, o valor é considerado o mesmo da máxima diária permitida haja vista que o operador poderá permanecer no posto de trabalho por sete horas.

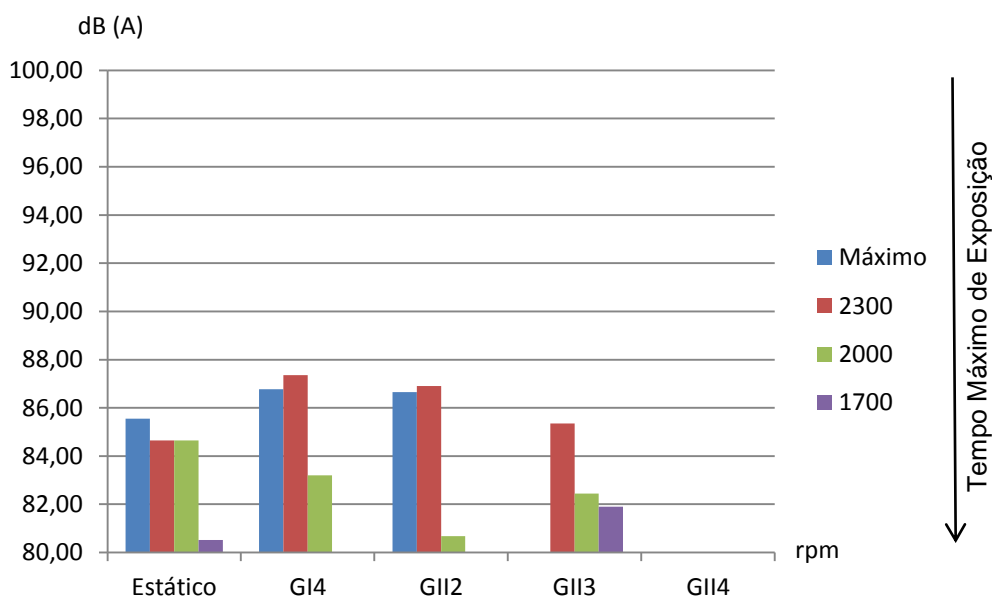
Souza *et al.* (2004) observaram que níveis de potência sonora acima de 85 dB(A) podem causar desconforto acústico, prejuízo na comunicação, irritação e diminuição da produtividade de trabalho.

Ainda de acordo com a Tabela 10, as combinações GI-4, GII-2 e GII-3 com rotação de 2000 rpm e GII-3 com rotação de 1700 rpm apresentam valores abaixo dos 85dB fixado pela norma. Segundo os dados da Tabela 10, é possível observar que o maior valor negativo de ruído se encontra na combinação GII-2 com rotação de 2000rpm, chegando a um valor menor que máxima permitida diariamente. Diante disto, a combinação GII-2 com rotação de 2000rpm é a que oferece menos risco para o operador.

Além da combinação citada acima, a combinação GII-3 também apresenta em duas rotações distintas (2000 e 1700rpm) um valor com menor que o recomendado pela NR 15. Para esses valores, a norma estabelece uma máxima exposição diária de oito horas de trabalho.

Por fim o último dado apresentado na tabela é possível observar que a combinação GI-4 com rotação de 2000 rpm também apresenta um valor abaixo de 85 dB(A) estando dentro do que a norma aceita como permitido. O valor apresenta pouco menos dos 85 dB(A), se encaixando também na máxima exposição permitida de oito horas de trabalho (Figura 22).

Figura 22 - Comparação de médias do ruído interno entre o ensaio estático com o ensaio em rotação de trabalho.



Ao observarmos os valores do ensaio em rotação de trabalho, é possível constatar que o nível de ruído externo é bem superior comparado ao ruído do trator estático de forma que os valores ultrapassam o máximo permitido pela norma.

No entanto, ao compararmos os valores externos com os valores internos, é visível a grande diferença, já que os valores de ruído interno apresentam a maioria de seus valores abaixo do permitido pela norma. Cunha, Duarte e Souza mostraram em seu estudo que as cabines nos tratores podem reduzir o nível de ruído em até 16 dB(A), demonstrando uma redução significativa de valores com a evolução tecnológica dos tratores.

Pelos dados é possível notar que visando o bem estar do operador, apesar do trator em rotação de trabalho exigir mais potência, é visível que a absorção de ruído no interior da cabine é bem mais reduzida, de forma que o operador consiga trabalhar normalmente durante as 8h diárias permitidas pela norma na maioria de suas combinações, sem que lhe cause problemas de audição a um curto prazo. Apesar a mínima existência de valores acima do permitido no ensaio de rotação de trabalho, ainda é necessária que se faça o uso do meio mais comum para medidas de controle do operador utilizando uma proteção auricular eficiente durante toda a sua jornada de trabalho.

Cunha, Duarte e Souza (2012) afirmam que grande evolução dos tratores nos últimos anos não foi capaz de reduzir o ruído a níveis passíveis de trabalho sem protetor auricular nos tratores sem cabines, o que demonstra a necessidade do aprofundamento dos estudos de acústica nesta área e a importância das cabines.

