



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

**FRANCISCA NIVANDA DE LIMA ESTEVAM**

**VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ERGONÔMICAS NA OPERAÇÃO COM  
MICROTRATOR**

**FORTALEZA**

**2015**

FRANCISCA NIVANDA DE LIMA ESTEVAM

VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ERGONÔMICAS NA OPERAÇÃO COM MICROTRATOR

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

Orientador: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho.

Coorientador: Prof. Dr. Leonardo De Almeida Monteiro.

FORTALEZA

2015

- 
- E84v    Estevam, Francisca Nivanda de Lima.  
    Variáveis ambientais e ergonômicas na operação com microtrator / Francisca Nivanda de Lima Estevam – 2015.  
    80 f.: il. Color.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2015.  
    Área de Concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.  
    Orientação: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho  
    Coorientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.
1. Máquinas agrícolas. 2. Ergonomia. 3. Stress ocupacional. I. Título.

FRANCISCA NIVANDA DE LIMA ESTEVAM

VARIÁVEIS AMBIENTAIS E ERGONÔMICAS NA OPERAÇÃO COM MICROTRATOR

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

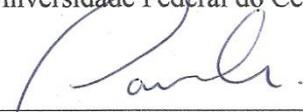
Aprovada em: 28/07/2015.

BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho  
(Orientador).

Universidade Federal do Ceará (UFC)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani  
Universidade Estadual Paulista "Júlio De Mesquita Filho" (UNESP/Jaboticabal)

A Deus.

A minha mãe, irmãos e família.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me iluminar em minha caminhada.

A minha mãe Cecília Maria, por me apoiar em minhas escolhas e projetos.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho, pela excelente orientação, disponibilidade, amizade e contribuição à minha formação e desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro pelos ensinamentos sempre valiosos, paciência, disponibilidade, incentivo a novos projetos e estudos, amizade e pelo apoio de sempre desde os tempos da graduação.

Aos professores da Engenharia de Sistemas Agrícolas, Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, Prof. Dr. Daniel Albiero, Prof. Dr. Danilo Loureiro pela disponibilidade, contribuição durante o mestrado.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Aos professores participantes da banca examinadora pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos amigos dos grupos de pesquisa NEAMBE, LIMA e NIMPA.

Aos amigos da turma de mestrado, Renata Fernandes de Queiroz, Enio Costa, Isabela Lima, Mara Alice, Evanaldo Lima, Edcarla Nicolau, Paulo Ricardo, Daniel Gurgel, Wesley Araújo, Maria de Paula, Yves Klavdian, Karla Lúcia e os demais, pelas reflexões, críticas, sugestões, momentos de descontração e amizade. E reforçar meu muito obrigado a minha equipe: Renata, Isabela e Paulo, que me ajudaram no desenvolvimento do meu experimento de campo.

Aos meus amigos desde os tempos de graduação, Mariana Cândido e Hiara Marques que são pertencentes a outros grupos de pesquisa, mas que sempre contribuem na minha caminhada.

Ao Instituto Federal do Ceará pela gentileza e empréstimo dos aparelhos utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

**“Crê e trabalha”**

**Francisco Cândido Xavier**

## RESUMO

ESTEVAM, Francisca Nivanda de Lima, Universidade Federal do Ceará. Julho de 2015.  
**Variáveis ambientais e ergonômicas na operação com microtrator** Orientador: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho. Conselheiros: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani.

A utilização de microtratores na agricultura familiar otimizou o trabalho, mas ainda assim, não excluiu totalmente o operador dos riscos da atividade, pois o mesmo realiza o trabalho em campo aberto totalmente exposto a variação das condições climáticas, principalmente a radiação solar, temperatura e umidade relativa, além do ruído intenso e da vibração produzida pelo microtrator. A caracterização deste ambiente e dos riscos laborais produzidos pela máquina são necessários para o desenvolvimento de estratégias que possam minimizar os riscos e dar condições ao operador de desempenhar sua atividade sem comprometimento da sua condição física. O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Lavoura Seca (FELS) da Universidade Federal do Ceará (UFC) localizada no município de Quixadá, sertão central do Ceará. Utilizou-se um microtrator modelo TC14 Super (cultivador motorizado), marca Yanmar Agritech, acoplado a uma enxada rotativa. Para as medições das variáveis climáticas, do operador e do microtrator foram utilizados sensores e aparelhos instalados nos mesmos. O delineamento experimental foi feito esquema fatorial 3x5, onde foram utilizadas três velocidades para cinco horários ao longo do dia. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Concluiu-se que a atividade realizada pelo operador de microtrator no município de Quixadá-Ceará é considerada estressante, devido à alta carga térmica e característica do clima do município. Todos os métodos utilizados foram de valia para caracterização da atividade que se mostrou insalubre para o ruído e salubre para vibração. O método OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) foi eficaz para identificar o risco ergonômico da atividade, sendo as costas do operador a parte do corpo mais afetada, pela tendência do operador de se inclinar durante a atividade, recomenda-se a implementação de ginástica laboral, alongamentos antes e depois da atividade, para diminuir o risco de lesões musculares e lombalgias.

**Palavras-chave:** Salubridade. Carga térmica. OWAS.

## ABSTRACT

ESTEVAM, Francisca Nivanda de Lima, Federal University of Ceará. July 2015. **Environmental and ergonomic variables in operation microtractor.** Advisor: Prof. Dr. José Antonio Delfino Barbosa Filho. Committee members: Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, Prof. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani.

The use of microtratores in family farming optimized the work, but still, did not exclude the operator of the activity of risk, because it gets the job done in fully exposed open field the variation in climatic conditions, especially solar radiation, temperature and humidity relative, apart from the loud noise and vibration produced by microtractor. The characterization of environmental and occupational hazards produced by the machine are needed for the development of strategies that can minimize risk and provide conditions for the operator to perform their activities without compromising their condition. The study was conducted at the Experimental Farm Crop Drought (FELS) of the Federal University of Ceará (UFC) in the municipality of Quixadá, central backwoods of Ceará. We used a microtractor model TC14 Super (motor cultivator) brand Yanmar Agritech, coupled to a rotary tiller. For measurements of climate variables, operator and microtractor were used sensors and devices installed in them. The experiment was done factorial 3x5, which were used three speeds to five times throughout the day. The data were submitted to variance analysis and the averages were compared by Tukey test at 5% probability. It was concluded that the activity carried out by microtractor operator in the city of Quixadá-Ceará is considered stressful, due to the high thermal load and municipal climate feature. All methods used were of value to characterize the activity that proved unhealthy for noise and vibration for wholesome. The OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) method was effective to identify ergonomic risk of the activity, and operator's back part of the most affected body, the operator's tendency to tilt during activity, it is recommended to implement fitness labor, stretches before and after activity to reduce the risk of muscle injury and back pain.

**Keywords:** Salubrity. Thermal load. OWAS.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Microtrator utilizado no Município de Ibicuã-Ce.....	20
Figura 2 – Comprimentos de onda.....	23
Figura 3 – Ficha técnica do protetor auricular.....	24
Figura 4 – Comprimentos de onda.....	26
Figura 5 – Tratorista Ideal.....	31
Figura 6 – Diferentes frequências de ressonância do corpo humano.....	36
Figura 7 – Termogramas de um microtrator e operador.....	39
Figura 8 – Interfaces do Software Ergolândia 5.0.....	41
Figura 9 – Área da fazenda.....	44
Figura 10 – Município de Quixadá.....	45
Figura 11 – Microtrator Yanmar Agritech TC-14S.....	46
Figura 12 – Hobo Pro V2 <i>Data Logger</i> instalado no microtrator.....	46
Figura 13 – Dosímetro DOS-500 instalado no operador.....	47
Figura 14 – Medidor de estresse térmico modelo TGD-400.....	49
Figura 15 – Medidor de vibração MV-100.....	51
Figura 16 – Medidor de batimentos cardíacos.....	51
Figura 17 – Termovisor Flir modelo i3.....	52
Figura 18 – Postura do operador durante atividade.....	53
Figura 19 – Gráfico de temperatura do 1º dia de coleta.....	55
Figura 20 – Gráfico de umidade do 1º dia de coleta.....	55
Figura 21 – Gráfico de temperatura do 2º dia de coleta.....	56
Figura 22 – Gráfico de umidade do 2º dia de coleta.....	56
Figura 23 – Gráfico de temperatura do 3º dia de coleta.....	56
Figura 24 – Gráfico de umidade do 3º dia de coleta.....	57

Figura 25 – Gráfico de velocidade do vento do 1º dia de coleta.....	58
Figura 26 – Gráfico de velocidade do vento do 2º dia de coleta.....	58
Figura 27 – Gráfico de velocidade do vento do 3º dia de coleta.....	58
Figura 28 – Gráfico de temperaturas obtidas pela termografia no 1º dia de coleta.....	62
Figura 29 – Gráfico de temperaturas obtidas pela termografia no 2º dia de coleta.....	62
Figura 30 – Gráfico de temperaturas obtidas pela termografia no 3º dia de coleta.....	63
Figura 31 – Termogramas do operador.....	64
Figura 32 – Resultado da análise postural do operador durante o experimento através do software Ergolândia 5.0.....	65
Figura 33 – Posturas do operador durante atividade.....	66
Figura 34 – Médias de ruído durante a atividade.....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Sensação do organismo humano em função da umidade relativa do ar.....	27
Tabela 2 – Níveis de alerta e suas consequências humanas do IC.....	28
Tabela 3 – Critérios de classificação do ITU.....	29
Tabela 4 – Efeitos de desvios da temperatura de trabalho confortável.....	33
Tabela 5 – Relação entre a frequência vibracional e os efeitos de ressonância no corpo humano.....	37
Tabela 6 – Vibrações em ferramentas motorizadas portáteis.....	37
Tabela 7 – Níveis de ação e limites de exposição para vibrações de corpo inteiro e membros superiores.....	38
Tabela 8 – Classificação da carga física de trabalho através da frequência cardíaca de trabalho.....	43
Tabela 9 Médias históricas mensais e anuais de temperatura, umidade relativa em Quixadá-CE.....	45
Tabela 10 – Limites de tolerância para ruído contínuo e intermitente.....	48
Tabela 11 – Taxas de metabolismo por atividade.....	50
Tabela 12 – Tipo de atividade.....	50
Tabela 13 – Codificação da postura.....	53
Tabela 14 – Classificação das categorias.....	54
Tabela 15 – Análise de variância para delineamento casualizado em esquema fatorial 3x5.....	54
Tabela 16 – Médias de índice de calor (IC) coletados nos dias de experimento.....	57
Tabela 17 – Médias de índice de (ITU) coletados nos dias de experimento.....	59
Tabela 18 – Análise de variância para valores médios de temperatura e umidade.....	59
Tabela 19 – Carga física de trabalho em relação aos dias e horários do experimento.....	60
Tabela 20 – Valores médios de IBUTG e temperatura do ar.....	61

Tabela 21 – Análise de variância para valores médios dos níveis de ruído.....	68
Tabela 22 – Recomendações dos limites de exposição às vibrações dos sistema mão- braço segundo ACGIH.....	69
Tabela 23 – Análise de variância para valores médios de Aeq e A(8).....	70
Tabela 24 – Limites de exposição à vibração.....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
bats/min	Batimentos por minuto
CF	Constituição federal
CLT	Consolidação das Leis de Trabalho
dB	Decibel
EPI	Equipamento de proteção Individual
Hz	Hertz
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
IC	Índice de Calor
IEA	Associação Internacional de Ergonomia
ITU	Índice de Temperatura e Umidade
kHz	Quilohertz
NHO 01	Norma De Higiene Ocupacional
NHO 06	Norma De Higiene Ocupacional 6
NHO 09	Norma De Higiene Ocupacional
NR	Normas Regulamentadoras
NR-15	Norma Regulamentadora 15
NR-21	Norma Regulamentadora 21
NR-9	Norma Regulamentadora 9
PCMSOs	Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional
PPRAs	Programas de Prevenção de Riscos Ambientais
SSO	Segurança e Saúde ocupacional
tar	Temperatura do Ar
UR	Umidade Relativa
UVA	Ultravioleta A
UVB	Ultravioleta B
UVC	Ultravioleta C
Var	Velocidade do Vento
VCI	Vibração de Corpo Inteiro

## LISTA DE SÍMBOLOS

- °F Fahrenheit
- % Porcentagem
- °C Celsius

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Ambiência nas atividades realizadas em espaços abertos.....</b>	<b>18</b>
2.1.1	Agentes ou riscos ambientais .....	20
<b>2.2</b>	<b>Fundamento das Ondas.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Ruído.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4</b>	<b>Vibração.....</b>	<b>24</b>
<b>2.5</b>	<b>Radiações eletromagnéticas .....</b>	<b>25</b>
<b>2.6</b>	<b>Conforto térmico humano.....</b>	<b>27</b>
2.6.1	Índice de Calor.....	28
2.6.2	Índice de Temperatura e Umidade .....	28
<b>2.7</b>	<b>Ergonomia .....</b>	<b>29</b>
2.7.1	Normas Regulamentadoras (NRs) .....	31
2.7.2	Avaliação de riscos .....	33
<b>2.8</b>	<b>Termografia .....</b>	<b>38</b>
<b>2.9</b>	<b>Variáveis Ergonômicas e de segurança .....</b>	<b>39</b>
2.9.1	Carga física de trabalho .....	41
<b>3.</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
<b>3.1</b>	<b>Local.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2</b>	<b>Máquina.....</b>	<b>45</b>
<b>3.3</b>	<b>Aparelhos e equipamentos .....</b>	<b>46</b>
3.3.1	Avaliação da exposição ao ruído .....	47
3.3.2	Avaliação da exposição ao calor .....	49
3.3.3	Exposição a Vibração.....	51
3.3.4	Avaliação da Temperatura Corporal e batimentos cardíacos .....	51
3.3.5	Medidas ergonômicas relacionadas ao operador em atividade.....	52
3.3.6	Análise de dados .....	54
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>55</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise das Variáveis .....</b>	<b>55</b>
4.1.1	Índice de calor.....	55
4.1.2	Índice de temperatura e umidade .....	58
4.1.3	Carga física de trabalho .....	60
4.1.4	Ibutg.....	61
4.2.5	Termografia.....	61
4.1.6	Análise postural do operador .....	64
4.1.7	Ruído.....	67

4.1.8	Vibração .....	68
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>71</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A agricultura ao longo dos anos com a implementação de novas tecnologias e maquinários tem contribuído para o desenvolvimento ao país, a partir do conhecimento das condições de solo, clima e cultivar foi possível expandir a produção e atingir novos mercados consumidores. Para melhorar as condições do trabalhador agrícola foram desenvolvidas inicialmente ferramentas manuais e equipamentos de tração animal, evoluindo para máquinas e equipamentos tratorizados ou automotrizes capazes de maximizar a produção otimizando o tempo e a área utilizada para o preparo do solo, semeadura, plantio e colheita. Consideramos o trabalho no campo do tipo não estruturado, ou seja, o trabalhador não possui um posto fixo de trabalho, as tarefas são muito variáveis, em geral se tratam de trabalhos árduos executados em posturas inconvenientes e em ambientes desfavoráveis, sob exposição direta ao sol e a outros fatores como a vibração da máquina, ruído, poeira, fumaça, risco de acidentes, entre outros. As tarefas de arar e gradear o solo, semear, colher exigem muito do trabalhador que por muitas vezes sofre lesões por desenvolver estas atividades em má postura. Com o avanço da mecanização, otimizou-se o trabalho, mas o operador não ficou livre dos riscos gerados pela atividade. No manejo do microtrator o operador caminha atrás da máquina ficando exposto ao ruído e vibração produzidos pela mesma, além da exposição as intempéries do ambiente. A importância do impacto destes fatores no espaço laboral é estudada pela ambiência agrícola, que avalia as condições de conforto e bem-estar do operador. Apesar de constantes trabalhos feitos a respeito da relação do homem com o ambiente de trabalho, ainda são poucos os relacionados com a ambiência do operador de trator agrícola. Ainda não se sabe o quanto a atividade de operação de tratores e microtratores, afeta a saúde e bem-estar do operador.

O objetivo deste estudo teve dois focos: o primeiro em caracterizar o ambiente do operador de microtrator agrícola, avaliando como as variáveis ambientais e da máquina atuam no conforto e saúde ocupacional do mesmo e como segundo sugerir estratégias para melhorar o conforto do operador, proporcionar a prevenção de acidentes e o aparecimento de patologias específicas do tipo de atividade.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Ambiência nas atividades realizadas em espaços abertos

O clima é destacado com um dos principais fatores considerados nos projetos de ambientes para produção animal, vegetal ou espaços laborais por afetar diretamente na produção. O ambiente térmico, geralmente, engloba os efeitos da radiação solar, temperatura do ar ( $t_{ar}$ ), umidade relativa (UR) do ar e velocidade do vento ( $V_{ar}$ ) (FALCO, 1997; BAETA; SOUZA, 1997), sendo a combinação  $t_{ar}$ -UR o principal condicionante para o conforto térmico e funcionamento geral dos processos fisiológicos. Altos valores de  $t_{ar}$  e UR resultam em desconforto térmico, que prejudica a saúde, interferindo no rendimento e podendo resultar em riscos de acidentes.

A ambiência caracteriza-se como o estudo da confortabilidade dos espaços, com o propósito de torná-los adequados ao processo de desenvolvimento, produção e/ou trabalho (espaços laborais). Segundo Barbosa Filho (2010), a ambiência agrícola surge justamente dessa necessidade de se avaliar os impactos que as condições climáticas trazem para a produção agrícola em geral e como na atividade agrícola se tem os setores de produção vegetal e animal a pesquisa em ambiência também segue essa divisão. Focando na ambiência humana, esta área de estudo visa “projetar” um espaço adequado a atividade laboral levando em consideração as variáveis ambientais e ergonômicas do local.

Em espaços abertos, o conforto humano pode ser afetado por diversos parâmetros, entre eles os climáticos, as atividades humanas e o nível de vestimenta utilizado (STATHOPOULOS; ZACHARIAS, 2004). O ambiente térmico, geralmente, engloba os efeitos da radiação solar, temperatura do ar ( $t_{ar}$ ), umidade relativa (UR) do ar e velocidade do vento ( $V_{ar}$ ) (FALCO, 1997; BAETA; SOUZA, 1997), sendo a combinação  $t_{ar}$ -UR o principal condicionante para o conforto térmico e funcionamento geral dos processos fisiológicos. Altos valores de  $t_{ar}$  e UR resultam em desconforto térmico, que prejudica a saúde, interferindo no rendimento e podendo resultar em riscos de acidentes.

