

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE

**COMPARAÇÃO ERGONÔMICA EM *HARVESTER* DE ESTEIRAS
E PNEUS NO DESBASTE DE PINUS – ESTUDO DE CASO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ALYSSON BRAUN MARTINS

**IRATI - PR
2019**

ALYSSON BRAUN MARTINS

**COMPARAÇÃO ERGONÔMICA EM *HARVESTER* DE ESTEIRAS
E PNEUS NO DESBASTE DE PINUS – ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Eduardo da Silva Lopes - UNICENTRO

Orientador

Prof. Dr. Nilton César Fiedler - UFES

Coorientador

IRATI - PR

2019

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

MARTINS, Alysson Braun.

M386c Comparação ergonômica em harvester de esteiras e pneus no desbaste de pinus – estudo de caso / Alysson Braun Martins. – Irati, PR : [s.n.], 2019.
70f.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo da Silva Lopes

Coorientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais. Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR.

1. Engenharia Florestal – dissertação. 2. Ergonomia – saúde. 3. Madeira – colheita.
I. Lopes, Eduardo da Silva. II. Fiedler, Nilton César. III. UNICENTRO. IV. Título.

CDD 634.91

TERMO DE APROVAÇÃO

Defesa Nº 129

Alysson Braun Martins

“Comparação ergonômica em *harvester* de esteiras e pneus no desbaste de pinus - estudo de caso”

Dissertação aprovada em 14/03/2019, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:



Dr. Renato Cesar Gonçalves Robert
Universidade Federal do Paraná
Primeiro Examinador



Dr. Nilton Cesar Fiedler
Universidade Federal do Espírito Santo
Segundo Examinador



Dr. Erivelton Fontana de Laat
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Terceiro Examinador



Dr. Eduardo da Silva Lopes
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Irati - PR
2019

Home Page: <http://www.unicentro.br>

À Deus pela orientação nessa jornada, aos meus pais, à minha namorada e amigos que, direta ou indiretamente, contribuíram me incentivando e apoiando para a execução deste trabalho, dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela orientação diária durante esta caminhada.

À minha família, em especial aos meus pais Jorge Alberto Costa Martins e Elen Maria Braun Martins, pela dedicação e incentivo para a realização deste objetivo.

À Irna Pinheiro Dias, pelo carinho, amparo, incentivo e paciência desde o início desta caminhada.

Ao amigo e irmão Victor Lima, pela amizade, companheirismo e incentivo.

Ao meu orientador, Professor Dr. Eduardo da Silva Lopes, pela valiosa orientação, compreensão, confiança e, principalmente, por todo o conhecimento adquirido.

Ao meu coorientador, Professor Dr. Nilton César Fiedler, por sua contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Ao companheiro de laboratório e amigo Felipe Martins de Oliveira, pela grande contribuição no desenvolvimento deste estudo e conhecimento repassado.

À empresa Remasa, pela confiança e disponibilidade da estrutura necessária para o desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Estadual do Centro Oeste e ao corpo docente que compõe o programa de pós-graduação em ciências florestais, pelo conhecimento adquirido.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

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

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo geral	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. HIPÓTESE	3
4. REVISÃO DE LITERATURA	4
4.1. Colheita da madeira	4
4.2. Desbaste	5
4.2.1. Mecanização na operação de desbaste.....	5
4.3. Ergonomia.....	7
4.3.1. Fatores ambientais.....	8
4.3.2. Análise postural.....	13
4.3.3. Movimentos repetitivos.....	15
4.4. Tempos e movimentos	18
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1. Caracterização da área de estudo	19
5.2. População estudada.....	19
5.3. Máquinas avaliadas	20
5.4. Método de desbaste.....	20
5.5. Área experimental.....	21
5.6. Coleta de dados.....	21