Com isso, é possível notar que os operadores estão sujeitos a elevados níveis de pressão sonora, sendo indispensável o uso de protetores auriculares mesmo nos tratores com cabine, podendo atenuar consideravelmente o nível de pressão sonora, contribuindo para diminuir a insalubridade da operação.

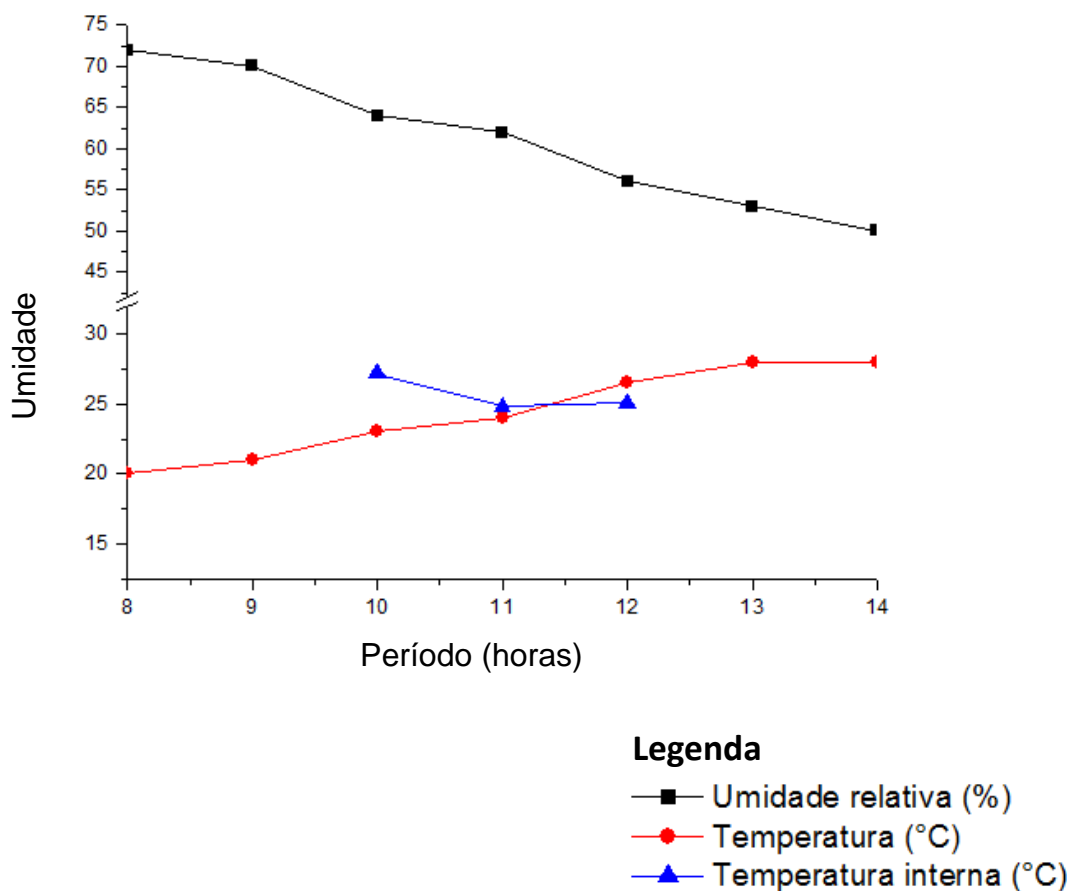
4.2 Temperatura

Os resultados obtidos foram comparados com as Normas NR 17, que recomenda como condição de conforto o índice de temperatura efetiva entre 20°C e 23°C e umidade relativa do ar não inferior a 40% e NR 15 – Tabela 1 do Anexo III – para avaliar o regime de trabalho do operador.

O ensaio foi realizado no período da manhã e durante o ensaio dinâmico a temperatura era de 24,5°C com umidade de 60%, onde a temperatura externa já apresentava um valor um pouco acima, porém a umidade estava dentro do recomendado.

Na Figura 23 é possível observar que no início do ensaio dinâmico a temperatura interna da cabine já se apresentava superior à temperatura externa, se aproximando dos 27°C com uma umidade em torno de 64%. Contudo, o fato da cabine apresentar ar-condicionado faz com que o calor seja .

Figura 23 - Comparação da temperatura externa e umidade relativa com a temperatura interna da cabine do trator agrícola durante o ensaio dinâmico.



Ainda com base na Figura 23 é possível observar que a temperatura acaba apresentando uma leve queda no interior da cabine até o final do ensaio. As 11h da manhã a temperatura externa acaba apresentando menos de um grau de diferença no interior da cabine. A temperatura na cabine se aproxima dos 25°C enquanto a temperatura externa fica em torno dos 24°C.

A maior diferença se encontra no final do ensaio, onde a temperatura no interior da cabine é de 25°C, sendo menor do que a temperatura externa que estava em 26,5°C. Essa diferença se deve ao fato do operador estar utilizando o ar-condicionado, que ajuda a amenizar o calor, já que no horário final do ensaio a temperatura estava bem próxima da máxima obtida no dia.