Dentre as inúmeras atividades rurais, a operação com tratores agrícolas presta muitos serviços ao homem do campo. Com a mecanização agrícola o produtor consegue extrair o máximo da terra com o menor esforço, juntamente com diversos implementos facilitando a realização de várias atividades que vão desde o preparo do solo, semeadura até transporte do

produto final. (BARBOSA FILHO, 2013). Poucos estudos têm sido conduzidos em relação à ambiência do trabalhador rural, fatores como exposição ao sol, a poeiras, vestimenta correta, uso de equipamento de proteção individual (EPI), vibração da máquina, ruído, entre outras, devem ser levados em consideração para manter o ambiente adequado a atividade desempenhada, para não ocorra interferência na saúde dos operadores.

A Norma Regulamentadora 21 (NR-21) trata justamente destes trabalhadores que desempenham suas atividades a céu aberto e estabelece um conjunto de medidas para que os trabalhadores possam ser protegidos das intempéries usando medidas especiais contra insolação excessiva, calor, frio, umidade e ventos inconvenientes e assim poder realizar sua atividade com o mínimo de conforto e bem-estar. A exposição excessiva aos raios solares é o maior problema enfrentado por este trabalhador já que na região nordeste os níveis de radiação solares são altos, mesmo com este dado, não é dado neste caso o adicional a insalubridade.

Com o avanço da agricultura muitas atividades de preparo do solo para a lavoura, que antes eram realizadas de forma manual, atualmente são realizadas com o auxílio de máquinas agrícolas que otimizam o tempo e a operação agrícola, entretanto, os operadores continuam expostos a uma determinada carga física e, neste caso, também mental, pois a operação de um trator exige o controle simultâneo de diversas variáveis referentes ao trabalho (MÁRQUEZ, 1990). A mecanização agrícola tem como objetivos o aumento da produtividade e modificar o trabalho agrícola, na tentativa de deixá-lo menos árduo e mais confortável para o operador. Atividades como o preparo de solo, adubação, pulverização e colheita, que eram realizadas somente com o trabalho manual e a tração animal, hoje são desenvolvidas com o auxílio de máquinas. Isso ajuda a garantir melhores produtividades e permite o cultivo de maiores áreas (CUNHA *et al.*, 2009).

O trator agrícola destaca-se neste processo de desenvolvimento da agricultura brasileira devido à sua versatilidade na execução de inúmeras tarefas no meio rural, servindo como fonte de potência e tração de diversos equipamentos e implementos agrícolas (ROZIN, 2004). Na agricultura familiar temos uma diversificação de atividades, onde torna-se necessário como fonte de potência o emprego de tratores de rabiças. De acordo com Rodrigues *et al.* (2006) o trator de rabiças é um veículo de menor porte, ágil e com aptidão para minimizar o problema que vem se tornando cada vez mais acentuado a escassez de mão-de-obra no campo. Com o microtrator torna possível abranger uma maior área em menor tempo quando comparado com a utilização da fonte de tração animal (MORAIS *et al.*, 2009).

No manejo deste tipo de trator é feito em pé e além de emitir altos níveis de ruído não só ao operador, como também as pessoas que estão em áreas próximas a lavoura, o peso do

microtrator interfere nas condições relacionadas a ergonomia, pois o operador muitas vezes gira o tronco nas manobras (curvas), move o pescoço para trás para verificar a área trabalhada e usa da força para levantar a máquina quando encontra algum obstáculo. Em algumas regiões do Ceará ainda existem comunidades de pequenos agricultores que sobrevivem do cultivo de milho, feijão e cultivo de hortas que atendem a pequenos comércios e a consumo próprio, que fazem uso o microtrator muitas vezes em más condições, sem as manutenções adequadas e com algumas “adaptações” que os agricultores fazem para desenvolver outras atividades, que por muitas vezes agravam a situação do operador. (Figura 1).

Figura 1 – Microtrator utilizado no município de Ibicuã-Ce



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

### 2.1.1 Agentes ou ricos ambientais

Em todos os espaços laborais é necessária a caracterização dos agentes que de alguma forma possam interferir na realização das atividades. As atividades a céu aberto estão sujeitas as variações climáticas e intempéries, variação da radiação solar e outros fatores externos que influenciam na precisão da avaliação. Sendo assim, a caracterização da insalubridade por calor nessas atividades fica prejudicada. Com essa variação climática influenciando no ambiente, não é possível quantificar o número de horas e períodos do ano em que o trabalhador fica exposto ao calor acima dos limites de tolerância. (MAREK, 2013).

No meio rural as atividades agrícolas exercidas pelos trabalhadores acontecem no campo em áreas abertas, onde as condições climáticas interferem no desempenho da mesma. Os agentes que fazem parte deste ambiente como temperatura do ar, velocidade do vento,

radiação solar, umidade relativa, ruído, vibração entre outros, passam de agentes para riscos ambientais quando ultrapassam o limite estabelecido para saúde e segurança do trabalhador. A Norma Regulamentadora 9 (NR-9), no item 9.1.5 estabelece a diferença entre agente e risco ambiental: “Para efeito nesta NR, consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.”

Então segundo a NR-9, o agente ambiental quando está a uma intensidade e tempo que começa a causar danos à saúde do trabalhador passa a ser chamado de risco ambiental, quando a sua intensidade e tempo de exposição não causa danos à saúde do trabalhador ele é apenas agente ambiental. (BRASIL, 2015). Com a caracterização destes agentes ou riscos ambientais faz-se necessário o estudo de como este agente penetra no corpo do trabalhador, para assim estabelecer o controle ambiental e também o controle da saúde do trabalhador, já que estes agentes quando passam a ser riscos ambientais provocam agressões ao corpo que podem gerar doenças ocupacionais graves.

Quando o agente se torna nocivo à saúde do trabalhador ele é definido como insalubre, mas segundo as NR-15 (atividades e operações insalubres) só serão considerados agentes insalubres aqueles que estiverem listadas e que fazem jus ao adicional de insalubridade. Vale ressaltar que alguns agentes mesmo que não citados nesta listagem podem sim em concentração ou tempo de exposição elevado ser nocivo à saúde do trabalhador. (BRASIL, 2015).

Os agentes ou riscos ambientais que compõem o ambiente ao céu aberto podem ser de natureza biológica, química ou física. Dependendo da atividade podem ser caracterizados também como agentes ou riscos de natureza ergonômica ou de natureza mecânica. Entre os riscos ambientais, os físicos no trabalho a céu aberto podem causar maior nocividade ao trabalhador que fica muito exposto as intempéries que dependendo da região torna as condições trabalho estressantes.

## **2.2 Fundamento das Ondas**

O ambiente térmico do trabalhador é composto de agentes ambientais como a temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar e ruídos e vibrações decorrentes de máquinas utilizadas em diversas atividades. O estudo destas variáveis

combinadas resulta nos índices que caracterizam o ambiente em confortável ou não ao trabalhador. A NR-15 anexos de 1 a 10 considera agentes físicos o ruído, o calor, iluminação, vibrações, umidade, radiação não-ionizantes, entre outros. O ruído, as radiações e a vibração são agentes propagados por ondas (mecânicas e eletromagnéticas) e o que faz estas “ondas” serem ou não agressivas ao trabalhador é a potência (força de propagação), a intensidade e o tempo de exposição.

Segundo Hewitt (2002), onda é uma oscilação que é função tanto do espaço como do tempo. As ondas são perturbações que se propagam no espaço, ou em meios materiais, transportando energia. De acordo com a sua natureza, as ondas podem ser classificadas em dois tipos: ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas. As ondas mecânicas são as ondas que se propagam em meios materiais, como exemplo, temos as ondas marítimas, ondas sonoras, ondas sísmicas (vibrações), etc. As ondas eletromagnéticas são resultado da combinação de campo elétrico com campo magnético, tendo como principal característica é que não precisam de um meio material para propagarem-se. São exemplos desse tipo de onda a luz, os raios X, as microondas, ondas de transmissão de sinais entre outras.

As ondas são compostas de duas fases em relação a linha de base. Uma onda possui uma frequência e um comprimento. A frequência corresponde ao número de vezes que uma onda passa por um ponto do espaço num intervalo de tempo, ou seja, ao número de oscilações da onda por unidade de tempo em relação a um ponto. A frequência é geralmente expressa em ciclos por segundo ou Hertz. O comprimento de onda indica a distância entre dois pontos semelhantes de onda, dado em metros. (BORGES, 2009).

A quantidade de ciclos que a onda completa no espaço de tempo de um segundo é denominada frequência, que é dada em Hertz (Hz) – ciclos por segundo. Uma onda de 3 ciclos por segundo caracteriza uma onda de 3Hz. O comprimento de onda é inversamente proporcional à frequência da onda, ou seja, uma onda de 3Hz tem comprimento maior que uma onda de 5Hz por exemplo. Toda onda perde amplitude (força, potência) durante sua propagação, porém a frequência (quantidade de ciclos por segundo) se mantém constante. Então quanto mais perto da fonte emissora maior será a potência sentida pelo trabalhador.

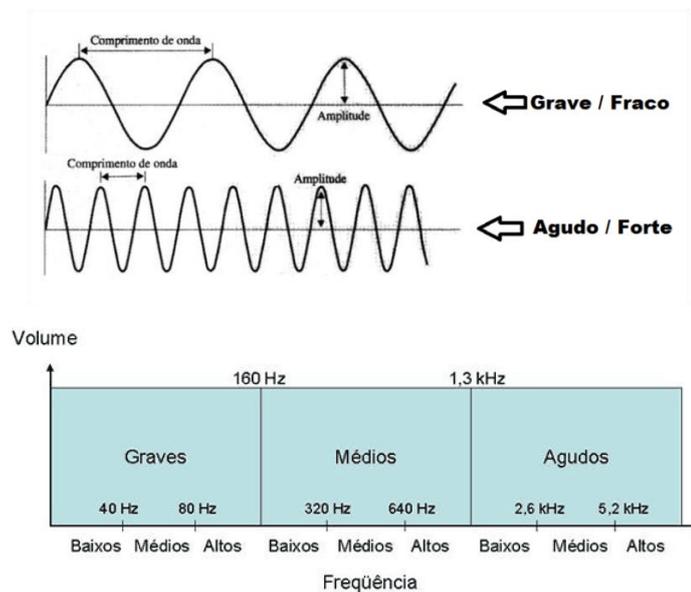
### **2.3 Ruído**

A definição mais simples de ruído é qualquer som indesejado. Na prática chama-se

de “som” quando não é desagradável e “ruído” quando perturba (KROEMER E GRANDJEAN, 2005). Segundo Silveira (2008) o ruído produzido nas operações agrícolas pode prejudicar a sensibilidade da audição não só do operador, mas também de pessoas que estejam ao alcance do ruído. Quanto mais próximo o trabalhador está da fonte geradora do ruído, maior será a amplitude (potência) e volume do som, mais exposto ao risco ele estará e conforme for afastando-se da fonte menos exposto ao ruído estará. As máquinas agrícolas em geral expõem os trabalhadores a níveis de ruído acima do permitido pela legislação, conforme a Norma Regulamentadora nº 15 da portaria 3.214 de 1978 (SANTOS, 2004).

Segundo a NR-15, em seu anexo I, o limite de tolerância para o ruído contínuo ou intermitente estabelecido para uma máxima exposição diária de 8 hora de trabalho é de 85dB, a partir deste valor já passa a ser um risco para a saúde. No caso do ruído a frequência expressa o tipo de tom (agudo, médio ou grave). Ondas com comprimento curto tem uma frequência alto produzindo um som agudo e as ondas de comprimento longo, tem uma frequência baixa e produzem som grave (Figura 2).

Figura 2 - Comprimento de ondas



Fonte: Adaptado [www.sofisica.com.br](http://www.sofisica.com.br)

A importância de se saber a frequência do som ou ruído está no nível de ação a ser aplicado pelo profissional responsável pela saúde e segurança do trabalho para assim minimizar o risco, seja adotando programas de prevenção de riscos ambientais (PPRAs), bem como programas de controle médico de saúde ocupacional (PCMSOs). A frequência do ruído é importante na escolha dos protetores auditivos, porque na ficha técnica deste equipamento de

proteção individual são descritas as faixas de som/ruído (em hertz) e a redução que este protetor vai ser promover ao trabalhador, que pode ser mais eficaz na redução de sons graves ou em sons agudos, vai depender do tipo de protetor auditivo. Erroneamente muitos profissionais escolhem os protetores mais pela marca e não se atentam para este detalhe. A figura 3 a seguir, demonstra a ficha técnica do protetor auricular com a redução dos decibéis em algumas frequências.

Figura 3 - Ficha técnica do protetor auricular

**Boletim Técnico**

**PROTETORES AUDITIVOS – 3M MILLENIUM**  
C.A.: 11882

**DESCRIÇÃO E APLICAÇÕES DO PRODUTO**

Protetor auditivo do tipo inserção pré-moldado, confeccionado em silicone, no formato cônico, com três flanges concêntricas, de diâmetros variáveis, contendo um orifício em seu interior, que torna o equipamento macio e facilmente adaptável ao canal auditivo. Confeccionado com silicones de duas durezas: os flanges são feitos de um silicone mais macio para melhor vedação e maior conforto. A haste é feita de um silicone um pouco mais rígido para facilitar a inserção no canal auditivo. O protetor está disponível em três tamanhos (P, M e G), com cordão e caixa plástica.

**CARACTERÍSTICAS:**

Modelo	Cor do Flange	Cor da Haste	Cor do Cordão de Poliéster	Cor do Cordão de PVC
P	Amarelo	Azul	Amarelo	Branco
M	Amarelo	Verde	Amarelo	Branco
G	Amarelo	Vermelho	Amarelo	Branco

**DESEMPENHO**

Testado de acordo com a norma ANSI S12.6/1997 – Método B – Método do Ouvido Real – Colocação pelo Ouvinte pelo Laboratório de Ruído Industrial (LARI) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), tendo sido obtido o Nível de Redução de Ruído Subject Fit (NRRsf) de 15 dB.

FREQUENCIA (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NRRsf
Redução de ruído no ouvido (dB)	20,8	23,1	25,4	23,1	28,6	27,6	36,2	15
Desvio padrão (dB)	7,9	9,0	9,1	7,6	5,7	8,2	9,9	dB

3M Saúde Ocupacional  
Disque Segurança: 0800 550705  
[www.3Mbr.com.br](http://www.3Mbr.com.br)

Revisado em Julho de 2011



Fonte: 3M solutions

No caso deste protetor ele é mais eficiente na redução de tons agudos do que na redução de tons graves. A capacidade auditiva humana vai de 20Hz a 20 KHz, acima (infrassom) ou abaixo (ultrassom) deste intervalo não é mais identificado.

## 2.4 Vibração

Vibrações são oscilações da massa em função de um ponto fixo (KROEMER E GRANDJEAN, 2005). Para Saliba *et al.* (2002, p.44) o conceito de vibração é “um movimento oscilatório de um corpo devido a forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento”. A propagação das ondas de vibração é semelhante a dinâmica das ondas produzidas pelo ruído. As vibrações podem ser de corpo inteiro quando numa situação o corpo vibra com a máquina (ao manejar um trator agrícola, por exemplo) e localizadas, que ocorrem quando se opera um equipamento.

Segundo Vendrame (2006), um corpo está em vibração quando descreve um movimento oscilatório em torno de um ponto fixo, sendo que, o número de vezes em que o ciclo completo do movimento se repete durante o período de um segundo é chamado de frequência, e é medido em ciclos por segundo ou Hertz [Hz]. A vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade. O corpo humano possui uma vibração natural. Se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que implica em amplificação do movimento. A energia vibratória é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos. (VENDRAME, 2009).

Kroemer e Grandjean (2005) comentam que ferramentas motorizadas e utilizadas durante anos podem ocasionar problemas nas mãos e braços e apontam a frequência da vibração como fator decisivo. Relatam ainda que ferramentas com frequência de vibração abaixo de 40 Hz podem causar sintomas degenerativos nos ossos, articulações e tendões das mãos e braços, levando à artrite do punho, cotovelo e ombro.

A dose de vibração recebida por pessoas que lidam, ocupacionalmente, com instrumentos vibratórios pode ser irreversível e a desordem é geralmente progressiva com o aumento da exposição à vibração. Essa exposição pode trazer consequências em mãos e braços de trabalhadores durante sua vida, tais como diminuição da perfusão, intolerância ao frio, enfermidade e incapacidade para manusear objetos pequenos, rigidez nos dedos, redução da força de preensão palmar, dor e fadiga. Considerando que diversas atividades laborais utilizam como ferramenta de trabalho um equipamento que emite energia vibratória mecânica, este estudo tem por finalidade verificar quais são essas ocupações e quais danos físicos são encontrados nesses trabalhadores ao longo dos anos de trabalho. (SEBASTIÃO *et al*, 2007).

## **2.5 Radiações eletromagnéticas**

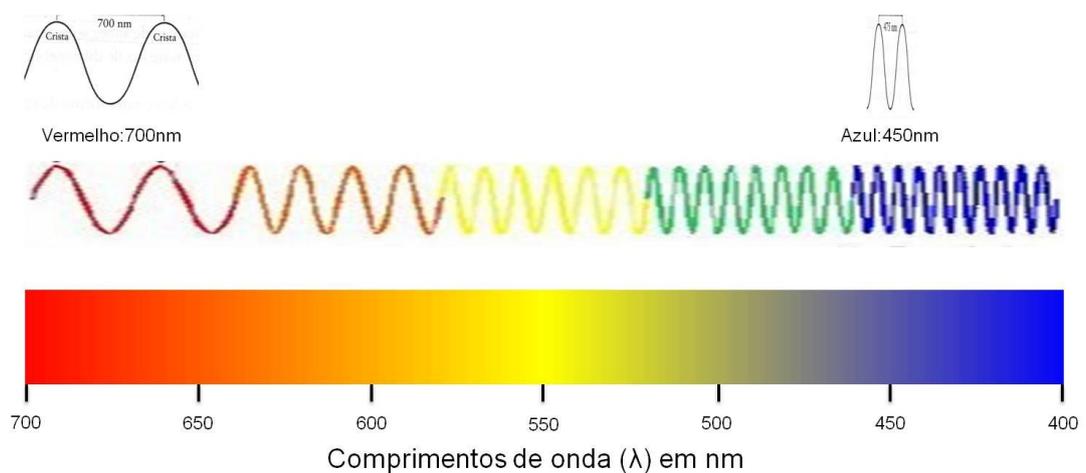
Seguem os mesmos fundamentos das ondas de ruído e vibração, a diferença está na potência da onda que é medida em Watts e as frequências são mais altas. Estas radiações estão divididas em ionizantes e não-ionizantes que são as que os trabalhadores que realizam atividades a céu aberto encontram-se expostos, no caso a maior fonte seria as radiações ultravioletas emitidas pelos raios solares. Segundo a NR-15 as radiações não-ionizantes são aquelas que tem como fonte as micro-ondas, raios ultravioletas e laser. As atividades ou

operações que exponhamos trabalhadores as radiações de luz negra (ultravioleta na faixa de 400-320 nanômetros) não são considerados insalubres. A exposição do trabalhador será nociva à sua saúde dependendo da potência (amplitude) da radiação, do tipo (frequência), da proximidade da fonte e do tempo de exposição (BRASIL, 2015).