5.6.1. Fatores ambientais.....	22
5.6.2. Análise postural.....	29
5.6.3. Movimentos repetitivos.....	33
5.6.4. Análise estatística.....	38
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
6.1. Fatores ambientais	39
6.1.1. Exposição ao calor	39
6.1.2. Níveis de ruído	40
6.1.3. Exposição à vibração.....	43
6.2. Análise postural	45
6.3. Análise de movimentos repetitivos.....	56
7. CONCLUSÕES	61
8. RECOMENDAÇÕES.....	62
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXOS	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de rodados de <i>harvester</i>	6
Figura 2. Localização da área de estudo.....	19
Figura 3. <i>Harvester</i> de pneus.....	20
Figura 4. <i>Harvester</i> de esteiras	20
Figura 5. Sistema de desbaste de 5ª linha	21
Figura 6. Termômetro digital de IBUTG	22
Figura 7. Dosímetro de ruído.....	23
Figura 8. Medidor de vibração do corpo humano	25
Figura 9. Posicionamento do medidor de vibração no assento.....	25
Figura 10. Resultados de exposição ao calor.....	39
Figura 11. Resultados de exposição ao ruído	41
Figura 12. Resultados de exposição à vibração de corpo inteiro.....	43
Figura 13. Posturas típicas no <i>harvester</i> de esteiras.....	46
Figura 14. Posturas típicas no <i>harvester</i> de pneus.....	47
Figura 15. Frequência postural por segmento	50
Figura 16. Postos de trabalho dos <i>harvesters</i> avaliados.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limite de exposição ao calor	23
Tabela 2. Recomendações em função da Dose Diária e NEN.....	24
Tabela 3. Recomendações em função da aren e VDVR.....	29
Tabela 4. Segmentos corpóreos do Grupo A – Método RULA	30
Tabela 5. Segmentos corpóreos do Grupo B – Método RULA.....	31
Tabela 6. Resultados possíveis – Método RULA	31
Tabela 7. Segmentos corpóreos do Grupo A – Método REBA.....	32
Tabela 8. Segmentos corpóreos do Grupo B – Método REBA.....	32
Tabela 9. Resultados possíveis – Método REBA	33
Tabela 10. Determinação da intensidade do esforço realizado	34
Tabela 11. Percentual de duração do esforço executado	34
Tabela 12. Frequência do esforço realizado	35
Tabela 13. Postura das mãos e punhos	35
Tabela 14. Ritmo de trabalho	36
Tabela 15. Duração do trabalho.....	36
Tabela 16. Critérios de análise pelo método Strain Index.....	37
Tabela 17. Critérios de análise pelo método TOR - TOR	38
Tabela 18. Amostras necessárias para análise de exposição ao calor	39
Tabela 19. Amostras necessárias para análise de exposição ao ruído	40
Tabela 20. Amostras necessárias para análise de exposição à vibração.....	43
Tabela 21. Caracterização das posturas típicas adotadas no <i>harvester</i> de esteiras.....	46
Tabela 22. Caracterização das posturas típicas adotadas no <i>harvester</i> de pneus	47
Tabela 23. Caracterização das posturas por segmento corporal	50
Tabela 24. Resultados REBA e RULA no <i>harvester</i> de esteiras.	52
Tabela 25. Resultados REBA e RULA no <i>harvester</i> de pneus.....	54
Tabela 26. Caracterização dos comandos dos <i>harvesters</i>	57
Tabela 27. Resultados de movimentos repetitivos	57
Tabela 28. Resultados de análise <i>Strain Index</i>	58
Tabela 29. Resultado da análise TOR-TOM	58