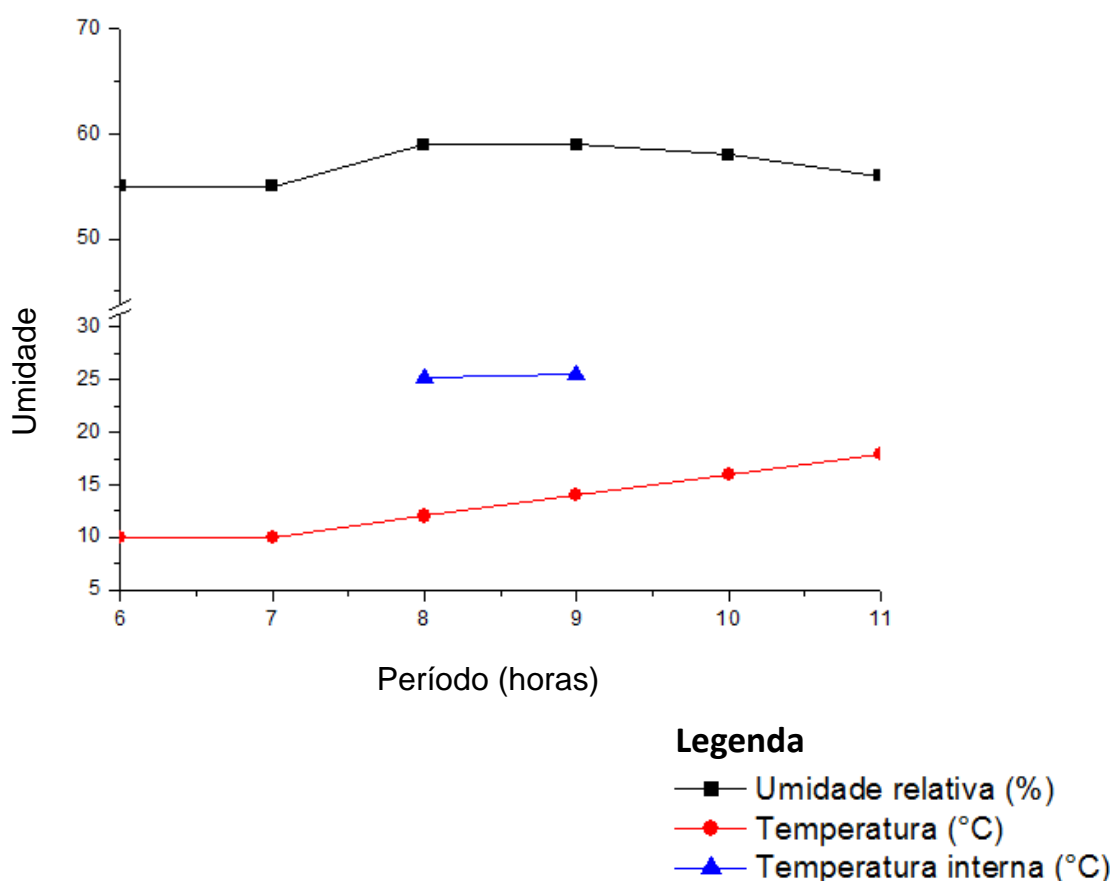
Santos, Santos Filho e Bórmio (2004) também observaram que o operador de máquinas sofre com as altas temperaturas em seu posto de trabalho devido à longa exposição durante todo o seu regime de trabalho e constatou ainda, um aumento da

temperatura no interior das cabines devido ao aquecimento proveniente do motor da máquina.

Ao compararmos as temperaturas obtidas com a NR 17, as temperaturas no interior da cabine apresentam valores acima do recomendado como condição de conforto para o trabalho executado que seria uma mínima de 20°C e a máxima de 23°C.

Com base na Figura 24, podemos notar que durante todo o ensaio a temperatura se manteve em 25,2°C, valor bem acima da temperatura que estava naquele momento. No dia do ensaio a máxima obtida foi de 24°C. A umidade se manteve em 59% durante todo o ensaio

Figura 24 - Comparação da temperatura externa e umidade relativa com a temperatura interna da cabine do trator agrícola durante o ensaio de rotação de trabalho.



A temperatura registrada no ensaio do trator em rotação de trabalho assim como a do ensaio dinâmico, apresenta valores superiores ao recomendado pela NR 17, no que tange como condição de conforto. Ainda que a temperatura não esteja dentro do

recomendado, a presença de pouca incidência solar no dia do ensaio ajudou a equilibrar a temperatura no interior da cabine.

Ainda que os ensaios tenham ocorridos em dias em que a temperatura apresentou bastante variação, notou-se que independente da temperatura externa apresentar-se baixa, o interior da cabine mesmo com a utilização do ar condicionado apresentou um valor superior ao considerado como confortável para as 8 horas de trabalho segundo a NR 17, sendo possível observar que a temperatura externa em alguns casos não atua diretamente na temperatura interna da cabine. O que se pode constatar nesses casos, é um maior equilíbrio nas temperaturas, evitando grandes variações, de fato que o mesmo não ocorre quando a temperatura externa está elevada.