Em altos níveis de exposição à radiação solar é considerada um risco físico a saúde do trabalhador. Esta é a radiação mais presente, a luz solar é composta da luz branca (visível) que tem faixas que variam do vermelho ao violeta e é na verdade um espectro com várias cores de luz, que são ondas eletromagnéticas com diferentes comprimentos de ondas e frequências. Esta divisão da luz branca nas várias cores do arco-íris foi descoberta por Issac Newton em 1665, ele desenvolveu um disco colorido, “disco de newton” que ao girar mostrava que a soma de todas as cores resultava na cor branca.

Quando em um corpo vermelho há incidência da luz branca, somente a radiação da luz vermelha é refletida e as demais ficam absorvidas, quando a luz branca incide em um corpo negro todas as radiações são absorvidas e nenhuma é refletida e quando a luz branca incide em um corpo branco todas as radiações são refletidas e nenhuma é absorvida. Isto explica a sensação térmica de algumas cores, nos trabalhos ao céu aberto é preferível usar roupas com tons mais claros para evitar a maior absorção de radiação solar que gera uma sensação de calor excessivo. O que diferencia as cores (radiações) é o comprimento de onda, quanto mais próximo do violeta menor é o comprimento de onda, logo a frequência é maior (Figura 4).

Figura 4 - Comprimentos de onda



Fonte: [www.sofisica.com.br](http://www.sofisica.com.br)

As ondas infravermelhas e ultravioletas não são visíveis ao olho humano, porém são as faixas que mais oferecem riscos à saúde. A exposição à radiação solar pode ocasionar

doenças de pele e de olhos, o principal efeito é o aquecimento dos tecidos do corpo, que pode ocasionar queimaduras na pele (vermelhidão). A radiação solar afeta muito o olho humano, os raios ultravioletas causam problemas de conjuntivite, catarata, entre outros.

## 2.6 Conforto térmico humano

Segundo Garcia (1985), o conforto térmico consiste no conjunto de condições em que os mecanismos de autorregulação são mínimos, ou ainda na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifeste se sentir bem. Este conceito implica na definição de índices em que o ser humano se sinta confortável em condições térmicas satisfatórias. Esta condição é descrita pela ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (1992): “Condição da mente que expressa satisfação com o meio térmico em que a pessoa está inserida.” Este conforto vai depender das características do indivíduo, fatores como idade, adaptação fisiológica, estado de saúde, vestimenta usada e do ambiente como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento. As condições climáticas da região estudada irão determinar o conforto, já que as variáveis mudam conforme o lugar. As temperaturas nas quais se verificará uma sensação de desconforto variam de acordo com os indivíduos que, por sua vez estão adaptados a determinado clima (BALDINI E TAVARES, 1985).

A Tabela 1 demonstra a sensação térmica do corpo humano em função de diferentes valores de temperatura e umidade relativa do ar. Observa-se que quanto maior for o valor da umidade, maior será a sensação de desconforto, pois a temperatura gradativamente vai aumentando.

Tabela 1 - Sensação do organismo humano em função da umidade relativa do ar

Temperatura (°C)	Umidade Relativa em %					
	30	50	70	80	90	100
20	20	21,1	22,2	22,8	23,4	23,9
25	25	26,7	27,8	28,9	30,0	31,1
30	30	32,2	35,0	37,2	37,8	39,4
35	35	38,8	42,2	44,4	46,7	48,9
40	40	45,0	50,0	-	-	-

Fonte: Lansberg (1972) apud García (1995).

### 2.6.1 Índice de Calor

O Índice de Calor (IC) é um índice que combina a temperatura e a umidade relativa do ar para determinar uma temperatura aparente, que representa o quanto quente sentimos realmente (STEADMEN, 1979). Segundo Barbireli *et al.* (2007) para obtenção deste índice em ambientes abertos, utiliza-se a seguinte equação 1, que foi elaborada a partir de medidas subjetivas de quanto calor se sente para dados valores de temperatura e umidade relativa do ar, nas situações em que as temperaturas estão elevadas, estando a pessoa à sombra em condições de vento fraco.

$$IC = -42,379 + 2,04901523*T + 10,14333127*UR - 0,22475541*T*UR - 6,83783*10^{-3} *T^2 - 5,481717x10^{-2}*UR^2 + 1,22874*10^{-3} * T^2*UR + 8,5282*10^{-4}*T*UR^2 - 1,99*10^{-6}*T^2* UR^2 \quad (Eq.1)$$

Em que,

T - Temperatura de bulbo seco dada em °F.

UR - Umidade relativa do ar dada em %.

Tabela 2 - Níveis de alerta e suas consequências à saúde humana do índice de calor.

<b>Nível de Alerta</b>	<b>Índice de Calor</b>	<b>Síndrome de Calor (sintomas)</b>
<b>Perigo extremo</b>	54° C ou mais	Insolação ou ação e risco de Acidente Vascular Cerebral (AVC) iminente.
<b>Perigo</b>	41,1 – 54° C	Câimbras, insolação e provável esgotamento. Possibilidade de dano cerebral (AVC) para exposições prolongadas com atividades físicas.
<b>Cautela extrema</b>	32,1° - 41° C	Possibilidade de câimbras, esgotamento e insolação para exposições prolongadas e atividade física.
<b>Cautela</b>	27,1 – 32 ° C	Possível fadiga em casos de exposição prolongada e atividade física.
<b>Não há alerta</b>	Menor que 27° C	Não há problemas.

Fonte: National Weather Service Eather Forecast Office, NOAA. Adaptado por Nóbrega & Verçosa.

### 2.6.2 Índice de Temperatura e Umidade

Segundo Barbirato *et al.* (2007) o Índice de Temperatura e Umidade (ITU) é

comumente utilizado nos trópicos pela sua praticidade, e além disso, é um dos índices utilizados para ambientes abertos que permitem quantificar o “stress” no ambiente urbano.

É descrito como:

$$ITU = 0,8.Tar + \frac{UTar}{500} \quad (\text{Eq.2})$$

Em que,

Tar - Temperatura do ar dada em °C.

U - Umidade relativa do ar dada em %.

Através dos resultados do ITU é possível se ter critérios de classificação desse índice, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Critérios de classificação do ITU

<b>Nível de Conforto</b>	<b>ITU</b>
Confortável	21<ITU<24
Levemente desconfortável	24<ITU<26
Extremamente desconfortável	ITU>26

Fonte: Adaptado de NOBREGA e LEMOS (2011)

Valores de ITU acima de 25°C indicam que a maior parte das pessoas se sentirá desconfortável, enquanto valores entre 15 e 20°C são aceitos pela maioria como confortáveis (Nóbrega e Lemos 2011).

## 2.7 Ergonomia

O termo Ergonomia é derivado das palavras gregas *Ergon* (trabalho) e *nomos* (regras), segundo a Associação Internacional de Ergonomia (IEA) Ergonomia (ou fatores humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema. Para Iida (1990) operar um trator agrícola pode ser uma tarefa árdua. O ambiente de trabalho de um

operador agrícola sofre a interferência de vários fatores oriundos da própria máquina e do ambiente, como ruídos, vibrações, poeiras, temperaturas, umidade, iluminação, dentre outros.

No meio agrícola estes estudos são considerados recentes, os operadores de tratores agrícolas, não possuem posto fixo de trabalho, executam tarefas variadas e na maioria dos casos estes trabalhos são árduos e exigem muita força muscular, realizados em posturas inadequadas e em ambientes onde o trabalhador fica exposto ao sol e intempéries. Segundo Dul & Weerdmeester (2001) a ergonomia se aplica ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho. Segundo Iida (2005), essa nova ciência deve ter como objetivo, aspectos do comportamento humano e outros fatores como, o homem (características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais do trabalhador, influência de sexo, idade, treinamento e motivação), máquina (todas as ajudas materiais que o homem utiliza no seu trabalho, englobando equipamentos, ferramentas, mobiliários e instalações), ambiente (as características físicas que envolvem o homem durante o trabalho, como temperatura, ruídos, vibrações, luz, cores, gases e outros), entre outros.

Dependendo do modelo do trator agrícola o operador está mais ou menos exposto as variáveis climáticas e da máquina. A frota de tratores no Brasil ainda é considerada antiga, apesar do investimento empregado na aquisição de tratores equipados com itens que garantem o melhor conforto e proteção do operador, em algumas propriedades ainda se utiliza tratores antigos para alguns trabalhos. Na agricultura familiar os tratores de duas rodas são conhecidos como microtratores, tobatas ou tratores de rabiças, neste tipo de máquina agrícola o operador caminha atrás do conjunto ou faz uso de assento que pode ser acoplado ao microtrator. Muitos agricultores ainda não têm consciência dos problemas causados pelo ruído e vibração emitidos e acabam adaptando estas máquinas a sua realidade enfrentada no dia a dia de trabalho e fazem uso destes modelos antigos mesmo sem estarem adequados.

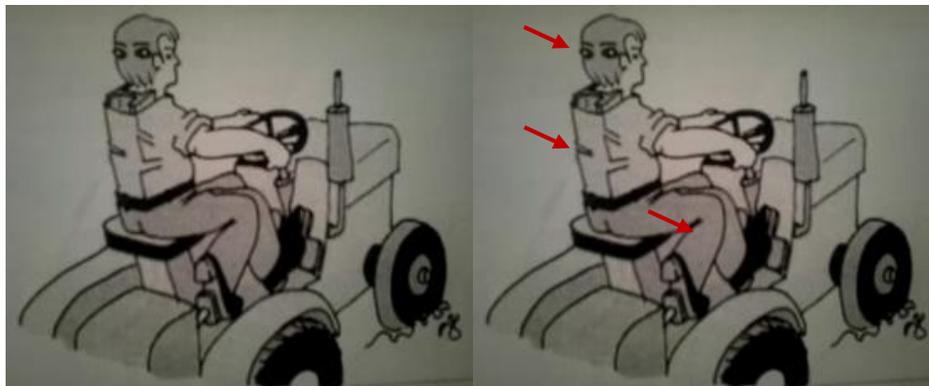
A ergonomia aplicada a agricultura visa estudar a relação entre o homem e seu ambiente de trabalho como o objetivo de desenvolver estratégias para manter o ambiente de acordo com as normas exigidas para o conforto e bem-estar do trabalhador rural. A ausência de itens como retrovisores, bancos adequados a estatura, estrutura de proteção, entre outros que reduzem a exposição ao ambiente, além de proteger contra possíveis acidentes, acaba exigindo mais esforço no manejo da máquina que trabalha vibrando e sacolejando o tempo todo. Segundo Iida (2005), os tratores exigem mais controles que um carro e ao mesmo tempo que dirige o trator deve controlar os implementos, gastando cerca de 40 a 60% do seu tempo olhando para trás.

Quando a operação de tratores agrícolas não se constituir em um sistema homem-

máquina eficiente, o operador é exposto a uma elevada carga física e mental. Isto resulta numa redução da eficiência do mesmo (produtividade e qualidade do trabalho), aumentando a ocorrência de erros, acidentes e o desenvolvimento de doenças ocupacionais (WITNEY, 1988; MÁRQUEZ, 1990).

Devido à necessidade de fazer essas constantes rotações com a cabeça, o operador pode manter o tronco torcido e os músculos lombares em situação contínua de tensão, isso ocasiona fadiga e dores musculares. Diante disso, Pheasant e Harris (1982), propuseram uma figura caricatural do tratorista ideal (Figura 5).

Figura 5 - Tratorista Ideal



Fonte: Pheasant e Harris (1982).

Segundo Pheasant e Harris (1982) o operador de trator ideal deveria ter uma coluna de ferro, três pernas e olhos adicionais na parte posterior da cabeça para retrovisão. Esta figura retratava a realidade do operador de trator que sofria com o impacto das vibrações e torções devido ao movimento repetitivo de olhar para trás verificando o funcionamento do equipamento. Em consequência disso, os tratoristas apresentavam grande incidência de doenças degenerativas da coluna (Iida, 2005).

Atualmente é comum o desenvolvimento de patologias ligadas ao esforço repetitivo que causa fadiga e dores musculares, como também patologias relacionadas a exposição do operador ao calor, radiação solar, poeira e etc.

### 2.7.1 Normas Regulamentadoras (NRs)

As Normas Regulamentadoras também chamadas de NRs, foram publicadas pelo Ministério do Trabalho através da Portaria 3.214/79 para estabelecer os requisitos técnicos e

legais sobre os aspectos mínimos de Segurança e saúde ocupacional (SSO). Elas orientam a forma correta que devem ser estabelecidos os procedimentos obrigatórios relacionados à medicina e segurança do trabalho. A operação de trator agrícola está associada a muitos riscos que estão relacionados a exposição ao sol e intempéries, exposição a riscos ergonômicos relacionados à máquina e riscos de segurança.

Segundo a norma regulamentadora 9 (NR-9) que estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação de um programa de prevenção de riscos ambientais por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados é dever do empregador preservar a saúde e integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüentemente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais. Esta NR considera riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

Segundo Rodrigues (2001) a legislação trabalhista brasileira classifica os riscos em de acidentes, físicos, químicos, biológicos e ergonômicos. Os riscos de acidentes são gerados pelos agentes que demandam o contato físico direto com a vítima manifestando assim, sua nocividade. Os riscos físicos representam uma troca brusca de energia entre o organismo e o ambiente em uma quantidade acima daquela suportável pelo organismo humano podendo levar ao desenvolvimento de uma doença profissional (RODRIGUES, 2001). Calor ou frio, temperaturas extremas e principalmente vibrações e ruídos são exemplos de riscos físicos que interferem o desempenho do trabalhador rural, que trabalham em ambiente aberto e com máquinas que emitem vibrações e ruídos intensos.

Os riscos químicos são aqueles gerados por agentes que modificam a composição química do meio ambiente e os riscos biológico são aqueles que apresentam organismos vivos como geradores de doenças ocupacionais como: vírus, bactérias, fungos e parasitas. Os riscos ergonômicos são aqueles introduzidos no processo de trabalho por agentes (máquina, métodos, etc.) inadequados às limitações dos seus usuários, que podem provocar lesões como por exemplo, posturas inadequadas desenvolvidas na realização do trabalho, levantamento e transporte manual de peso, ritmo excessivo de trabalho, monotonia, repetitividade e os trabalhos em turnos (RODRIGUES, 2001).

## 2.7.2 Avaliação de riscos

Muitos trabalhos são desenvolvidos na tentativa de manter o ambiente laboral de acordo com as necessidades do trabalhador. São utilizados aparelhos e normas específicas para mensurar a exposição do trabalhador a cada variável a fim de estabelecer um padrão adequado a atividade e que esteja de acordo com as normas trabalhistas.

### 2.7.2.1 Exposição ao calor

Quando a temperatura aumenta acima do nível de conforto os problemas aparecem: primeiro de ordem subjetiva e depois problemas físicos que prejudicam a eficiência do trabalhador. Condições extremamente quentes podem ameaçar seriamente a saúde (KROEMER e GRANDJEAN, 2005). Alguns destes problemas são observados na faixa entre uma temperatura confortável e o mais alto limite tolerável (Tabela 4). O organismo procura meios de equilibrar a temperatura do corpo usando de mecanismos de termorregulação, como a vasodilatação periférica que é o aumento da circulação de sangue na superfície do corpo, na tentativa de aumentar a troca de calor para o meio ambiente e sudorese que permite a perda de calor por meio da evaporação do suor.

Tabela 4 - Efeitos de desvios da temperatura de trabalho confortável

<b>20°C</b>	1. Temperatura Confortável	Eficiência Máxima
	2. Desconforto, irritabilidade aumentada, falta de concentração, queda da capacidade para trabalhos mentais	Perturbações psíquicas
	3. Aumento de falhas de trabalho, queda de produção para trabalhos de destreza, aumento de acidentes	Perturbações psicológicas e fisiológicas
	4. Queda de produção para trabalhos pesados, perturbações do equilíbrio eletrolítico, fortes perturbações do coração e circulação, forte fadiga e ameaça de esgotamento.	Perturbações fisiológicas
	5. Limite de tolerância	Exaustão Perigo físico
<b>35-40°C</b>		

Fonte - Kroemer e Grandjean, 2005

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) na prática é difícil medir a carga térmica do trabalhador, onde é preciso avaliar a temperatura e a transpiração. Alguns estudos realizados mostraram que os limites superiores para o trabalho sob o calor em um dia inteiro de trabalho são: frequência cardíaca (média diária) 100-110bats/min; Temperatura retal, 38°C e Evaporação de suor, 0,5L/h (KROEMER E GRANDJEAN, 2005).

A Norma Regulamentadora 15 (NR-15) que trata de atividades e operações insalubres, em seu anexo III estabelece os limites de tolerância para a exposição ao calor onde temos que esta exposição deve ser avaliada através do “Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo” – IBUTG que é definido por equações específicas para ambientes internos ou externos com ou sem carga solar. Os aparelhos que devem ser usados nesta avaliação são o termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum. As medições devem ser efetuadas no local onde permanece o trabalhador, à altura da região do corpo mais atingida. Utiliza-se também a Norma de Higiene Ocupacional 06 (NHO-06) que estabelece critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao calor que implique sobrecarga térmica ao trabalhador, com conseqüente risco potencial de danos à saúde.