RESUMO

A colheita mecanizada em povoamentos florestais submetidos ao desbaste é uma tarefa complexa devido aos espaços reduzidos para o deslocamento das máquinas, a baixa produtividade operacional e os elevados custos de produção, exigindo constante atenção do operador. Tal condição atrelada a extensas jornadas de trabalho poderá ocasionar ao operador problemas ocupacionais. Objetivou-se neste estudo realizar uma análise ergonômica comparativa no posto de trabalho de *harvesters* de esteiras e pneus na colheita de madeira em povoamentos submetidos ao desbaste. O estudo foi realizado em povoamentos de *Pinus taeda*, submetidos ao primeiro desbaste com 10 anos de idade. Avaliou-se a operação com uso de dois *harvesters*, sendo um com rodados de esteiras e um de pneus. A análise ergonômica contemplou os fatores ambientais (exposição ao calor, ruído e vibração); análise postural; e movimentos repetitivos. A exposição ocupacional ao calor, ruído e à vibração foram avaliadas de acordo com os critérios estabelecidos pelas normas NHO 06, 01 e 09, respectivamente. Na análise postural, identificou-se as posturas típicas adotadas pelos operadores, com posterior análise pelas metodologias REBA e RULA. Na análise de repetitividade no trabalho, caracterizou-se o movimento repetitivo por meio da contagem por ciclo, turno e jornada de trabalho, analisando pelas metodologias *Strain Index* e TOR-TOM. Os resultados demonstraram valores de Índice de bulbo úmido e termômetro de globo (IBUTG) abaixo do limite máximo estabelecido pela norma. Os resultados do nível de exposição normalizado (NEN) estavam abaixo no nível de ação (58 e 62 dB). A dose diária estava acima do nível de ação no *harvester* de esteiras (52%), indicando a necessidade de medidas preventivas. Os resultados da aceleração resultante de exposição normalizado (aren) demonstraram valores acima do nível de ação no *harvester* de esteiras (0,6m/s²) e, quanto ao valor da dose de vibração resultante (VDVR), ambas estavam acima do nível de ação (9,3 e 11,2m/s^{1,75}). Foram identificadas 15 posturas típicas adotadas pelo operador no *harvester* de esteiras e 8 no *harvester* de pneus, com risco médio à saúde. A análise de repetitividade demonstrou número de movimentos maior no *harvester* de pneus por ciclo, turno e jornada de trabalho, no entanto, os comandos da máquina apresentaram-se melhor distribuídos. De modo geral, as condições ergonômicas no posto de trabalho do *harvester* de pneus se apresentaram favoráveis quando comparadas ao *harvester* de esteiras, sendo a máquina mais apropriada do ponto de vista ergonômico para realização da colheita de madeira em povoamentos submetidos ao desbaste.

Palavras-chave: Colheita de madeira; desbaste; ergonomia; saúde.

ABSTRACT

The mechanized harvesting in forest stands subjected to thinning is a complex task due to reduced spaces for machine displacement, low operational productivity and high production costs, requiring constant operator attention. Such condition, coupled with long hours of work, may cause the operator occupational problems. The objective of this study was to perform a comparative ergonomic analysis at the work station of harvesters of treadmills and tires in the harvesting of wood in stands subjected to thinning. The study was carried out in stands of *Pinus taeda*, submitted to the first roughing with 10 years of age. The operation was evaluated using two harvesters, one with track wheels and one with tire wheels. The ergonomic analysis contemplated the environmental factors (exposure to heat, noise and vibration); postural analysis; and repetitive motions. The occupational exposure to heat, noise and vibration were evaluated according to the criteria established by NHO 06, 01 and 09 respectively. In the postural analysis, the typical postures adopted by the operators were identified, with subsequent analysis by the REBA and RULA methodologies. In the analysis of repetitiveness in the work, the repetitive movement was characterized by counting by cycle, shift and working day, analyzing by Strain Index and TOR-TOM methodologies. The results showed values of wet bulb index and globe thermometer (IBUTG) below the maximum limit established by the standard. The results of the normalized exposure level (NEN) were below the action level (58 and 62 dB). The daily dose was above the level of action on the mat harvester (52%), indicating the need for preventive measures. The results of the normalized exposure acceleration (aren) showed values above the level of action on the mat harvester ($0.6\text{m} / \text{s}^2$) and, for the value of the resulting vibration dose (VDVR), both were above the action level (9.3 and 11.2 $\text{m} / \text{s} 1.75$). We identified 15 typical postures adopted by the operator in the treadmill harvester and 8 in the tire harvester, with average health risk. The repeatability analysis showed greater number of movements in the tire harvester per cycle, shift and working day, however, the machine commands are better distributed. In general, the ergonomic conditions at the tire harvester's work station were favorable when compared to the harvester of treadmills, the machine being more ergonomically appropriate for harvesting wood in stands subjected to thinning.