Os resultados encontrados nos ensaios podem ser comparados aos resultados obtidos por Gosling e Araújo (2008), pois em ambas as avaliações os resultados se apresentaram acima do determinado pela NR 17, proporcionando, assim, um ambiente de trabalho agressivo ao bem estar do operador, visto que as máquinas não possuem proteções eficazes contra os agentes avaliados na pesquisa.

Embora o operador não esteja exposto diretamente ao sol, devida à proteção da cabine, faz-se necessário a utilização de protetores solar e a utilização de roupas adequadas para que se evite desconfortos maiores, o que acarreta um maior rendimento em suas operações.

As condições ambientais desfavoráveis de trabalho como elevadas temperaturas causam desconforto, aumentam o risco de acidentes e podem provocar danos consideráveis à saúde dos operadores.

4.3 Iluminação

Os resultados da coleta de iluminação no interior da cabine são demonstrados conforme as Tabelas 11 e 12.

Os resultados obtidos foram comparados com a NBR 5413/92 – Tabela 1, considerando a classe e o tipo de atividade executada. Não há nenhuma norma específica para iluminação interna de cabine de máquinas agrícolas, sendo necessária a adequação apropriada à natureza da atividade.

Com base na norma para a análise dos dados, iremos considerar a classe A para o operador de máquinas denominado como “iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples” com um nível de iluminamento recomendado na faixa de 300 a 500 lux.

Uma análise de valores do ensaio dinâmico mostra que, para o tipo de atividade executada, os valores estão muito baixos em relação ao valor recomendado pela norma NBR 5413/92, pois o mínimo recomendado é 300 lux.

Observa-se que apenas três valores encontrados se aproximam do mínimo, ainda que não sejam suficientes. Nota-se ainda que no começo do ensaio são apresentados os menores valores, de fato que seja necessário observar se a cabine apresenta ofuscamentos durante a jornada de trabalho (Tabela 11).

Apesar dos valores se apresentarem abaixo do recomendado pela norma, deve-se levar em conta o contraste do local onde foram feita as coletas, suas imediações e a presença de brilho no campo visual do operador, de forma que é importante ressaltar a necessidade de um bom controle de iluminação no interior da cabine, evitando a distração visual, a fadiga e o desconforto da visão.

Tabela 11 – Valores de iluminância (lux) coletados no interior da cabine durante o ensaio dinâmico.

Hora	Lux
10h00min	195
10h10min	197
10h20min	206
10h30min	---
10h40min	203
10h50min	212
11h00min	218
11h10min	---
11h20min	216
11h30min	208
11h40min	213
11h50min	229
12h00min	222
12h10min	256
12h20min	240
12h30min	253

Para o ensaio em rotação de trabalho, com base na Tabela 12, nota-se que foi possível observar que em duas combinações o valor encontrado foi acima do mínimo recomendado pela norma.

No começo do ensaio, observou-se o valor de 355 lux e ao se aproximar do meio do ensaio observa-se os valores de 346 e 312 lux, respectivamente, sendo os únicos a estarem acima do mínimo recomendado (Tabela 12).

Tabela 12 - Valores de iluminância (lux) coletados no interior da cabine durante o ensaio de rotação de trabalho.

Hora	Lux
8h00min	192
8h05min	355
8h10min	232
8h15min	---
8h20min	346
8h25min	312
8h30min	238
8h35min	---
8h40min	---
8h45min	216
8h50min	208
8h55min	213
9h00min	---

Analisando os valores encontrados nos ensaios realizados, faz-se necessário estudos nessa área, já que é possível observar a necessidade de uma melhoria de controle de iluminação no interior da cabine de tratores agrícolas, a fim de evitar acidentes durante a jornada de trabalho e futuros problemas de visão no operador.

Há poucos estudos na área, como pode ser observado no estudo de Rojas (1994), ao fazer uma análise ergonômica para a concepção de cabines de tratores de floresta e não encontrar valores adequados para seu estudo, apresentando falhas na iluminação no interior da cabine desde então.

A falta de uma norma que especifique a iluminação no interior da cabine de tratores agrícolas, já que as existentes tratam apenas de ambientes construídos, faz

com que em muitos casos haja altos índices de ofuscamentos que são produzidos pela presença de grande quantidade de luz natural que entra pelos vidros da cabine, diferentemente ao qual o olho humano foi acostumado, podendo causar a perda da acuidade visual.

A má iluminação pode ocasionar a fadiga visual, provocando no operador a tensão e o desconforto e com isso causando o contraste reduzido, onde por existir pouca diferença entre o comando e o plano de fundo, provocam confusão e exigem maior esforço visual por apresentar cores e formas semelhantes. O projeto desenvolvido pelas empresas não visa o conforto pelos riscos.

5 CONCLUSÃO

O ruído externo apresentou valores superiores aos 85 dB(A). A potência do motor influencia de forma direta o aumento do ruído gerado pelo motor.