#### 2.7.3.2 Exposição ao ruído

Segundo Silveira (2008) o ruído produzido nas operações agrícolas pode prejudicar a sensibilidade da audição não só do operador, mas também de pessoas que estejam ao alcance do ruído. Esta variável é uma das mais presentes na operação de trator agrícola, a máquina emite altos níveis de ruído. A sensibilidade ao ruído vai variar de uma pessoa a outra, umas podem apresentar problemas de audição em meses de trabalho, enquanto outras podem apresentar problemas depois de anos de exposição. Segundo Kroemer e Grandjean (2005) a surdez por ruído é progressiva e muitas vezes é confundida com a perda auditiva que advém naturalmente com envelhecimento. A surdez por ruído é considerada um dos problemas ocupacionais da maioria dos países industrializados. Alguns estudos em fisiologia indicam que a exposição ao ruído pode causar problemas fisiológicos como o aumento da pressão sanguínea, tensão muscular, aceleração da frequência cardíaca, entre outros.

Segundo a NR-15 em seu anexo I, estabelece que os níveis de ruído contínuo e intermitente devem ser medidos em decibéis (dB) com instrumento de nível e pressão sonora operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (SLOW). As leituras devem ser feitas próximas ao ouvido do trabalhador. De acordo com o tempo de exposição o

trabalhador não poderá realizar a atividade em nível de ruído maior que o determinado por esta NR. A Norma de Higiene Ocupacional 01 (NHO-01) assim como a NR 15 em seu anexo I, tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional ao ruído, que implique risco de surdez ocupacional.

### 2.7.3.3 Exposição à Radiação Solar

A exposição excessiva aos raios ultravioleta pode provocar doenças, a intensidade da radiação e o comprimento de onda da luz solar dependem de fatores como altitude, latitude, estação do ano, condições atmosféricas e horário. As radiações mais lesivas ocorrem entre as 10-11 horas da manhã e 16-17 horas da tarde (PETRI, 2005). Os raios solares prejudicam a pele causando uma infinidade de problemas como o envelhecimento precoce, rugas, manchas de diversos tipos e tamanhos (brancas ou escuras), ressecamento da pele, vermelhidão, insolação, danificação do cabelo e o câncer de pele que surge como uma mancha e evolui rapidamente uma ferida e atingindo as células da pele (KINDERSLEY, 2001).

Os efeitos deletérios da radiação ultravioleta também dependem da duração e da frequência da exposição, da intensidade da radiação solar e da cor da pele do indivíduo. De acordo com a NR-15 em seu anexo VII, estabelece que as operações ou atividades que exponham os trabalhadores às radiações não ionizantes (ultravioletas, por exemplo) sem a proteção adequada, serão consideradas insalubres, em decorrência de laudo de inspeção realizada no local de trabalho. Para medição é utilizado aparelho saldo-radiômetro que mede os níveis de radiação que o operador está exposto.

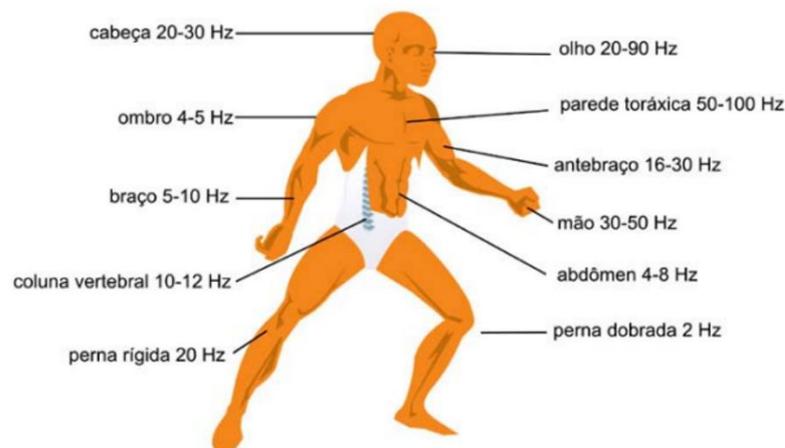
### 2.7.3.4 Exposição a Vibração

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), as vibrações são oscilações da massa em função de um ponto fixo. Podem ser produzidas por movimentos periódicos regulares ou irregulares de uma ferramenta, veículo ou outro mecanismo em contato com o corpo humano, deslocando-o da sua posição de repouso. Para Saliba *et al.* (2002) o conceito de vibração é “um movimento oscilatório de um corpo devido a forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento”. Schlosser e Debiasi (2002) comentam que a coluna vertebral dos operadores de máquinas é um dos órgãos mais afetados

pelas doenças ocupacionais. De acordo com Berasategui (2000), a frequência do movimento vibratório é responsável pela gravidade dos efeitos causados no trabalhador exposto. Frequências abaixo de 1Hz causam enjoos, frequências entre 3 e 8 Hz afetam os intestinos e a coluna vertebral e frequências na faixa de 15 a 24 Hz interferem na visão (SCHLOSSER E DEBIASI, 2002).

Segundo Vendrame (2006), a vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade. O corpo humano possui uma vibração natural e se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que implica em amplificação do movimento. A energia vibratória é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos. O corpo humano possui diferentes frequências de ressonância, conforme a figura 6 a seguir:

Figura 6 - Diferentes frequências de ressonância do corpo humano.



Fonte: Vendrame (2006)

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), as vibrações que afetam o ser humano são de baixa frequência e grande amplitude e situam-se na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente 1 a 20 Hz. (Tabela 5). Ainda segundo Kroemer e Grandjean (2005), para frequências acima de 2 Hz o corpo humano não vibra como uma massa única, com uma frequência natural; ao contrário, ele reage às oscilações induzidas, como um conjunto de massas ligadas. Estudos mostram que as frequências naturais são diferentes, em diferentes partes. Fernandes (2003) explica que os níveis de vibração excessivos em tratores agrícolas são bastante desconfortáveis para o operador, que conseqüentemente aumenta sua fadiga física e mental. O nível de dano causado pela vibração depende da intensidade, frequência e do tempo em que o operador de trator está exposto.

Tabela 5 - Relação entre a frequência vibracional e os efeitos de ressonância no corpo humano

<b>Frequência</b>	<b>Efeitos no corpo humano</b>
3-4 Hz	Forte ressonância nas vértebras cervicais.
3-6 Hz	Ressonância no estômago.
4 Hz	Pico de ressonância nas vértebras lombares.
4-5 Hz	Ressonância nas mãos (difícil de efetuar os movimentos desejados).
4-6 Hz	Ressonância no coração.
5 Hz	Ressonância muito forte na cintura escapular (até o dobro de aumento de deslocamento).
5-20 Hz	Ressonância na laringe (a voz muda).
5-30 Hz	Ressonância na cabeça.
10-18 Hz	Ressonância na bexiga (urgência de urinar).
20-70 Hz	Ressonância no globo ocular (difícil de enxergar).
100-200 Hz	Ressonância no maxilar.

Fonte: Kroemer e Grandjean (2005)

A Norma de Higiene Ocupacional (NHO 10) refere-se à avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços, tendo por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços que implique risco à saúde do trabalhador, entre os quais a ocorrência da síndrome da vibração em mãos e braços (FUNDACENTRO, 2012).

Segundo Kroemer e Grandjean (2005) tratoristas de vários países mostraram sofrer de acúmulo de problemas nos discos e artrite na coluna, assim como incidência acima da média de problemas intestinais, na próstata e hemorroidas. A operação de ferramentas motorizadas envolve altos níveis de vibração nas mãos e punhos, os microtratores são exemplos já que o operador conduz em pé a máquina por toda a área que está sendo trabalhada. Tosin (2009) comenta que a utilização de ferramentas motorizadas envolve altos níveis de vibração nas mãos e punhos, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Vibrações em ferramentas motorizadas portáteis

<b>Tipo de ferramenta</b>	<b>Nos dedos</b>
Motosserra	17,5
Perfuratriz de solo	21,0
Serra de ar comprimido	-
Cultivador de duas rodas	3,0

Fonte: Tosin, (2009)

A Norma Regulamentadora 15 em seu anexo 8, caracterizada vibração como atividade e operação insalubre que expõe os trabalhadores sem a proteção adequada, às vibrações localizadas ou de corpo inteiro (NR15). A Norma de Higiene Ocupacional 9 (NHO 09) estabelece critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro (VCI) que implique possibilidade de ocorrência de problemas diversos à saúde do trabalhador, entre os quais aqueles relacionados à coluna vertebral.

A diretiva 2002/44/EC da comunidade europeia estipula níveis de ação e limites de exposição para vibrações de corpo inteiro e membros superiores, segundo a Tabela 7.

Tabela 7 – Níveis de ação e limites de exposição para vibrações de corpo inteiro e membros superiores

	<b>Nível de ação A (8)</b>	<b>Limite de exposição A (8)</b>
Mãos e braços	2,5 m/s <sup>2</sup>	5,0 m/s <sup>2</sup>
Corpo inteiro	0,5 m/s <sup>2</sup>	1,15 m/s <sup>2</sup>

Fonte: Diretiva 2002/44/EC.

## 2.8 Termografia

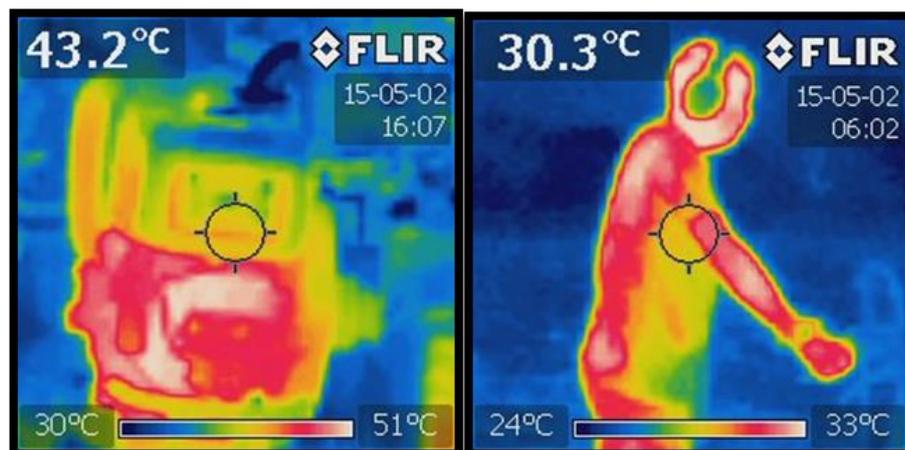
A termografia é uma técnica usada para distinguir as diferentes temperaturas localizadas em áreas de uma região ou de um corpo através de um termograma. A partir de 1965, foi introduzido no mercado o primeiro instrumento capaz de formar imagens térmicas instantâneas, tanto para objetos fixos como em movimento. Na década de 1970, a termografia se tornou uma técnica largamente utilizada nas indústrias siderúrgicas, companhias de geração e distribuição de energia elétrica, indústrias petroquímicas, medicina, etc. (MIRSHAWKA,1991).

A termografia infravermelha tem sido uma ferramenta utilizada com sucesso, para estimar a temperatura superficial de várias espécies (KOTRBA ET AL., 2007; MONTANHOLI ET AL., 2008). O sensor de uma câmera termográfica permite que a energia de radiação ser convertida em um sinal elétrico, sendo posteriormente transformado para a forma digital, cujos valores representam as temperaturas de pontos particulares da imagem. As cores da escala são então atribuídas a esses pontos (pixels) e, desta forma, é desenvolvido um mapa de distribuição de temperatura no objeto em estudo (termograma). Uma vez que a quantidade de energia libertada pelos organismos é uma função da sua temperatura, os termogramas são

representações quantitativas da temperatura das superfícies dos objetos estudados (KULESZA & KACZOROWSKI, 2004). Utilizando uma câmera termográfica é possível mapear e analisar sem contato a superfície do corpo e ou de um objeto. O aparelho detecta a radiação infravermelha (calor) emitida pelo corpo, podendo refletir uma fisiologia normal ou anormal. Uma cor é atribuída baseada na temperatura registada naquela parte da pele (Figura 7).

A Termografia é um dos métodos mais modernos de diagnóstico por imagem digital da atualidade. É capaz de detectar inúmeras doenças, muitas vezes não detectadas por outros métodos e de forma ainda mais precoce. Na operação de máquinas agrícolas pouquíssimos trabalhos no Brasil são executados usando a técnica da termografia para identificar os pontos de aquecimento do corpo do operador e da máquina. O aparelho utilizado é a câmera termográfica onde se programa a emissividade do corpo em questão, que geralmente assume um valor entre 0 e 1. As medições são feitas a aproximadamente um metro de distância do alvo.

Figura 7 - Termogramas de um microtrator e operador



Fonte: Elaborado pela autora, 2015.

## 2.9 Variáveis Ergonômicas e de segurança

O operador ao mesmo tempo que conduz o trator precisa estar atento ao controle dos equipamentos que estão na parte de trás da máquina. Segundo Grandjean (1998), o sistema homem-máquina é a relação de reciprocidade entre a máquina e o ser humano que a opera. Características como distância do operador ao volante, o esforço ao manobrar (microtratores), altura do banco, distância dos pés aos pedais devem ser verificados segundo as normas para evitar más posturas e possíveis lesões musculares. Silveira (2001) relata que o trator agrícola

deve se adaptar às mais diversas condições oferecidas pelas múltiplas funções que exerce. Deve possuir boa manobrabilidade, proporcionar comodidade e segurança ao operador, visibilidade em todas as direções, acoplamento simples e rápido de equipamentos, além de fácil manutenção. Os tratores utilizados no Brasil são fabricados fora do país, portanto não são adequadas as medidas do operador brasileiro. Siqueira (1976) afirma que os padrões definidos seguem as normas que estão de acordo com as medidas antropométricas dos operadores europeus e norte-americanos que, a princípio diferem das medidas dos operadores de outros países como o Brasil.

Alguns operadores utilizam de adaptações para ajustar o ambiente às suas necessidades. Esta prática pode ocasionar riscos de acidentes e de má postura no manejo da máquina. Os microtratores são máquinas robustas que possuem pontos de acoplamento de implementos que se não estão protegidos (tomada de potência) podem ocasionar acidentes. Este tipo de atividade causa fadiga e desconforto na estrutura muscular do trabalhador, já que o mesmo caminha longas faixas de terra em função da atividade a ser desempenhada, como por exemplo, o preparo de solo. Além disso, muitos não fazem uso de equipamentos de proteção individual e fatores humanos como falta de atenção, excesso de confiança podem configurar riscos de acidentes. Outro fator importante a ser considerado na ergonomia é a postura do operador enquanto realiza sua atividade.

Fiedler (1998) ressalta que a ocorrência de lombalgias nos trabalhadores é causada por posturas inadequadas durante o levantamento e movimentação de cargas em atividades realizadas de forma contínua. Esta avaliação postural muitas vezes é feita de forma subjetiva por meio de questionários, quando a empresa faz um balanço da saúde do trabalhador ou quando surge um funcionário com lesões. Silva (2001), afirma que a maior dificuldade em analisar e corrigir as posturas inadequadas está na identificação e no registro destas posturas.

O Método OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) foi desenvolvido na Finlândia por Karhu, Kansu e Kuorinka, entre 1974 e 1978, juntamente com o Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional, objetivando gerar informações para melhorar os métodos de trabalho pela identificação de posturas corporais prejudiciais durante a realização das atividades (MÁSCULO; VIDAL, 2011). Iida (1992) descreve que esse método (OWAS) foi desenvolvido tendo como objetivo criar informações para melhorias dos métodos de trabalho pela identificação de posturas corporais inadequadas durante a realização da atividade. O método de análise consiste na observação das posturas, que são classificadas segundo suas posições, resultando em uma codificação de dígitos.

O primeiro, segundo, terceiro e quarto dígitos indicam as posições de costas, braços, pernas e o fator força, respectivamente. Os dois últimos dígitos são reservados para a classificação da fase de trabalho (CORLETT; WILSON, 2005). Existem softwares que usam o método OWAS para avaliação postural, exemplo é o software Ergolândia 5.0, cada fator é analisado e de acordo com as tabelas (Figura 8) é dado uma medida corretiva.

Assim, com a utilização deste método pode-se realizar uma reorganização e das atividades e com a análise das posturas pode-se antecipar os riscos e sugerir melhorias para minimizar as lesões e problemas posturais.

Figura 8 – Interfaces para análise postural

The image displays four screenshots of the Ergolândia 5.0 software interface, which is used for postural analysis. The interface is divided into several sections:

- METODO OWAS:** This section includes instructions and diagrams for assessing posture in four areas:
  - Postura das costas:** Shows four diagrams (C1-C4) representing different back postures. The criteria are: 1. Ereta, 2. Inclinada, 3. Ereta e torcida, 4. Inclinada e torcida.
  - Postura dos braços:** Shows three diagrams (C1-C3) representing different arm postures. The criteria are: 1. Os dois braços abaixo dos ombros, 2. Um braço no nível ou acima dos ombros, 3. Ambos os braços no nível ou acima dos ombros.
  - Postura das pernas:** Shows seven diagrams (C1-C7) representing different leg postures. The criteria are: 1. Sentado, 2. De pé com ambas as pernas esticadas, 3. De pé com o peso de uma das pernas esticadas, 4. De pé ou agachado com ambos os joelhos flexionados, 5. De pé ou agachado com um dos joelhos dobrados, 6. Agachado em um ou ambos os joelhos, 7. Andando ou se movendo.
  - Esforço:** Shows three diagrams (C1-C3) representing different effort levels. The criteria are: 1. Carga menor ou igual 10 Kg, 2. Carga maior que 10 Kg e menor ou igual 20 Kg, 3. Carga maior que 20 Kg.
- INFORMAÇÕES - METODO OWAS:** This section provides detailed information for each assessment area.
  - PERNAS:** A table showing the digit assigned to each leg posture.
 

POSTURA DAS PERNAS	DIGITO
SENTADO	1
DE PÉ COM AMBAS AS PERNAS ESTICADAS	2
DE PÉ COM O PESO DE UMA DAS PERNAS ESTICADAS	3
DE PÉ OU AGACHADO COM AMBOS OS JOELHOS FLEXIONADOS	4
DE PÉ OU AGACHADO COM UM DOS JOELHOS DOBRADOS	5
AGACHADO EM UM OU AMBOS OS JOELHOS	6
ANDANDO OU SE MOVENDO	7
  - ESFORÇO:** A table showing the digit assigned to each effort level.
 