Os valores de ruído interno apresentaram diferença entre os dois ensaios. No ensaio dinâmico é possível notar que os valores, em sua grande maioria, ficaram acima do estabelecida pela norma, tendo poucas combinações abaixo dos 85dB. Já no ensaio de rotação de trabalho é visível que os valores se aproximam do estabelecido pela norma, mesmo o ensaio exigindo mais potência do motor, o tipo de solo influenciou e auxiliando na redução do ruído.

Os valores de temperatura mostram que o fato de o trator com cabine possuir ar-condicionado nem sempre apresenta o melhor conforto para o operador, pois mesmo em dias mais amenos como mostra o ensaio de rotação de trabalho nota-se que a temperatura interna da cabine pode estar superior à temperatura externa. Isso se deve ao fato de a cabine ficar o tempo todo fechada e ao esforço feito pelo operador durante sua jornada de trabalho.

Os valores de iluminação mostram-se bastante deficiente devida à falta de uma norma específica para o interior da cabine de tratores agrícolas, onde uma melhor adequação de entrada de luz no seu interior evitaria o cansaço visual causado pelo esforço feito pelo operador para evitar problemas na visão a longo prazo.

A cabine funciona como um protetor dos riscos físicos ruído, calor entre outros.

Referências

3M. **Proteção Auditiva**. 2017. Disponível em: <http://www.3m.com.br/3M/pt_BR/3m-do-brasil/todos-os-produtos-3m-do-brasil/~/Todos-os-Produtos-3M/Equipamento-de-proteção-pessoal/Proteção-Auditiva/?N=5002385+8711017+8720539+8720546+3294857441&rt=r3>. Acesso em: 05 nov. 2016

ABRANTES, Antonio Francisco. **Atualidades em ergonomia**: logística, movimentação de materiais, engenharia industrial e escritórios. São Paulo: Iman, 2004. 164 p.

ABRAHÃO, Júlia *et al.* **Introdução à Ergonomia**: da Prática à Teoria. São Paulo: Edgard Blucher, 2009. 240 p.

AKSO. **Segurança e medicina do trabalho**. 2017. Disponível em: <<http://www.akso.com.br/produtos/seguranca-do-trabalho/page:1>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

ALVES, Aline Dantas Silva *et al.* **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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA. **O que é ergonomia**. 2017. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/internas.php?pg=o_que_e_ergonomia>. Acesso em: 10 fev. 2017.

ASSIS, Flaviano de *et al.* A ergonomia e seus requisitos para iluminação de ambientes de ensino: o caso de uma instituição de ensino de engenharia da grande bh/mg. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 4., 2014, Juiz de Fora. **Anais...**. Juiz de Fora: Abenge, 2014. p. 1 - 12. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/cobenge-2014/Artigos/129106.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5493/92**: Iluminação de interiores. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt Catálogos, 1992. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **IEC 61672**: Electroacoustics - Sound level meter. São Paulo: Abnt Catálogos, 2002.

BAESSO, Murilo Mesquita *et al.* Avaliação do nível de ruído emitido por um conjunto tratorpulverizador com e sem assistência de ar. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 16, n. 4, p.400-407, out. 2008. Bimestral.

BRASIL. **Consolidação das leis de trabalho (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Saraiva, 2013. 870p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 6**: Equipamentos de proteção individual. Brasília: Saraiva, 2013. 870 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 15**: Atividades e operações insalubres. Brasília: Saraiva, 2013. 870 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 17:** Atividades e operações insalubres. Brasília: Saraiva, 2013. 870 p.

BERNARDO, Denise Carneiro dos Reis *et al.* O estudo da ergonomia e seus benefícios no ambiente de trabalho: uma pesquisa bibliográfica. **Saberes Interdisciplinares**, São João del Rei, v. 11, n. 10, p.95-110, jul. 2012. Semestral. Disponível em: <http://www.iptan.edu.br/publicacoes/saberes_interdisciplinares/subpagina/sumario-vol11.html>. Acesso em: 15 jan. 2017.

CARTER, Robert; CHEUVRON, Samuel; SAWKA, Michael. **Doenças provocadas pelo calor**. 2010. Disponível em: <http://www.sportzone.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=160:doencas-provocadas-pelo-calor&catid=55:saude&Itemid=119>. Acesso em: 15 jan. 2017.

CELEN, I.h.; ARIN, S.. Noise Levels of Agricultural Tractors. **Pakistan Journal Of Biological Sciences**, Tekirdag, v. 6, n. 19, p.1706-1711, 1 dez. 2003. Disponível em: <<http://scialert.net/abstract/?doi=pjbs.2003.1706.1711>>. Acesso em: 10 dez. 2016.

CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da; DUARTE, Marcus Antonio Viana; RODRIGUES, Jomara Cynthia. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 4, p.348-355, dez. 2009. Trimestral. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/viewFile/6927/5904>>. Acesso em: 21 out. 2016.

CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da; DUARTE, Marcus Antonio Viana; SOUZA, Cristiano Márcio Alves de. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. **Idesia: Revista de Agricultura de Zonas Áridas**, Chile, v. 30, n. 1, p.25-34, jan. 2012. Disponível em: <http://www.idesia.cl/index.php?option=com_volumenes&view=vv&vid=47>. Acesso em: 12 nov. 2016

DUL, Jan; WEERDMEESTER, Bernard. **Ergonomia Prática**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2008. 137 p.