ESFORÇO	DIGITO
CARGA MENOR OU IGUAL A 10 Kg	1
CARGA MAIOR QUE 10 Kg E MENOR QUE 20 Kg	2
CARGA MAIOR QUE 20 Kg	3
  - AÇÃO:** A table showing the digit assigned to each action category.
 

CATEGORIA DE AÇÃO	DIGITO
1 - Não são necessárias medidas corretivas	1
2 - São necessárias correções em um futuro próximo	2
3 - São necessárias correções tão logo quanto possível	3
4 - São necessárias correções imediatas	4
- ESFORÇO - METODO OWAS:** This section provides a detailed table for assessing the effort factor based on the combination of posture and effort.
 

Costas	Braços	Pernas																			
		Força 1		Força 2		Força 3		Força 4		Força 5		Força 6		Força 7							
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1				
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1				
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	1	1	1	2			
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	3	3			
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	2	3	4		
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	1	1	1	1	1	
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

Fonte: Software Ergolândia 5.0

### 2.9.1 Carga física de trabalho

Em estudos ergonômicos medem-se os índices fisiológicos com o objetivo de determinar o limite da atividade física que um indivíduo pode exercer, sendo possível determinar a duração da jornada de trabalho e a duração e frequência de pausas (Alves et al.,

2000). O aparecimento de sintomas de fadiga por sobrecarga física depende do esforço desenvolvido, da duração do trabalho e das condições individuais, como estado de saúde, nutrição e condicionamento decorrente da prática da atividade. À medida que aumenta a fadiga, reduz-se o ritmo de trabalho, atenção e rapidez de raciocínio, tornando o operador menos produtivo e mais sujeito a erros e acidentes (Silva, 1999).

Para a carga física de trabalho, foi utilizado o método proposto por Apud (1989), a carga cardiovascular (CCV), é determinada com base na frequência cardíaca de repouso (FCR), na frequência cardíaca do operador durante o trabalho realizado (FCT), e na idade do operador, coletado por meio de um medidor de frequência cardíaca composto por um receptor digital, uma fita elástica e um transmissor de sensores, colocados na altura do peito. A CCV é expressa em valores percentuais e é definida pela eq. 3:

$$CCV = \frac{(FCT - FCR)}{(FCM - FCR)} * 100 \quad (\text{Eq.3})$$

Em que,

CCV - Carga cardiovascular, em %;

FCT – Frequência cardíaca trabalhando, em bpm

FCR – Frequência cardíaca em repouso, bpm

FCM – Frequência cardíaca máxima (220 – idade), bpm

A frequência cardíaca limite (FCL) em bpm, para a carga cardiovascular de 40% foi obtida pela seguinte equação 4:

$$FCL = 0,40 * (FCM - FCR) + FCR \quad (\text{Eq.4})$$

Segundo Apud (1997), um trabalho que exige frequência cardíaca média inferior a 75 batimentos por minuto deve ser classificado como “muito leve”, de 75 a 100 como “leve”, de 101 a 125 como “medianamente pesado”, de 126 a 150 como “pesado” e acima de 151, “extremamente pesado”, como mostra a Tabela 8.

Segundo Villa Verde e Cruz (2004), o conhecimento da carga de trabalho físico, quando observado sob o âmbito fisiológico, expressa a intensidade da atividade laboral exigida ao trabalhador, sendo útil em estudos de ergonomia.

TABELA 8 – Classificação da carga física de trabalho através da frequência cardíaca de trabalho.

<b>Carga Física de Trabalho</b>	<b>Frequência Cardíaca em bpm</b>
Muito leve	<75
Leve	75-100
Moderadamente pesada	100-125
Pesada	125-150
Pesadíssima	150-175
Extremamente pesada	>175

Fonte: Couto (1996).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental Lavoura Seca (FELS) da Universidade Federal do Ceará (UFC) localizada no município de Quixadá, sertão central do Ceará, a 168 km de Fortaleza, situada a 4° 59'S de latitude Sul, 39° 01'W de longitude de Greenwich e 190 m de altitude e composta de uma área total de 220 hectares e a área utilizada no experimento correspondeu a 1,7 hectares. Local distante da área urbana, livre de elementos que interferissem nas medições das variáveis. O percurso feito pelo operador foi ao acaso e não existiu sobreposição. O solo da área experimental foi caracterizado como Argissolo Vermelho Amarelo (EMRAPA, 2006) e apresentava relevo levemente plano e em algumas áreas o solo se apresentava solto com alguns obstáculos como pedras e tocos de árvores (Figura 9).

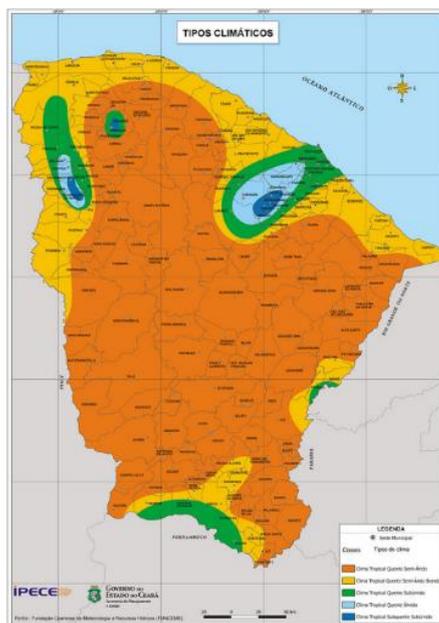
Figura 9 - Área da fazenda



Foto: Elaborado pelo autor, 2015

O período de coleta de dados correspondeu ao fim do mês de abril e começo do mês de maio, o clima da região (Figura 10), conforme Köppen, é do tipo BSw'h', ou seja, clima quente e semiárido com temperatura do ar variando de 24 a 28°C, bem acima da média histórica da região de Quixadá apresentada na tabela 9, e umidade relativa do ar de 70% e precipitação pluviométrica entre 500 a 1000 mm (BRASIL, 1973).

Figura 10 - Município de Quixadá



Fonte: IPECE, 2015

Tabela 9 - Médias históricas mensais e anuais de temperatura, umidade relativa em Quixadá-CE

Mês	Temperatura do ar (°C)		Umidade Relativa (%)
	Máxima	Média	
<b>MARÇO</b>	32,2	26,7	75
<b>ABRIL</b>	30,5	26,5	74
<b>MAIO</b>	30,2	26,5	74
<b>JUNHO</b>	30,8	26,3	69

Fonte: adaptado EMBRAPA, 2001

### 3.2 Máquina

Foi utilizado um microtrator modelo TC14 Super (cultivador motorizado), marca Yanmar Agritech, motor a diesel, 4 tempos, com potência de 10,3 kW (14 cv) a 2400 rpm, peso de 433 kg, com dimensões: comprimento 2.215 mm, largura 824 mm, altura 1.434 mm, acoplado a uma enxada rotativa, com 750 mm de largura e 200 mm de profundidade de corte.

O trabalho realizado foi de preparo do solo utilizando três velocidades a uma rotação de 800rpm.

Figura 11 – Microtrator Yanmar Agritech -TC14 Super



Fonte – Elaborado pela autora, 2015.

### 3.3 Aparelhos e equipamentos

No ambiente, no microtrator e no operador foram instalados aparelhos para as medições das variáveis ambientais e ergonômicas as quais o operador estava exposto durante a execução de sua atividade. Foram escolhidos 5 horários ao longo do dia, de 6h às 7h (H1), 8h às 9h (H2), 11h às 12h (H3), 14h às 13h (H4) e 14h às 17h (H5). No microtrator foi instalado uma miniestação meteorológica HOBO Pro v2 *Data Logger* para coleta de temperatura e umidade relativa.

Figura 12 - HOBO Pro v2 *Data Logger* instalado no microtrator



Fonte: Elaborada da autora, 2015

### 3.3.1 Avaliação da exposição ao ruído

Para a coleta de dados de ruído utilizou-se o Dosímetro pessoal de ruído, modelo DOS-500, fabricado pela INSTRUTHERM, tendo como características principais: sistema de aquisição de dados; painel indicador de cristal líquido de 4 dígitos, microfone condensado de ½ polegada com cabo de aproximadamente 80cm de comprimento, nível de critério selecionável entre 80, 84, 85 e 90dB, escala de medição de nível de ruído de 70 a 140dB e com precisão de  $\pm 1,5\text{dB}$ , indicação de tempo real com resposta rápida e lenta e memória para leituras máximas, mínima e de pico; com capacidade para 5 eventos.

O equipamento foi instalado a altura do ouvido do operador (Figura 13) e o microtrator acoplado a enxada rotativa foi posicionado em área livre de qualquer poluição sonora que pudessem interferir nas medições. Os dados obtidos foram submetidos a testes de médias e comparadas aos limites recomendados pela Norma regulamentadora 15 (Tabela 10).

Figura 13 – Dosímetro DOS-500 instalado no operador



Fonte: Elaborado pela Autora, 2015

Durante as amostragens foram coletados os níveis de ruído durante uma hora de trabalho em 5 horários diferentes ao decorrer do dia, medida a DOSE (D) que é a relação entre o tempo de exposição ao ruído e o tempo máximo permitido estabelecido por lei, que segue a seguinte equação:

$$D = \frac{T_e}{T_p} \quad (\text{Eq.5})$$

Em que,

Te - Tempo de Exposição (Tempo de exposição a um determinado nível)

Tp - Tempo permitido por lei

$D \leq 1$  Admissível

$D > 1$  Passou do limite de tolerância.

Tabela 10 - Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente

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

Fonte: NR-15 - anexo I

### 3.3.2 Avaliação da exposição ao calor

Para a medição da exposição ao calor foi utilizado o “Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBUTG. A coleta deste dado e das demais variáveis do ambiente foi feita por meio de um medidor de estresse térmico modelo TGD-400, marca INSTRUTERM, utilizou-se a equação para ambientes externos com carga solar, descrita na Norma Regulamentadora 15, anexo 3.

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,1 \text{ tbs} + 0,2 \text{ tg} \quad (\text{Eq.6})$$

Em que:

tbn - temperatura de bulbo úmido

tg - temperatura de globo

tbs - temperatura de bulbo seco.

Figura 14 - Medidor de estresse térmico modelo TGD-400



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

As medições foram efetuadas no local onde o operador realizou a atividade, que foi caracterizada de acordo com as taxas de metabolismo descrita pela norma regulamentadora 15, anexo III na tabela de taxas de metabolismo por atividade (Tabela 11) e os limites de tolerância para exposição do calor adotados foram os da tabela do tipo de atividade também de acordo

com a NR15 anexo III (Tabela 12).

Tabela 11 - Taxas de metabolismo por tipo de atividade

<b>TIPO DE ATIVIDADE</b>	<b>Kcal/h</b>
<b>SENTADO EM REPOUSO</b>	100
<b>TRABALHO LEVE</b>	
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
<b>TRABALHO MODERADO</b>	
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
<b>TRABALHO PESADO</b>	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos (ex.: remoção com pá).	440
Trabalho fatigante	550

Fonte: NR 15, anexo III

Tabela 12 - Tipo de atividade

<b>Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)</b>	<b>Tipo de atividade</b>		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos trabalho e 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho e 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho e 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

Fonte – NR-15 – anexo III

### 3.3.3 Exposição a Vibração

Para a medição da vibração produzida pelo microtrator foi utilizado o medidor de vibração, modelo MV-100, da marca INSTRUTERM, aparelho composto por um acelerômetro tri-axial montado em um adaptador no guidom do trator posicionado no ponto de transmissão da superfície do corpo (Figura 15). Foi avaliado a vibração do sistema mão-braço nos 3 eixos (x, y e z) e a vibração para 8 horas de exposição.

FIGURA 15– Medidor de vibração- MV-100



Fonte – Elaborado pela autora, 2015

### 3.3.4 Avaliação da Temperatura Corporal e batimentos cardíacos

Para a avaliação dos batimentos cardíacos do operador utilizou-se um medidor de frequência cardíaca da marca Polar (Figura 16), posicionado no peito do operador e a coleta de dados era feita em repouso e durante o desenvolvimento da atividade.

Figura 16 – Medidor de batimentos cardíacos



Fonte – Elaborado pela autora, 2015

Para a avaliação da temperatura corporal utilizou-se um termovisor (Figura 17) da marca FLIR modelo i3, programada com a emissividade recomendada para a pele humana, que corresponde ao valor de 0,98 e as medições foram feitas a aproximadamente 1 metro de distância do alvo.

Para análise das fotos termográficas utilizou-se o software FLIR QUICK REPORT 1.2 para comparação das variações de calor do operador, assim identificando pontos de maior radiação que podem interferir na atividade causando estresse térmico ao trabalhador.

Figura 17 – Termovisor FLIR modelo i3



Fonte – Elaborado pela autora, 2015

### 3.3.5 Medidas ergonômicas relacionadas ao operador em atividade

A postura do operador de trator agrícola durante a atividade é de grande importância, já que o mesmo está submetido a longas jornadas de trabalho, executando movimentos rotacionais da cabeça e do tronco enquanto observa equipamento a ser manejado no campo. É difícil para o operador se manter durante toda a atividade com uma postura adequada, já que por se tratar de um trabalho que demanda uma grande carga física, o mesmo tende a procurar posturas mais confortáveis, que por muitas vezes, não são adequadas e podem ocasionar dores e afetar a coluna vertebral. Para uma postura adequada é preciso observar a conformidade da máquina com as medidas do operador, para que o mesmo não sofra com tensões musculares que provocam fadiga e dores musculares.

Figura 18 – Postura do operador durante a atividade.



Fonte: Elaborado pela autora, 2015

Para avaliação do postural foi filmado o operador em atividade e o registro feito por meio de fotos que foram analisadas segundo o método OWAS, onde foi atribuída uma classificação a partir da postura apresentada pelos membros superiores e inferiores, tronco, inclinação e carga (Tabela 13), para isso utilizou-se o software Ergolândia 5.0, onde é possível uma identificação rápida das posturas inadequadas durante a realização da atividade, sugerindo ou não providências que devem ser tomadas, de acordo com as categorias.

Tabela 13 - Codificação da Postura

<b>Codificação da Postura</b>	
<b>1º Dígito Costas</b>	1-Ereta
	2-Inclinada
	3-Ereta e torcida
	4-Inclinada e torcida
<b>2º Dígito Braços</b>	1-Braços abaixo dos ombros
	2-Um braço no nível ou acima dos ombros
	3-Ambos no nível ou acima dos ombros
<b>3º Dígito Pernas</b>	1-Sentado
	2-De pé com ambas as pernas esticadas
	3-De pé com o peso em uma das pernas esticadas
	4-De pé ou agachado com os joelhos dobrados
	5-De pé ou agachado com um dos joelhos agachados
	6-Ajoelhado em um ou ambos joelhos
	7-Andando ou se movendo
<b>4º Dígito Carga</b>	1-Força ou peso igual ou menor que 10Kg
	2- 10Kg < Força ou peso < 20Kg
	3-Força ou peso > 20Kg

Fonte: Adaptado de Freitas (2000)

Tabela 14 – Classificação das categorias

CATEGORIA	
1	Não são necessárias medidas corretivas
2	São necessárias correções futuras
3	São necessárias correções logo que possível
4	São necessárias correções imediatas

Fonte: Adaptado de Freitas (2000)

### 3.3.6 Análise de dados

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x5, sendo 3 velocidades e 5 horários ao longo do dia. As amostragens foram realizadas durante 3 dias e para cada velocidade. Os valores foram comparados com os limites permitidos recomendados pelas Normas Regulamentadoras e as Normas de Higiene Ocupacional para indicar se a atividade está insalubre ou não.

Tabela 15 – Análise de variância para delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x5.