FERNANDES, J.C. Levantamento estatístico sobre o nível de ruído em operações agrícolas com tratores. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 12, 1993, Brasília, **Anais...** Brasília: Cobem, 1993.

FRANCESCHI, Alessandro de. **Ergonomia**. Santa Maria: Ufsm, 2013. 156 p.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2010. 243 p.

GABRIEL FILHO, Antonio *et al.* UMEB: unidade móvel para ensaio da barra de tração. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p.782-789, out. 2008.

GERGES, Samir Nagi Yoursi. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 2. ed. Florianópolis: Nr, 2000. 676 p.

GIMENEZ, Leandro. **Ergonomia e Segurança em Máquinas Agrícolas**. 2012. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/leb332/AULAS>>

2016/Aula 11 - Ergonomia e segurança de máquinas agrícolas_Prof Leandro/Aula 11 - Texto Ergonomia e Segurança.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.

GOSLING, Marlusa; ARAÚJO, Gilberto Cifuentes Dias. Saúde física do operador rural submetido a ruídos e à carga térmica: um estudo em operadores de tratores. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 3, n. 32, p.275-286, jul. 2008.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de Ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. 4. ed. Porto de Alegre: Bookman, 1998. 338 p.

IIDA, Itiro. **Ergonomia**: Projeto e Prática. 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2016.

INSTRUTHERM. **Segurança e medicina do trabalho**. 2017. Disponível em: <<https://www.instrutherm.net.br/seguranca-e-medicina-do-trabalho.html>>. Acesso em: 05 nov. 2017.

MADEIRA, Nildimar Gonçalves. **Segurança no trabalho nas operações com tratores agrícolas em regiões de Minas Gerais**. 2011. 181 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. Disponível em: <http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/697/texto_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 dez. 2016.

MARTINS, Osny de Melo. **Condutas na perda auditiva induzida pelo ruído**. Belo Horizonte: Anamt, 2000. Disponível em: <http://arquivosdeorl.org.br/conteudo/acervo_port.asp?id=125>. Acesso em: 10 set. 2016.

MATOS, Marcos Paiva. Exposição ocupacional ao frio. **Carne e Conveniência**, São Paulo, v. 10, n. 25, p.86-98, nov. 2007. Disponível em: <<http://www.higieneocupacional.com.br/download/frio-paiva.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

MELLO, Angela de. **Alerta ao ruído ocupacional**. 1999. 74 f. Monografia (Especialização) - Curso de Audiologia Clínica, Cefac, Porto de Alegre, 1999. Disponível em: <<http://www.cefac.br/library/teses/be957ddf4a068be53e950088fe00d0b3.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2017.

MONTEIRO, Leonardo de Almeida. Segurança em operações com tratores agrícolas. **Agriworld**, São Paulo, v. 13, n. 4, p.58-64, jun. 2013. Disponível em: <http://www.lima.ufc.br/arquivos_pdf/20131220132843.pdf>. Acesso em: 15 out. 2016.

MOTTA, Fabrício Valentim. **Avaliação ergonômica de postos de trabalho no setor de pré- impressão de uma indústria gráfica**. 2009. 60 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

ODORIZZI, Wilian *et al.* Ruídos em máquinas agrícolas: estudo de caso no Alto Vale do Itajaí. In: MOSTRA NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA INTERDISCIPLINAR, 7., 2014, Araquari. **Artigo**. Araquari: Ifc, 2014. p. 1 - 5. Disponível em:

<<https://ocs.araquari.ifc.edu.br/index.php/micti/micti2014/paper/viewFile/220/72>>. Acesso em: 21 out. 2016.

PADILHA, Alcides. **Higiene do trabalho: temperaturas extremas**. Bauru: Unesp, 2014. 87 p.

POLETTI FILHO, José Antonio. **Análise dos riscos físicos e ergonômicos em roçadora transversal motorizada**. 2013. 165 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

PORTO, Maria Maia; SILVÉRIO, Cátia Siciliano; SILVA, Ana Paula Ferreira da. **O projeto de iluminação na análise ergonômica do trabalho**. Disponível em: <[http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/interiores/iluminação industrial/o_projeto_de_iluminacao_na_analise_ergonomica_do_trabalho.pdf](http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/interiores/iluminação_industrial/o_projeto_de_iluminacao_na_analise_ergonomica_do_trabalho.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2017.

ROJAS, Cláudia Cecília Colomo. **Análise ergonômica para a concepção de cabines de tratores de floresta**. 1994. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1994. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/76011>>. Acesso em: 05 nov. 2016.

ROSSI, Marco Antonio. **Análise ergonômica do ambiente de trabalho para Operadores de tratores e colhedoras agrícolas**. 2007. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2007.

RUZIC, Dragan. Agricultural tractor cab characteristics relevant for microclimatic conditions. **Journal Of Applied Engineering Science**. Oradea, p. 323-330. set. 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/287003520_Agricultural_tractor_cab_characteristics_relevant_for_microclimatic_conditions>. Acesso em: 15 jan. 2017.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual prático de avaliação e controle de calor: PPRA**. 6 ed. São Paulo: LTr, 2014.

SALIBA, Tuffi Messias. **Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído: PPRA**. 4. ed. São Paulo: Ltr, 2014.

SANTOS, João Eduardo Guarnetti dos; SANTOS FILHO, Abílio Garcia dos; BÓRMIO, Mariana Falcão. **Conforto térmico: uma avaliação em tratores agrícolas sem cabines**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 11., 2004, Bauru. **Anais...**. Bauru: Simpep, 2004. p. 1 - 8. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_aux.php?e=11>. Acesso em: 21 nov. 2016.

SILVA, Danielle Vargas Goulart e; AGUIAR, Fábio de; MOREIRA, Ivan Silva. **Estudo da Metodologia para avaliação, caracterização, medição e controle da exposição ocupacional ao calor**. 2010. 40 f. TCC (Graduação) - Curso de Extensão em Higiene Ocupacional., Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São Paulo, 2010.

SILVEIRA, Julliane. **Barulho pode prejudicar a saúde**. 2010. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/equilibriosaude/2010/06/747938-barulho-pode-prejudicar-a-saude-conheca-lugares-quietos-em-sp.shtml>>. Acesso em: 15 jan. 2017

SILVESTRINI, Jonathas *et al.* Noise levels evaluation of agricultural tractors. **International Journal Of Research In Agriculture And Forestry**. [s.i], p. 46-50. mar. 15. Disponível em: <<http://ijraf.org/pdf/v2-i3/8.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

SOUSA, Ricardo Bruno Carvalho de. **Conforto térmico de operadores de tratores agrícolas submetidos a diferentes condições de operação de preparo de solo**. 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SOUZA, L. H. *et al.* **Níveis de ruído emitidos por uma recolhedora-trilhadora de feijão**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 745-749, 2004.

SPILLERE, Julie Ingrid; FURTADO, Taise Spadari. **Estresse ocupacional causado pelo calor**. 2007. 65 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade do Extremo Sul Catarinense- Unesc, Criciúma, 2007.

TOSIN, Ricardo Carvalho. **Avaliação do ruído e da vibração no posto de trabalho em dois tratores agrícolas**. 2009. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2009.

VARGAS, Cláudia Rioja de Aragão. **Os impactos da iluminação: visão, cognição e comportamento**. 2017. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/artigos/o_impacto_da_iluminacao_n_o_comportamento_humano.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2017.

APÊNDICE A – Dados de ruído coletados durante os ensaios.

Ensaio Estático Trator 85 cv		
	Ruído Interno	Ruído Externo
Rot. Máxima	85,0	87,2
	85,2	87,0
	85,9	87,2
	86,1	87,1
2300 rpm	84,4	87,3
	84,9	87,4
	84,7	86,6
	84,6	87,3
2000 rpm	84,3	87,4
	84,8	87,0
	85,0	86,9
	84,5	87,2
1700 rpm	80,6	87,2
	80,3	87,1
	80,5	87,1
	80,7	87,2

Ensaio Dinâmico | Trator 85 cv

Gama I - 4	Ruído Externo	Ruído Interno
Rot. Máxima	97,2	87,1
	96,8	86,6
	96,6	87,2
	96,5	85,6
2300 rpm	96,5	85,4
	96,8	86,2
	97,2	85,9
	97,6	87,2
2000 rpm	95,6	87,8
	95,4	86,5
	96,6	86,8
	96,3	86,3

Gama II - 2	Ruído Externo	Ruído Interno
Rot. Máxima	91,7	88,1
	92,8	89,3
	93,3	89
	91,7	88,7
2300 rpm	93,5	87,3
	93,3	87,2
	93,6	87,4
	92,6	87,6
2000 rpm	91,8	85,9
	92,7	86,3
	92,3	86,2
	92,5	85,3

Gama II - 3	Ruído Externo	Ruído Interno
Rot. Máxima	92,9	86,6
	93,3	87,2
	92,5	86,8

	93,7	87
2300 rpm	93,3	86,8
	93,1	86,5
	92,4	86,9
	92,9	87,6
2000 rpm	90,5	85,9
	90,4	86,3
	90,2	86,7
	90,5	86,7

Ensaio Rotação de Trabalho | Trator 85 cv

Gama I - 4	Ruído Externo	Ruído Interno
Rot. Máxima	97,2	87,3
	97	86,9
	96,6	86,5
	96,5	86,4
2300 rpm	95,9	87,6
	95,6	87,1
	95,8	87,5
	95,3	87,2
2000 rpm	95,5	82,9
	95,2	83,1
	94,6	83,3
	95	83,5

Gama II - 2	Ruído Externo	Ruído Interno
Rot. Máxima	98,3	86,3
	98,2	86,8
	98,5	86,9
	98,6	86,6
2300 rpm	96,4	86,9
	97	86,8
	96,1	87,1
	96,3	86,8
2000 rpm	95,5	80,7
	95,8	81,3
	95,6	80,5
	95,1	80,2
Gama II - 3	Ruído Externo	Ruído Interno
Rot. Máxima (2300 rpm)	98,2	86,2
	97,9	84,5
	97,7	85,6
	98	85,1
2000 rpm	97,3	82,1
	97	83,3
	97,3	82,3
	97,8	82,1
1700 rpm	95,5	81,4
	95,2	81,5
	95,6	82,2
	95,1	82,3
Gama II - 4	Ruído Externo	Ruído Interno
Rot. Máxima		

Observação: Na combinação GII – 4, o trator não teve força para tracionar a grade.