<b>Fatores</b>	<b>GL</b>
Velocidade (V)	2
Hora (H)	4
V x H	8
Repetição	3
Resíduo	42
Total	59

Para as variáveis temperatura, umidade, índice de calor e índice de temperatura e umidade o delineamento foi analisado de acordo com os dias e horários em que ocorreu o experimento.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise das Variáveis

#### 4.1.1 Índice de calor

A condição de estresse térmico para o trabalhador do município de Quixadá de acordo com a média histórica de 1980 a 2000 (EMBRAPA, 2001), indicava uma temperatura média de 27°C e umidade relativa maior de 65%, que segundo Garcia (1995) caracteriza condição de desconforto térmico, onde as temperaturas acima de 25°C já causam estresse térmico por calor. De acordo com os dados de temperatura e umidade coletados durante o experimento, observa-se um aumento nas temperaturas agravando a condição de estresse térmico, como demonstra os gráficos a seguir:

Figura 19 – Gráfico de temperatura do 1º dia de coleta

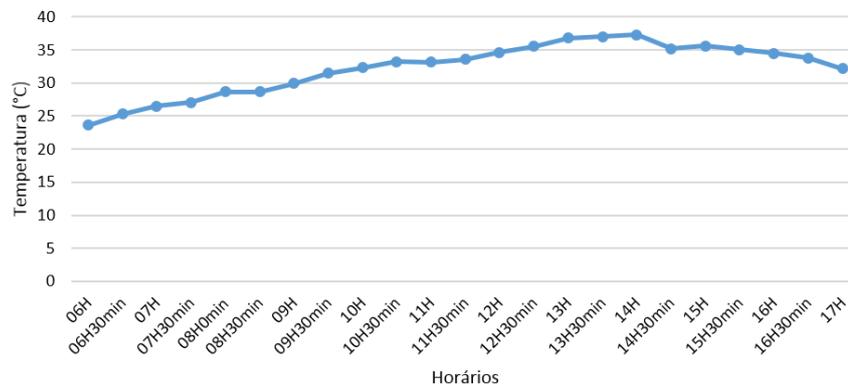


Figura 20 - Gráfico de Umidade Relativa do 1º dia de coleta

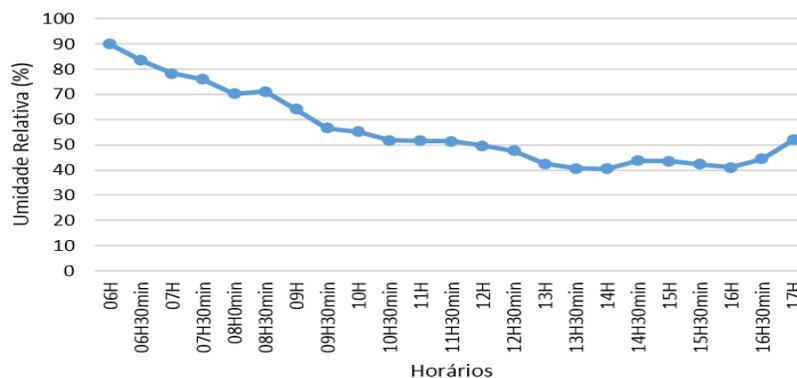


Figura 21 - Gráfico de Temperatura do 2º dia de coleta

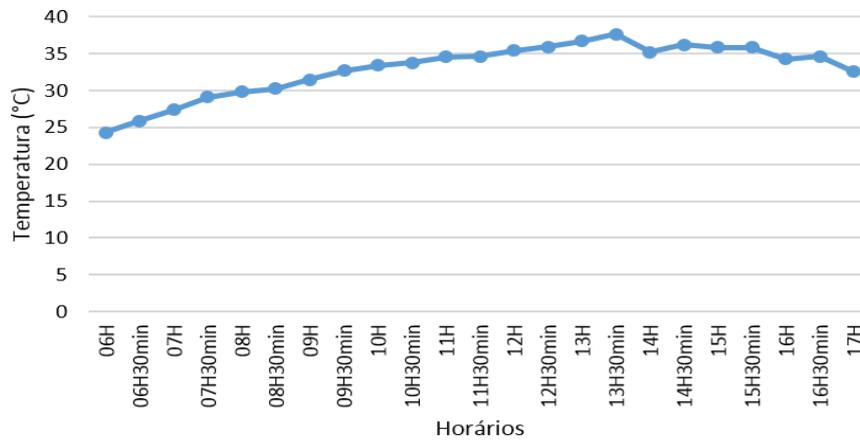


Figura 22 - Gráfico de Umidade Relativa do 2º dia de coleta

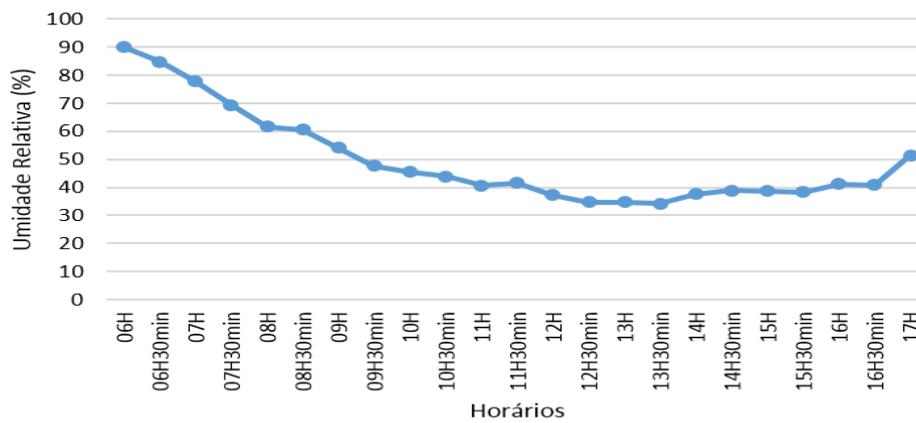


Figura 23 – Gráfico de temperatura do 3º dia de coleta

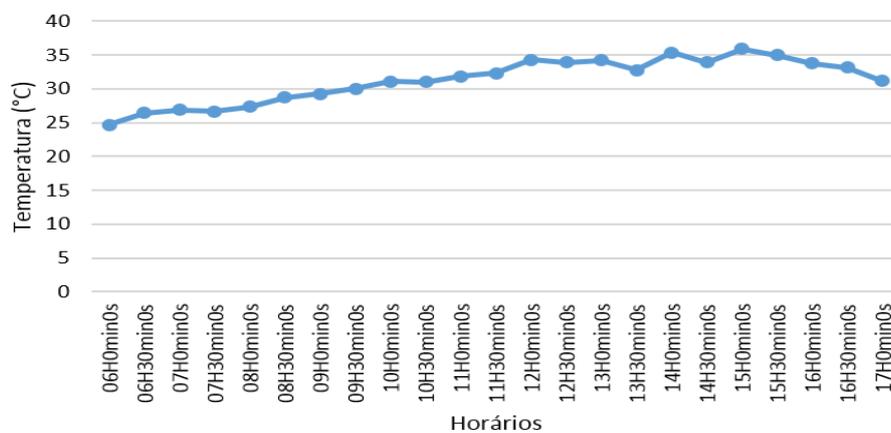
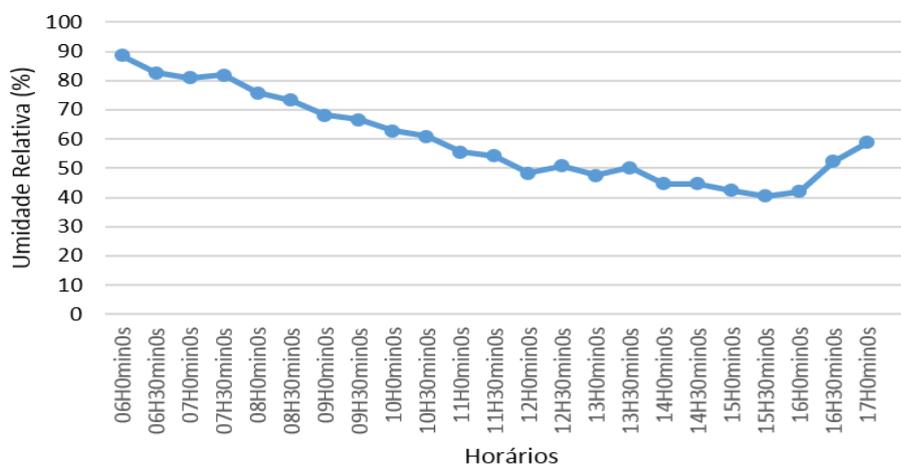


Figura 24 - Gráfico de Umidade Relativa do 3º dia de coleta



As temperaturas médias coletas nos dias de experimento (Tabela 16), que compreendeu final do mês de abril e início do mês de maio, indicam que a condição de estresse por calor aumentou no município de Quixadá se comparadas com a média histórica da região.

Tabela 16 – Médias de índice de calor (IC) coletadas durante os dias de experimento

Dias	Média da Umidade (%)	Média da temperatura (°C)	IC
<b>D1</b>	58,9	31,41	75,33628
<b>D2</b>	53,15	32,15	70,37481
<b>D3</b>	61,42	30,81	77,96383

De acordo com a Tabela 2 que indica os níveis de alerta e suas consequências para à saúde humana do IC, observa-se que os índices encontrados para os 3 dias de coletas de dados foram acima de 54° C, indicando nível de alerta: Perigo Extremo, podendo causar insolação ou risco de acidente vascular cerebral iminente, devido ao calor extremo. A média de temperatura dos dias variou de 30,8° C a 31,4° C e a umidade relativa de 53,1% a 61,4%.

Na região onde ocorreu o experimento, observou-se pouca incidência de ventos, fato que agrava a condição de estresse térmico por calor ao longo do dia, principalmente em horas de maiores temperaturas. Em regiões de clima quente, a ausência ou pouca incidência de ventos não é desejável, segundo Yochida *et al.* (2006), a falta de brisa ao nível de usuário causa desconforto. Mallick (1996) dia que a zona de conforto está intrinsecamente relacionada com a velocidade do ar. O fluxo de ar sobre a pele provoca a sensação de resfriamento em ambientes com temperaturas entre 30°C ou superiores a esse valor.

Figura 25 – Gráfico de velocidade do vento no 1º dia de coleta

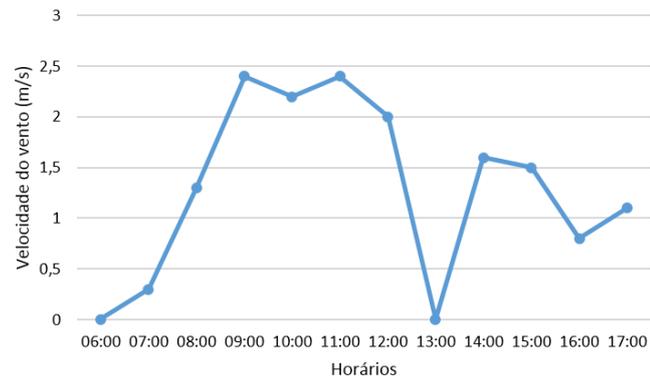


Figura 26 – Gráfico de velocidade do vento no 2º dia de coleta

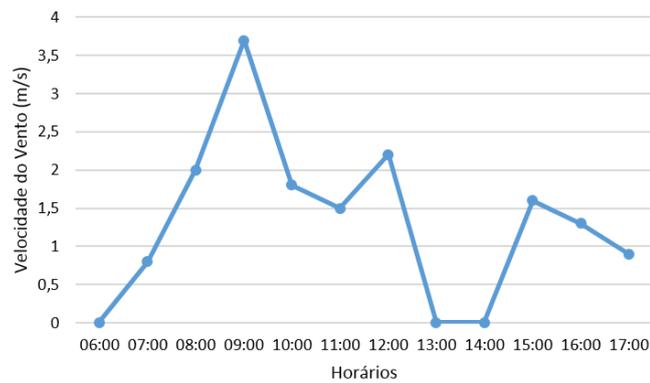
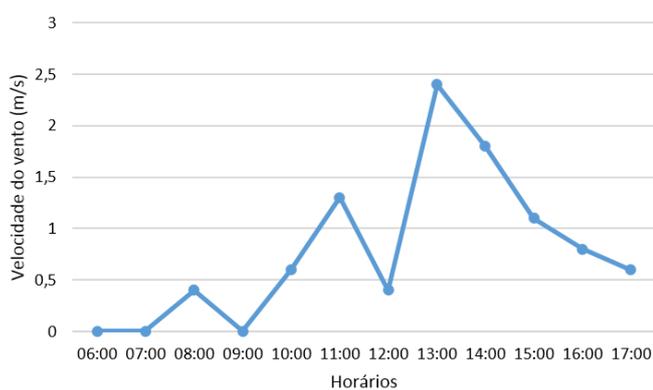


Figura 27 – Gráfico de velocidade do vento no 3º dia de coleta



#### 4.1.2 Índice de temperatura e umidade

De acordo com a Tabela 3, que representa os critérios de classificação do Índice de temperatura e umidade (ITU), o nível de conforto encontrado variou de 28,42 a 29,82, sendo

caracterizando como extremamente desconfortável (ITU>26).

Tabela 17 – Médias de ITU coletadas durante os dias de experimento

<b>Dias</b>	<b>Média da Umidade (%)</b>	<b>Média da temperatura (°C)</b>	<b>ITU</b>
D1	58,9	31,41	28,82
D2	53,15	32,15	29,82
D3	61,42	30,81	28,42

Durante o experimento observou-se outros parâmetros ambientais, já que segundo Nóbrega et al. (2011), a análise do conforto térmico possui relação direta com demais fatores climáticos, nos quais podem aumentar os níveis de desconforto, se tornando mais elevados do que o estimado através dos cálculos do índice de calor. Em relação aos dados estatísticos avaliando os dias de coletas e os horários de trabalho, observou-se que para todos os dias os valores de umidade relativa e temperatura do ar diferiram e o período de maior temperatura foi o H4 que corresponde ao intervalo de 14 às 15 horas.

Tabela 18 - Análise de variância dos valores médios de temperatura e umidade

<b>Fatores</b>		<b>Umidade Relativa (%)</b>	<b>Temperatura do ar (°C)</b>
DIA (D)	D1	58.90a	31.41b
	D2	53.15b	32.15a
	D3	61.42a	30.81b
Hora (H)	H1	84.88a	25.48d
	H2	67.44b	29.17c
	H3	48.77c	33.61b
	H4	42.14cd	35.48a
	H5	45.89d	33.54b
Valor de F	D	32.154*	12.328*
	H	347.804*	273.240*
	D*H	3.688	1.923
DMS	D	2,568	0,6547
	H	3,889	0,991
CV (%)		5.78	2.71

\* (p<0,05); <sup>NS</sup> (não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). DMS- diferença mínima significativa.

#### 4.1.3 Carga física de trabalho

A atividade exigiu maior esforço do operador que possuía 1,73m de altura, massa de 73 quilogramas e idade de 25 anos. Apesar do solo da área se caracterizar como levemente plano, em alguns momentos o operador precisou usar uma força maior para manobrar o microtrator e desviar de alguns obstáculos como tocos e raízes de plantas. A partir dos dados de frequência cardíaca média coletados, classificou-se a carga física de trabalho do operador segundo a Tabela 8, como medianamente pesado já que os valores variaram entre 96 a 106 batimentos por minuto, temos a classificação do trabalho como medianamente pesado a pesado.

Tabela 19 - Carga física de trabalho em relação aos dias e horários do experimento

Fatores		FCT <sup>1</sup>	CCV <sup>2</sup>	FCL <sup>3</sup>	FCR <sup>4</sup>	FCM <sup>5</sup>	Classificação do Trabalho
Velocidade de deslocamento (V)	V1	<b>96,90</b>	12,41	127,8	83	195	Trabalho medianamente pesado
	V2	<b>100,20</b>	15,35	127,8	83	195	Trabalho medianamente pesado
	V3	<b>106,92</b>	21,35	127,8	83	195	Trabalho pesado
HORA (H)	H1	<b>95,79</b>	11,41	127,8	83	195	Trabalho medianamente pesado
	H2	<b>100,12</b>	15,28	127,8	83	195	Trabalho medianamente pesado
	H3	<b>100,62</b>	15,73	127,8	83	195	Trabalho pesado
	H4	<b>109,45</b>	23,61	127,8	83	195	Trabalho pesado
	H5	<b>100,70</b>	15,80	127,8	83	195	Trabalho medianamente pesado

1 - Frequência cardíaca no trabalho; 2 - carga cardiovascular; 3 - frequência cardíaca limite; 4 - frequência cardíaca em repouso; 5 - frequência cardíaca máxima.

#### 4.1.4 Ibutg

Segundo os quadros de metabolismo e do tipo de atividade da NR 15, caracterizou-se a atividade de preparo de solo utilizando microtrator, como atividade moderada, que acontece em regime de trabalho contínuo.

Tabela 20 -Valores médios de IBUTG e temperatura do ar

<b>Fatores</b>		<b>IBUTG (°C)</b>	<b>Temperatura do ar (°C)</b>
DIA (D)	D1	27,2	31,4
	D2	26,9	32,1
	D3	26,8	30,8
Hora (H)	H1	24,8	25,4
	H2	26,5	29,1
	H3	28,3	33,6
	H4	28,5	35,4
	H5	26,6	33,5

Os valores de IBUTG encontrados na maioria dos tratamentos, apresentaram valores de acordo com o limite de tolerância para este tipo de atividade descrito na Norma Regulamentadora 15, anexo III, que recomenda para este tipo de atividade um IBUTG máximo de 27,5°C. Nas horas 3 e 4 os valores ultrapassaram o limite e por isso estes horários são considerados insalubres para a realização da atividade, devendo-se tomar medidas adequadas para o controle da atividade, evitando que o operador se submeta a um risco de desenvolver doenças de pele, doenças crônicas, entre outras.

#### 4.2.5.Termografia

De acordo com o gráfico de médias das temperaturas analisadas pela termografia observou-se que as temperaturas foram maiores nos horários H3 e H4. Dados estes que

reforçam a evidência de estresse térmico por calor, como está descrito na análise dos dados encontrados para os índices de conforto térmico. Em todos os dias de coleta a temperatura excedeu o valor confortável para a atividade. Outros fatores também podem ter contribuído para o estresse térmico do operador, como a vestimenta, já que ainda não existe uma vestimenta adequada, aplicada a realidade do homem no campo que realiza suas atividades em áreas abertas, exposto a altas temperaturas em alguns horários durante do dia e a pouca incidência de ventos na área onde foi realizada o experimento.