APÊNDICE B – Dados de temperatura coletados durante os ensaios.

Ensaio Dinâmico Trator 85 cv	
Hora	Temperatura (°C)
10:00	27,9
10:10	27,6
10:20	27,2
10:30	26,8
10:40	26,6
10:50	26,3
11:00	25,1
11:10	25,2
11:20	25,2
11:30	25
11:40	24,5
11:50	24,9
12:00	25,1
12:10	24,7
12:20	24,7
12:30	26,2

Ensaio Rotação de Trabalho Trator 85 cv	
Hora	Temperatura (°C)
08:00	24,9
08:10	25,1
08:20	27,3
08:30	26,8
08:40	26,5
08:50	25,9
09:00	25,2

ANEXO A – Certificado de calibração do registrador de temperatura



Laboratório de Metrologia

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Número do Certificado
35445/2016

Cliente Solicitante:

NOME: Patrícia Adriana Marques de Andrade	CPF:
ENDEREÇO:	
BAIRRO:	
CIDADE:	ESTADO: SP
CEP:	

Objeto da Calibração:

EQUIPAMENTO: Termômetro Digital	
FABRICANTE: Akso	
MODELO: Ak-168	
NÚMERO DE SÉRIE: H50285	IDENTIFICAÇÃO: 35445
DATA DA CALIBRAÇÃO: 31/08/2016	

Condições Ambientais Aplicáveis durante a Calibração:

Temperatura 24,3°C	Umidade Relativa % ur 55%	Pressão Atmosférica 934 mbar
------------------------------	-------------------------------------	--

Metodologia de Calibração

Procedimento de Calibração: A Calibração foi realizada conforme Procedimento HS-PCA-004.

Página 1/2

HiSeg Comércio e Assistência Técnica de Instrumentos de Medição Ltda
Avenida Jabaquara, Nº 1.245 - Sala 31 • Mirandópolis • São Paulo • SP • CEP 04045-002
Fones: (11) 2729-0643 / 2729-0647 / 2729-5867 / 2729-8810 / 5071-9811
CNPJ – 05.976.926/0001-30 • Inscrição Estadual – 116.747.723.113
www.hiseg.com.br • vendas@hiseg.com.br



Laboratório de Metrologia

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Padrões Utilizados:

Instrumentos	Certificado de Calibração - Validade do Padrão
- Calibrador Microprocessado, modelo CAPPO 2 PLUS, número de série 83582	RBC – 5700/15 - Outubro/2016
- Termo-Higrômetro Analógico Haar-Synth-Hygro, número de identificação 11174.	RBC – TP-08-404/16 - Agosto/2017
- Barômetro Digital, modelo BAR-100, número de identificação BAR-01.	RBC - PS-07-175/16 - Julho/2017

Obs. Caso queira receber uma cópia dos Padrões, por favor, encaminhe um email para padrao@hiseg.com.br.

- Observações gerais:**
- 1- O padrão e o instrumento em teste foram submetidos, em um mesmo ambiente, a diversas condições de umidade e temperatura, sendo que para cada condição foram efetuadas três leituras em cada ponto para o cálculo da incerteza de medição.
 - 2- A incerteza Expandida de Medição relatada é declarada como incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, para uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
 - 3- O presente certificado de calibração é válido apenas ao item calibrado e às condições supra mencionada.
 - 4- Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido por completo. Não pode ser utilizado para fins comerciais.

Resultados Obtidos:

Temperatura (°C)

M.M Mensurando (°C)	Valor Verdadeiro Convencional (°C)	M.M V.A. (°C)	Desvio Médio (°C)
11,6	10,0	10,6	0,6
22,3	20,0	20,4	0,4
42,5	40,0	40,6	0,6

MM – Valor da leitura média medida no instrumento
VA – Valor após o ajuste feito no instrumento

Executante:

Fabio Araujo Cestini
Responsável Técnico
RG: 24.358.505-6

Responsável:

Fabio Garrido de Camargo
Engenheiro Eletricista
CREA: 5063378179-SP

Data de Emissão: 31/08/2016

Página 2/2

HiSeg Comércio e Assistência Técnica de Instrumentos de Medição Ltda

Avenida Jabaquara, Nº 1.245 - Sala 31 • Mirandópolis • São Paulo • SP • CEP 04045-002

Fones: (11) 2729-0643 / 2729-0647 / 2729-5887 / 2729-8810 / 5071-9811

CNPJ – 05.976.926/0001-30 • Inscrição Estadual – 116.747.723.113

www.hiseg.com.br • vendas@hiseg.com.br