Figura 28 – Gráfico de temperaturas obtidas pela termografia 1º dia de coleta

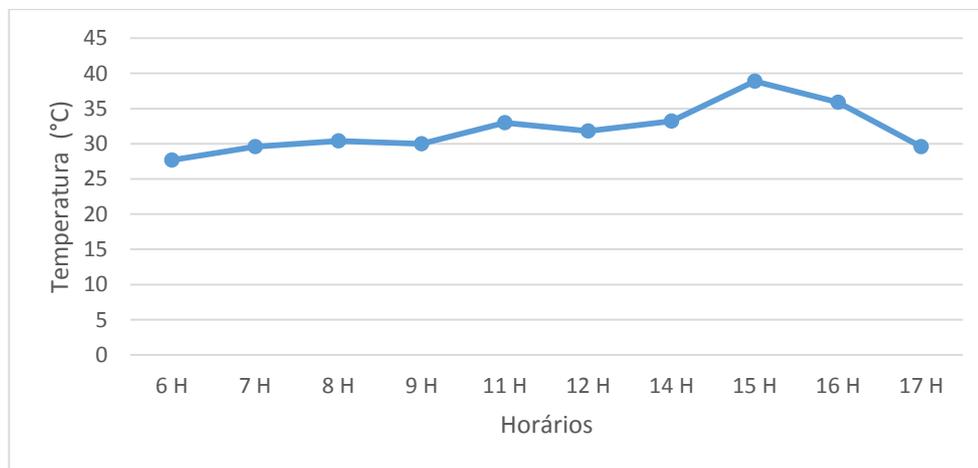


Figura 29 – Gráfico de temperaturas obtidas pela termografia 2º dia de coleta

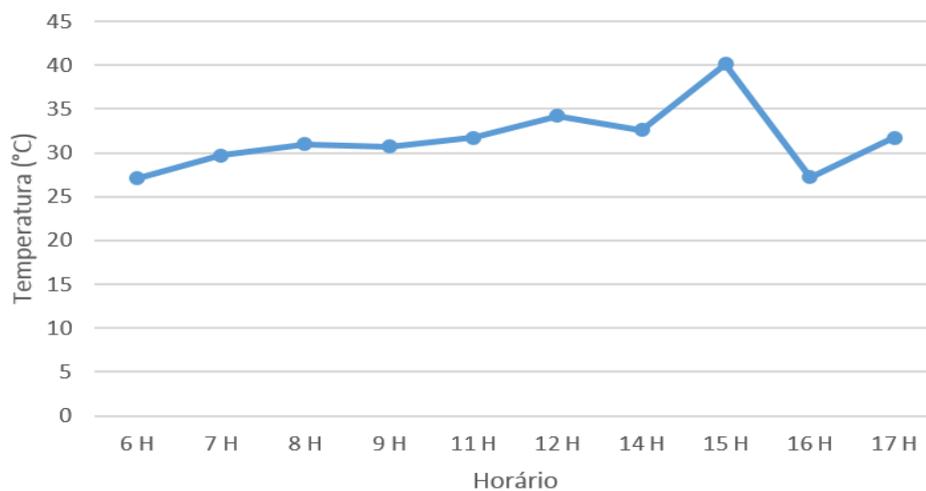
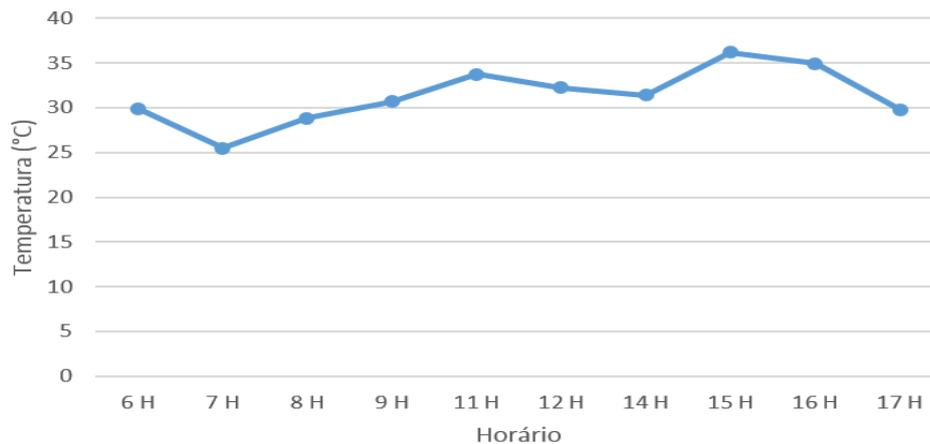


Figura 30 – Gráfico de temperaturas obtidas pela termografia 3º dia de coleta



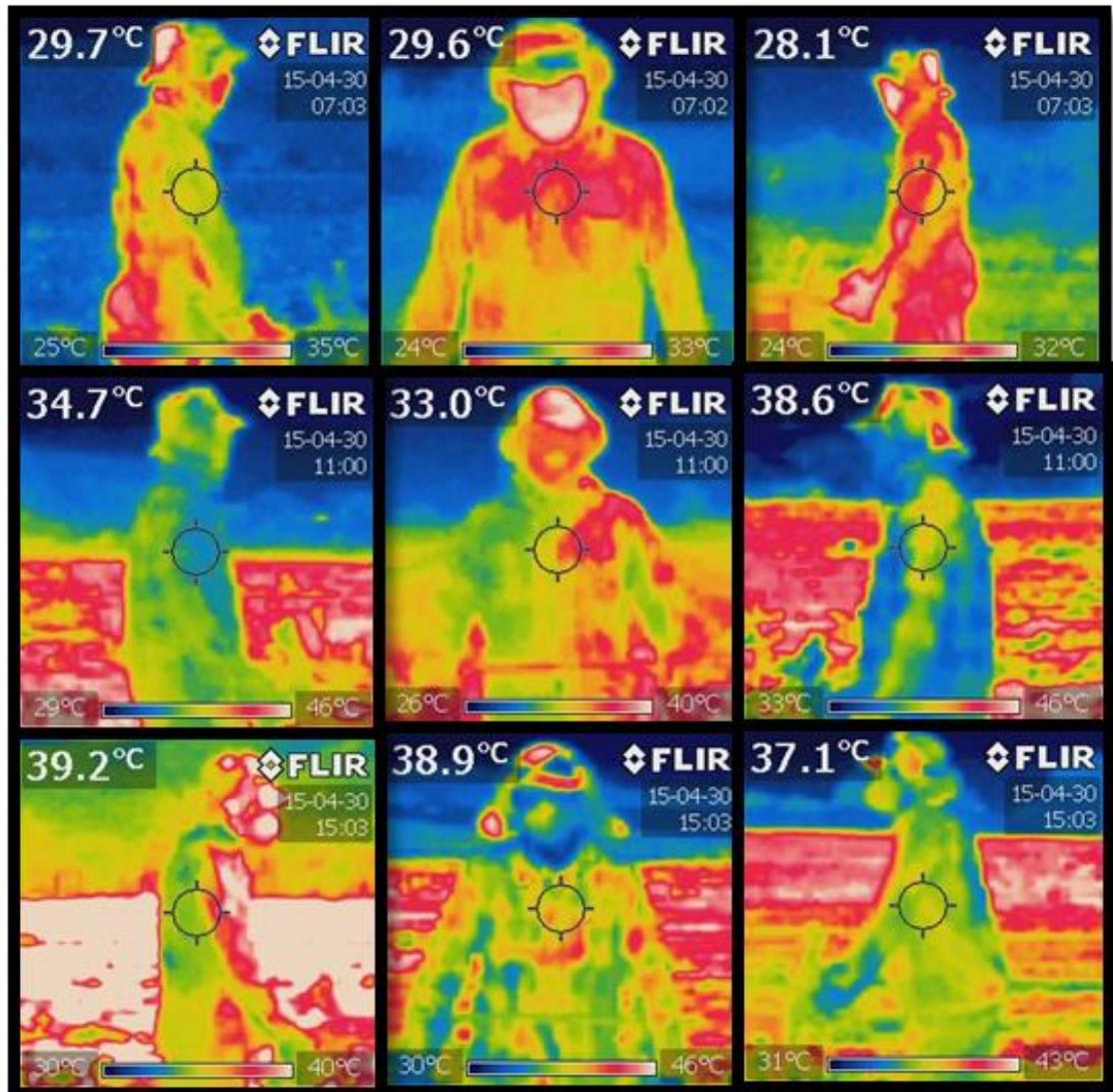
A sensação térmica de conforto depende do nível de temperatura associado a umidade relativa e a velocidade dos ventos. Segundo Terjung (1996), temperaturas que ultrapassam os 30 graus Celsius caracterizam estresse térmico elevado. Quando as temperaturas ultrapassam os 30 graus Celsius e umidade relativa se encontra por volta de 50 a 70% a sensação térmica do organismo humano fica em torno de 32,2 a 35 graus e quando ultrapassa os 35 graus a sensação térmica varia de 38,8 a 42, 2 graus (Tabela 1).

De acordo com os termogramas (Figura 31) observa-se que a condição de estresse térmico é evidente, já que alguns estudos consideram que a temperatura que caracteriza o conforto térmico varia entre 23 a 27 graus Celsius. Em alguns termogramas visualiza-se o aumento da temperatura desde as primeiras horas do dia. Outro fator que pode ter contribuído para o aumento destas temperaturas, é a pouca ocorrência de ventos na região, que de acordo com os dados coletados durante os 3 dias de experimento.

Quando exposto ao calor excessivo, o operador tem a sua saúde afetada e isso compromete o seu rendimento no trabalho. No entanto, outros fatores devem ser considerados como as características pessoais, como idade, estado físico, peso, metabolismo, atividade, aclimação, vestimenta, uniforme, entre outras.

Segundo Costa et al. (2011) nem sempre as vítimas do estresse térmico são capazes de perceber os sintomas e, por isso, é necessário que a supervisão do ambiente de trabalho, assim como de seus colegas, esteja acostumada a identificar os sintomas e procurar ajuda médica.

Figura 31 - Termogramas do operador



Fonte: Elaborada pela autora, 2015

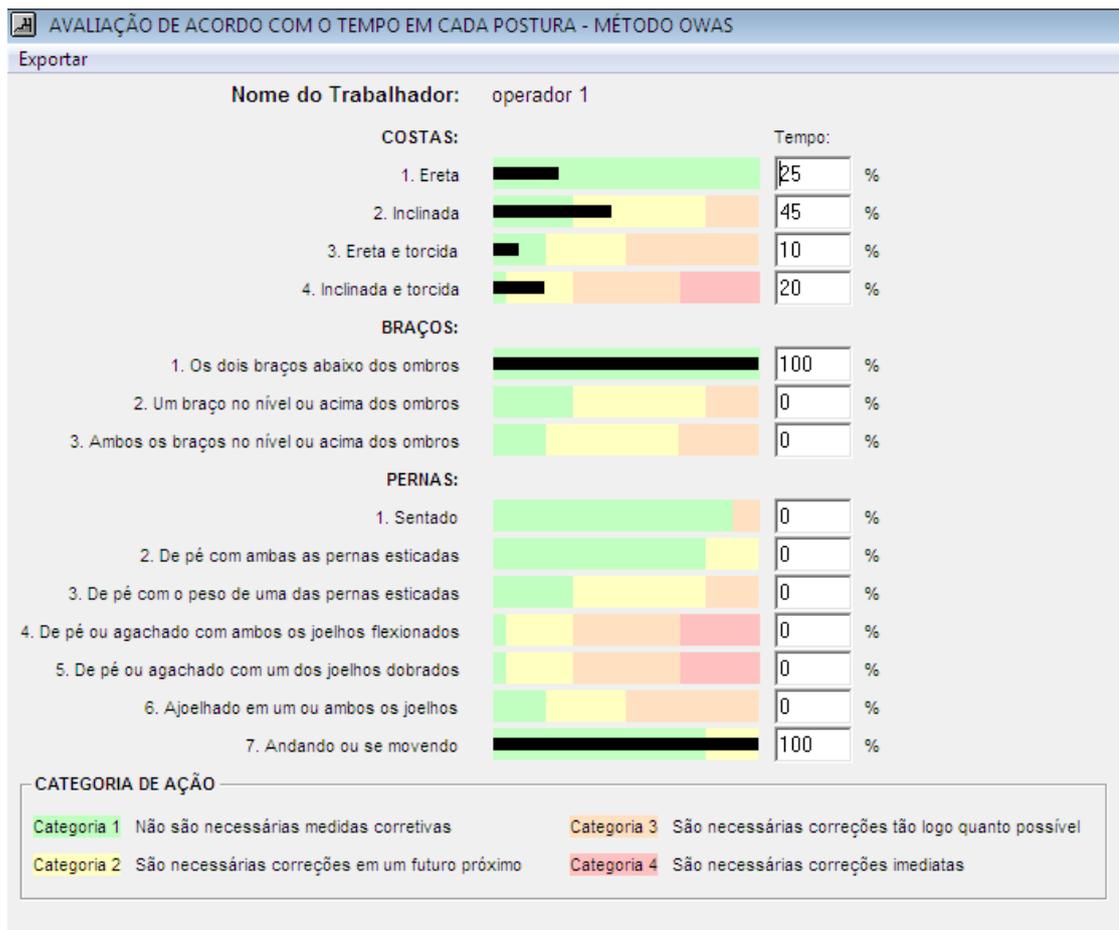
#### 4.1.6 Análise postural do operador

Diante dos resultados obtidos (Figura 32), a postura adotada pelo operador na atividade de operação de microtrator de forma geral, foi classificada pelo método OWAS na categoria 1, sendo que não são necessárias medidas corretivas, na categoria costas apresentou 45% em transição para a categoria 2, em que são necessárias correções em um futuro próximo.

De acordo com as análises o posicionamento das costas como o mais crítico, 45% das observações do trabalho a coluna do operador estava inclinada, 25% ereta, 10% ereta e torcida e 20% inclinada e torcida. No posicionamento dos braços em 100% das observações

estavam abaixo dos ombros e em relação ao posicionamento das pernas 100% das observações estavam na posição em pé andando ou se movendo.

Figura 32 – Resultado da análise postural do operador durante o experimento através do software Ergolândia 5.0



Fonte: Coleta de dados -Software Ergolândia 5.0

A postura do operador muda conforme o tempo da atividade, foi observado que quando mais demorado, mais o operador tende a inclinar o corpo e em situações de curva ou em algum obstáculo encontrado na área o mesmo tende a inclinar e torcer o tronco, situação também observada, quando o operador olha para trás para verificar a área trabalhada (Figura 33).

Figura 33 - Posturas do operador durante atividade



Fonte: Elaborada pela autora, 2015

O microtrator é uma máquina que além de um ruído intenso, produz também vibrações mecânicas e somando isso ao seu peso e alguns esforços realizados diante de obstáculos, curvas, tipo de solo a ser trabalhado, isso irá acarretar maior desgaste físico do operador ao final de sua jornada de trabalho. É importante destacar que trabalhando em áreas abertas, o operador precisa de intervalos para que este momento de “repouso” durante o trabalho possa contribuir para a diminuição da fadiga e minimização do desgaste físico.

Portanto, diante da postura apresentada pelo operador recomenda se melhorias visando manter a coluna do operador mais ereta possível, como alongamentos antes e após a atividade por meio da implementação da ginástica laboral, para que com isso possa reduzir lombalgias e dores musculares no operador.

#### 4.1.7 Ruído

De acordo com as médias de ruído obtidas pela análise de variância (Figura 34), para todos os tratamentos estes níveis ultrapassaram os limites permitidos de 85 decibéis, recomendado pela norma regulamentadora 15 para trabalhos realizados em 8 horas. Condição que deve ser levada em consideração, pois o ruído emitido pelo microtrator é intenso e causa muito desconforto ao operador. Baesso *et al.* (2008) observaram que os níveis de ruído em sistemas produtivos com intenso uso de máquinas, próximos ao ouvido do operador, devem ser avaliados. Em seu estudo os autores concluíram que pessoas expostas a 82, 85, 88 ou 92 dB (A), durante uma jornada diária de trabalho (8 horas), perdem 2, 5, 10 ou 20% da audição, respectivamente.

Figura 34 – Médias de ruído durante atividade



Observou-se que mesmo a uma baixa rotação de 800 rpm, o ruído emitido pelo microtrator já é considerado insalubre, sendo que o menor valor foi encontrado na segunda velocidade, que correspondeu a 89 decibéis, valor considerado acima do permitido para 8 horas de trabalho contínuo. O efeito do vento depende da velocidade do vento e da mudança de sua direção, onde provoca aumentos ou declínios nos níveis de pressão sonora, dependendo da localização do receptor.

No segundo dia de coleta de dados onde foi utilizado a velocidade 2 a velocidade do vento registrada foi maior em relação aos outros dias de coleta, isso pode ter interferido na coleta de dados, e por isso, o valor da pressão sonora ter sido menor do que na menor velocidade

(V1). O ruído transformou-se em um agente cada vez mais perceptível e significativo (LEVARIE, 1997).

Segundo Delgado (1991) os níveis de ruído que estejam no intervalo de 65 a 85 dB(A) causam efeitos psíquico fisiológicos no trabalhador agindo no sistema nervoso, podendo causar aumento da pressão sanguínea e dos batimentos cardíacos.

Tabela 21 - Análise de variância dos valores médios do nível de ruído (dB (A))

Fatores		Ruído (dB (A))
Velocidade de deslocamento (V)	V1	90.0
	V2	89.0
	V3	90.46
Hora (H)	H1	95.25a
	H2	90.68ab
	H3	91.06ab
	H4	86.14b
	H5	87.75b
Valor de F	V	0.048
	H	5.736*
	V*H	1.344
DMS	V	3,892
	H	5,89
CV (%)		5.62

\* ( $p < 0,05$ ); <sup>NS</sup> (não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). DMS- diferença mínima significativa.

#### 4.1.8 Vibração

De acordo com a análise de variância (Tabela 23) os dados de aceleração ponderada (Aeq) observou-se que os valores correspondentes as 3 velocidades ultrapassaram os limites de exposição da ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) recomendados para a exposição para vibrações transmitidas ao sistema mão-braço (Tabela 22),

onde considera-se o valor do eixo dominante, o eixo Z apresentou os maiores valores, na velocidade 1 a aceleração chegou a  $8,5 \text{ m/s}^2$ , permitindo no máximo duas horas de trabalho. A jornada de trabalho destes operadores é de oito horas diárias, ficando evidente a situação de risco existente para o trabalho quando avaliado neste critério. Dados apresentados na Tabela 6 por Tozin (2009), os níveis também ultrapassaram o apresentado de  $3 \text{ m/s}^2$ , vibração descrita para cultivador de duas rodas.

De acordo com a ACGIH faz uma ressalva que esses limites não são por si só suficientes para evitar doenças relacionadas com as vibrações, devido sobretudo à susceptibilidade de cada um e à falta de dados que conduzam a uma associação dose-resposta mais credível.

Tabela 22 – Recomendações dos limites de exposição às vibrações do sistema mão-braço segundo ACGIH

<b>Duração total da exposição diária</b>	<b>Valores de aceleração ponderada (<math>\text{m/s}^2</math>)</b>
$4\text{h} \leq t < 8\text{h}$	4
$2\text{h} \leq t < 4\text{h}$	6
$1\text{h} \leq t < 2\text{h}$	8
Menos de 1 h	12

Fonte: Adaptado ACGIH, 2007

Fica evidente que o operador deve utilizar equipamento de proteção individual (EPI), no caso luvas anti-vibração, para minimizar o risco durante atividade. Segundo Vendrame (2009), luvas anti-vibração são amplamente utilizadas como EPI, mas não garantem proteção adequada, pois não são fabricadas segundo os preceitos da ISO 10.819/1996 (ISO, 1996), que normatiza os testes de transmissibilidade da vibração para luvas. Ainda segundo o mesmo autor, no Brasil não há tecnologia para realização dos testes exigidos pela referida ISO.

Para a vibração do sistema mão-braço para uma jornada de trabalho de 8 horas o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro e Conselho n.º 2002/44/CE, de 25 de junho, estabelece as prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas. (Tabela 24).

Tabela 23 - Análise de variância dos valores médios de Aeq e A(8)

Fatores		Vibração AEQ (m/s <sup>2</sup> )			A (8) (m/s <sup>2</sup> )		
		Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z
Vel. de desl. (V)	V1	3,8	6,3a	8,1a	0,5	0,9a	1,2a
	V2	1,8	2,9b	3,5b	0,2	0,3b	0,4b
	V3	2,0	2,6b	4,4b	0,1	0,25b	0,4b
Hora (H)	H1	3,5	5,1	6,2	0,4	0,6	0,8
	H2	2,9	4,0	6,0	0,4	0,5	0,8
	H3	2,7	3,6	7,4	0,3	0,4	0,9
	H4	1,7	3,6	3,6	0,1	0,4	0,3
	H5	1,7	3,4	3,6	0,2	0,4	0,4
Valor de F	V	1,8	24,2*	6,0	3,1	31,6*	8,9*
	H	0,5	1,6	1,6	0,6	2,1	1,5
	V*H	0,5	1,8	1,6	0,5	1,4	1,6
DMS	V	2,7	1,4	3,4	0,4	0,2	0,5
CV (%)		137,3	46,7	82,5	165	58	99,2

\* (p<0,05); <sup>NS</sup> (não significativo). Médias seguidas de mesma letra e sem letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05). DMS- diferença mínima significativa.

Tabela 24 – Limites de exposição à vibração

Limite de ação	Limite de exposição 8 horas
<b>2,5 m/s<sup>2</sup></b>	<b>5,0 m/s<sup>2</sup></b>

Fonte: Decreto lei n° 46/2006

Nos valores de médias para vibrações com exposição de até 8 horas nenhum dos valores ultrapassou a recomendada pelo Decreto lei n° 46/2006, condição esta que torna a atividade salubre para vibração do sistema mão-braço, quando avaliada neste critério.

## 5 CONCLUSÃO

Concluiu-se que a atividade realizada pelo operador de microtrator no município de Quixadá-Ceara é considerada estressante, pela característica da região que possui clima quente e pouca incidência de ventos, onde de acordo com os índices de conforto térmico encontrados na coleta de dados no campo, a maioria ultrapassou os limites adequados para o conforto e saúde do operador de microtrator. O clima da região é mais desfavorável ao trabalho a céu aberto em horários próximos ao meio dia e antes das 16 horas. A termografia se mostrou uma técnica eficaz, no diagnóstico de estresse térmico, onde foi possível diagnóstico rápido da carga térmica do operador. Em relação ao ruído a atividade é considerada insalubre por ultrapassar os limites descritos pela norma em todas as amostras, recomenda-se sempre a utilização de protetores auriculares para a minimização do risco. Já a vibração não se mostrou insalubre por não ultrapassar o limite descrito para 8 horas de exposição, mesmo assim, recomenda-se a utilização de luvas anti-vibração, revezamento de operadores para diminuir o risco. O método OWAS foi eficaz para identificar o risco ergonômico da atividade, sendo as costas a parte do corpo mais afeta, pela tendência de o operador inclinar durante a atividade, recomenda-se a implementação de ginástica laboral, alongamentos antes e depois da atividade, para diminuir o risco de lesões musculares e lombalgias.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A operação com microtrator é muito utilizada na agricultura familiar, principalmente no Nordeste onde ainda existem comunidades que sobrevivem de pequenas culturas e criações de animais para complementar a renda e por muitas vezes é a única fonte de sustento da família. A assistência técnica ainda não chegou em todos os municípios do Ceará, em algumas comunidades o trabalhador rural ainda utiliza máquinas muito antigas com adaptações que não estão adequadas. Devido ao clima quente durante todo o ano, o calor e a exposição à radiação solar, afetam a saúde e eficiência do trabalhador rural. Ainda não existe uma vestimenta que proteja de forma adequada e confortável da radiação solar e das altas temperaturas. De acordo com a Norma Regulamentadora 21 que trata dos trabalhos realizados a céu aberto, deve-se ter abrigos para proteger os trabalhadores das intempéries, o que não é comum em algumas comunidades. É preciso fornecer a estes trabalhadores um abrigo, ainda que rústico, para a proteção, com alojamentos limpos, ventilados, com condições sanitárias adequadas e protegidos contra proliferação de insetos e pragas.

Para minimizar a exposição do trabalhador a radiação solar, deve-se ter programas de conscientização dos problemas causados pela exposição excessiva ao sol e treinamento para a forma correta de proteção, como a utilização de protetores solares, óculos escuros, chapéus, roupas leves e de cores claras, redução do tempo de exposição, importância da hidratação sempre que possível, pois as doenças ocasionadas pelo sol, são progressivas, os problemas de pele tendem a se agravar durante os anos de exposição.

No manejo do microtrator foi observado que a postura do operador muda de acordo com o tempo de operação, as costas do operador é a parte mais afetada, o mesmo não mantém uma postura ereta durante toda a atividade, pela tendência de curvar-se para observar a área que está sendo trabalhada. Alguns modelos de microtratores possuem assento, mas muitos ainda não de acordo com as normas de ergonomia, são mais pontos de apoio do que bancos ergonômicos, onde não se tem encosto para as costas, nem são feitos de material adequado que proporcione conforto durante a atividade. Sugere-se a implementação de ginástica laboral para evitar problemas provocados pelo trabalho contínuo e pela falta de exercícios, esta prática tem muitos benefícios, sendo composta e exercícios físicos como alongamentos, isso ajuda na flexibilidade e relaxamento das articulações, além de ser uma prática coletiva que promove a descontração entre os trabalhadores.

Para minimizar os problemas causados pelo ruído e vibração da máquina além das

manutenções adequadas, trocas de componentes defeituosos ou desgastados, calibração de pneus, entre outras, deve-se optar por projetos de melhoria da máquina, como a utilização de bancos adequados, troca de componentes para minimizar o ruído e vibração. Os operadores devem fazer exames periódicos para avaliar sua saúde ocupacional, utilizar equipamentos de proteção individual adequados como protetores auriculares, luvas anti-vibração e protetores para costas.

Mais estudos com a temática da ambiência do operador de máquinas agrícolas devem ser feitos, a criação de metodologias de avaliação e níveis adequados para cada ambiente, visando promover ao homem do campo a possibilidade de desenvolver seu trabalho com o mínimo de risco a sua saúde.

## REFERÊNCIAS

ACGIH. AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. **Threshold limit values for chemical substances and physical agents.** Biological exposures indices. Cincinnati: ACGIH, 2007. p.256.

ALVES, J. U.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. **Avaliação do perfil e condições de trabalho de operários na atividade de propagação de Eucalyptus spp. em viveiros.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ERGONOMIA E SEGURANÇA DO TRABALHO FLORESTAL E AGRÍCOLA. 2000, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SIF/DEF, 2000. p.135-140.

APUD, E. **Temas de ergonomia aplicados al aumento de la productividad de la mano de obra en cosecha forestal.** In: Simpósio Brasileiro Sobre Colheita e Transporte Florestal, 3., 1997, Vitória. Anais...Vitória: SIF/UFV, 1997. p.46-60.

APUD, E. **Guide-lines on ergonomic study in forestry.** Genebra: Internacional Labour Office, 1989. 241 p.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE) 1992. ASHRAE Standard 55: **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**, Atlanta, GA.: ASHRAE

BAESSO, M. M.; TEIXEIRA, M. M.; RODRIGUES JUNIOR, F. A.; MAGNO JUNIOR, R. G.; FERNANDES, H. C. **Avaliação do nível de ruído emitido por um conjunto trator pulverizador com e sem assistência de ar.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.16, n.4, 400-400 407 out. /dez, 2008.

BAÊTA, F. da C.; SOUZA, C. de F. **Ambiência em edificações rurais: conforto térmico animal.** Viçosa - MG: Editora UFV, 1997. 246 p.

BALDINI, M.D.A. & TAVARES, A.C. **Conforto térmico em salas de aula e influência no aproveitamento escolar.** In: Revista Geografia 10(19): 163-172. IGCE - Rio Claro. 1985.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e Cidade: a Abordagem Climática como Subsídios.** Maceió: EDUFAL, 2007, 154 p. 2007.

BARBOSA FILHO, J.A.D. **O que é ambiência agrícola? Avaliação dos impactos que as condições climáticas trazem para a produção agrícola em geral.** Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23037&secao=Colunas%20Assinadas>>. Acesso em: 6 jul. 2015.

BARBOSA FILHO, J.A.D. **Importância da ambiência na mecanização agrícola.** Disponível em:<<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=29403&secao=Colunas%20e%20Artigos>> Acesso em: 23 set. 2015.

BERASATEGUI, M.B.R. **Modelización y simulación del comportamiento de un sistema mecánico con suspensión aplicado a los asientos de los tractores agrícolas.** Tese

Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. 2000.

BORGES, P. D. **Apostila de física**. Colégio Politécnico- UFSM, Santa Maria, 2009.  
Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/caiovasconcelos/downloads/ensino-medio/ondas-optica-e-acustica-ufsm>> Acesso em: 23 set. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório – Reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Rio de Janeiro: MAPA/SUDENE, 1973. v.1, 301p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Programa de prevenção de riscos ambientais. NR 9**. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808148EC2E5E014961B76D3533A2/NR-09%20\(atualizada%202014\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808148EC2E5E014961B76D3533A2/NR-09%20(atualizada%202014)%20II.pdf). > Acesso em: 15 jul. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Atividades e operações insalubres. NR 15**. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D040147D14EAE840951/NR-15%20\(atualizada%202014\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D040147D14EAE840951/NR-15%20(atualizada%202014).pdf)> Acesso em: 15 jul. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Trabalhos a Céu Aberto. NR 21**. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF2D0B4F86C95/nr\\_21.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF2D0B4F86C95/nr_21.pdf)> Acesso em: 15 jul. 2015.

BRASIL. Norma de higiene ocupacional 01 (NHO 01). **Procedimento Técnico Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído**. Fundacentro. 2001.

BRASIL. Norma de higiene ocupacional 09 (NHO 09). **Procedimento Técnico Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibração de Corpo Inteiro**. Fundacentro. 2001.

CORLETT, E. N.; WILSON, J. R. **Evaluation of human work**. Boca Raton: CRC Press, 3<sup>a</sup> ed., 2005.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: O manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte: Ergo, 1995.

CUNHA, J.P.A.R. da; DUARTE, M.A.V.; RODRIGUES, J.C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (UFG), v. 39, p. 348-355, 2009.

DIRECTIVE 2002/44/EC: **on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)**. The European Parliament and the Council of the European Union. Official Journal of the European Communities, L177, p. 13-19, 25 jun. 2002.

DUL, J; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. 3ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 2006. 306p.

FALCO, J. E. **Bioclimatologia animal**. Lavras: UFLA, 1997. 57 p.

FERNANDES, H. G. et al. **Vibração em tratores agrícolas: caracterização das faixas de frequência no assento do operador.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v.11, n. 1-4, jan./dez. 2003.

FIEDLER, N. C. **Análise de posturas e esforços despendidos em operação de colheita florestal no litoral do estado da Bahia.** 1998. 103p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

FUNDACENTRO, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **NHO 10: Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços: procedimento técnico.** 2013. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/4/nho-10-procedimento-tecnico-avaliacao-da-exposicao-ocupacional-a-vibracao-em-maos-e>> Acesso em: 28 set. 2015.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatologia aplicada: clima, medio ambiente y planificación.** Madrid: Editorial síntesis. S. A. 1985.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.

HEWITT, Paulo G. **Física Conceitual.** Tradução: Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

IEA (International Ergonomics Association). **Definição de ergonomia.** Disponível em: <<http://translate.google.com.br/translate?hl=ptBR&sl=en&u=http://www.iea.cc/&prev=/search%3Fq%3DAssocia%25C3%25A7%25C3%25A3o%2BInternacional%2Bde%2BErgonomia%26biw%3D1063%26bih%3D643>> Acesso em: 7 jul. 2014.

IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blucher, 1990. 465p.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 1992.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. v.1. 614p.

IPECE Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - Ceará em Mapas **Informações georreferenciadas e espacializadas para os 184 municípios cearenses.** Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12.htm>> Acesso: 9 ago. 2014.

KINDERSLEY, D. **Cuidados com a pele e o sol. Guia da Saúde Familiar,** v. 12, dez. 2001.

KOTRBA, R., KNÍZKOVÁ, I., KUNC, P., BARTOS, L. **Comparison between the coat temperature of the eland and dairy cattle by infrared thermography.** Journal of Thermal Biology, v. 32, p. 355 - 359, 2007.

KROEMER, K. H. E; GRANDJEAN E. **Manual de ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem.** 5ed. Porto Alegre: Bookman, 2005, 327p.

KULESZA O., KACZOROWSKI M. **Thermography and its practical use in equine diagnostics and treatment.** Medwet, v.60, n.11, p. 1143 - 1146, 2004.

MALLICK, F. H., **Thermal comfort and building design in the tropical climates**, *Energy and Buildings*, Volume 23, Issue 3, PLEA '94 International Conference, March 1996, p. 161-167. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037877889500940X>>. Acesso: 1 out. 2015.

MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C. **Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente**. Rio de Janeiro: Elsevier Ltda., 2011.

MAREK, R. W. **O trabalho a céu aberto e o stress térmico**. Disponível em: < [http://www.focorural.com/detalhes/n/n/2753/O\\_trabalho\\_a\\_ceu\\_aberto\\_e\\_o\\_stress\\_termico.html](http://www.focorural.com/detalhes/n/n/2753/O_trabalho_a_ceu_aberto_e_o_stress_termico.html)> Acesso: 23 set. 2015.

MÁRQUEZ, L. **Solo tractor'90**. Madrid: Laboreo, 1990. 231p.

MIRSHAWKA, V. **Manutenção preditiva: caminho para zero defeitos**. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1991.

MONTANHOLI, Y.R.; ODONGO, N. E.; SWANSON, K. C.; SCHENKEL, F. S.; McBRIDE, B. W.; MILLER, S. P. **Application of infrared thermography as an indicator heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (Bos Taurus)**. *Journal of Thermal Biology*. Ontario, v.33, p.468-475, 2008.

MONTEIRO, L. A. *et al.* **Prevenção de Acidentes com Tratores Agrícolas e Florestais**. 1ed., 2010, Botucatu, SP.

MORAIS, C. S. *et al.* **Avaliação do nível de ruído de um trator de rabiça utilizando dosímetro**. XVIII Congresso de Iniciação Científica, o XI Encontro de Pós-graduação e I mostra científica – Universidade Federal de Pelotas. 2009.

NOBREGA, R. S.; LEMOS, T. V. S. **O microclima e o (des)conforto térmico em ambientes abertos na cidade do Recife**. *Revista de Geografia (UFPE)*, 28(1), 93-109, 2011.

PETRI, V. **Fotobiologia: conceitos básicos**. Universidade Federal de São Paulo – Escola Paulista de Medicina – Departamento de Dermatologia, 2005. Disponível em: <<http://www.cvs.saude.sp.gov.br/fotobiologia.html>>. Acesso em: 12 ago. 2014.

PHEASANT, S.T. & HARRIS, C.M. **Human strength in the operation of tractor pedals**. *Ergonomics*, Londres, v.25, n.1, p.53-63, jan. 1982.

RODRIGUES, C. L. P. **Introdução à engenharia de segurança do trabalho**. João Pessoa: DEP/UFPB, 1998. Apostila do Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho revisada em 2001.

RODRIGUES, D. E.; TEIXEIRA, M. M.; FERNANDES, H. C.; MODOLO, A. J.; RODRIGUES, G. J. **Desempenho de um microtrator utilizando-se motores com diferentes alternativas energéticas**. *Acta Science Technology*, Maringá, v. 28, n. 1, p. 55-63, 2006.

ROZIN, D. **Conformidade do posto de operação de tratores agrícolas nacionais com Normas de ergonomia e segurança**. 2004. 204f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Agrícola) -Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SALIBA, T.M. *et al.* **Higiene do trabalho: programa de prevenção de riscos ambientais.** 3.ed. São Paulo, 2002. 262p.

SANTOS, P. F. F.; **Utilização de um sistema de aquisição automática de dados para avaliação dos níveis de ruído de um trator agrícola de pneus.** Revista *Árvore*, Viçosa, v.28, n.3, 2004.

SEBASTIÃO, B., A., MARZIALE, M., H., P., ROBAZZI, M., L., C., C., **Uma revisão sobre efeitos adversos ocasionados na saúde de trabalhadores expostos à vibração,** 2007. Disponível em: < <http://inseer.ibict.br/rbsp/index.php/rbsp/article/viewFile/1404/1040> > Acesso: 28 set.2015.

SCHLOSSER, J.F.; DEBIASI, H. **Conforto, preocupação com o operador.** Caderno técnico da revista cultivar máquinas, 2002.

SILVA, K. R. **Análise de fatores ergonômicos em marcenarias do município de Viçosa, MG.** 1999. 97 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, W.G. **Análise ergonômica do posto de trabalho do armador de ferro da construção civil.** 2001. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SILVEIRA, G.M. **Os cuidados com o trator.** Viçosa: Aprenda Fácil, 2001

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

SIQUEIRA, C.A.A. **Um estudo antropométrico de trabalhadores brasileiros.** 1976. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1976.

STATHOPOULOS, T.; ZACHARIAS, J. **Outdoor Human Comfort in an Urban Climate.** *Build Environ*, V. 39, p. 297–305, 2004.

TERJUNG, R.L.; CLARKSON, P.; EICHNER, E.R.; GREENHAFF, P.L.; HESPEL, P.J.; ISRAEL, R.G.; *et al.* **American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation.** *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32:706-17.

TOSIN, R. C., **Avaliação do ruído e da vibração no posto de trabalho em dois tratores agrícolas.** 2009. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu, 2009.

VENDRAME, A. C. **Vibração ocupacional.** 2006. Disponível em: <[http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes\\_vendrame.pdf](http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrame.pdf)> Acesso em: 26 de maio 2015.

VENDRAME, A. C. **Vibração ocupacional – estado da arte**. 2008. Disponível em: <<http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracao-estado-arte.pdf>> Acesso em: 26 de maio de 2015.

VILLA VERDE, R.; CRUZ, R. M. **Avaliação da frequência cardíaca como indicador biológico na prevenção dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho**. Revista Brasileira Medicina do Trabalho, Belo Horizonte, v.2, n.1, p.11-21, 2004.

WITNEY, B. **Choosing and using farm machines**. Harlow: Longman Scientific and technical, 1988. P.28-94.

YOCHIDA, A.; SUGIOKA, M. **Development of three dimensional plant canopy model for numerical simulation of outdoor thermal environment**. In: ICUC – International Conference on Urban Climate, VI, 2006, Goteborg, Sweden. Proceedings... Goteborg, Sweden: IAUC Newsletter, 2006.