Keywords: Wood harvesting; thinning; ergonomics; health.

1. INTRODUÇÃO

O segmento de florestas plantadas no Brasil cresceu significativamente nas últimas décadas. Todavia, o impulso inicial ocorreu a partir da década de 1970, com a intensificação dos plantios de espécies exóticas como *Eucalyptus* e *Pinus*. Aliado ao crescimento do setor de florestas plantadas, o processo de mecanização da colheita de madeira em larga escala também foi intensificado, com incremento a partir da década de 1990 ocasionado pela abertura do mercado às importações de máquinas de elevada tecnologia e capacidade produtiva. Entretanto, apesar do significativo crescimento no segmento de colheita da madeira, percebe-se a necessidade de melhorias nos procedimentos operacionais, tanto em termos técnicos, quanto de saúde, a fim de se obter maior produtividade e melhores condições de saúde e segurança dos trabalhadores, com conseqüente redução nos custos de produção.

A colheita de madeira é um conjunto de operações realizadas no povoamento florestal visando o preparo da madeira para o transporte até o local de consumo, sendo utilizadas técnicas e procedimentos previamente definidos, podendo ser nos regimes de corte raso ou desbaste.

O desbaste é um tratamento silvicultural importante para o manejo de florestas plantadas que, quando realizado por baixo, ocorre a remoção de alguns indivíduos inferiores selecionados no povoamento (bifurcados, tortuosos, etc.), visando agregar valor aos indivíduos remanescentes. E para que as operações de colheita da madeira sejam realizadas a fim de atender à demanda, torna-se necessária a mecanização com uso de máquinas de elevada produtividade. No desbaste, o sistema de colheita da madeira de toras curtas (*cut to length*), com uso de *harvester* e *forwarder* para a remoção sistemática da 5ª linha do plantio e remoção seletiva das quatro linhas adjacentes é comumente encontrado em empresas florestais na região Sul do Brasil.

Entretanto, a colheita mecanizada em povoamentos florestais submetidos ao desbaste não é uma tarefa simples, apresentando complexidade devido a operação ser realizada em espaços limitados, dificultando o deslocamento das máquinas e, conseqüentemente, reduzindo a produtividade, elevando os custos de produção, gerando danos às árvores remanescentes, e exigindo constante atenção do operador (BELBO, 2008; LOPES, 2016). Além disso, a colheita mecanizada, nessas condições operacionais, leva o operador, muitas vezes, a adotar posturas inadequadas e realizar movimentos repetitivos por extensos períodos na jornada de trabalho.

Tal condição no posto de trabalho poderá ocasionar ao operador diversos problemas à saúde, destacando-se as lesões por esforço repetitivo e os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (LER/DORT). Outros aspectos ergonômicos inapropriados também

podem ocorrer, destacando-se os fatores do ambiente de trabalho, tais como a exposição ao calor, ruído e vibração.

A operação de desbaste, quando mecanizada, poderá ser realizada com *harvesters* portando rodados de esteiras ou pneus. O *harvester* de esteiras geralmente é adaptado e adquirido no mercado nacional, possui custo de aquisição e manutenção inferior, quando comparado ao *harvester* de pneus, que possui como principal característica a exclusividade para operações florestais (*purpose built*), fator que pode ser determinante em termos de saúde, segurança e produtividade do operador. Neste aspecto, aliado às dificuldades operacionais de execução do desbaste no interior de povoamentos florestais, fica a dúvida em relação ao modelo de máquina que oferece as melhores condições ergonômicas no posto de trabalho, tornando-se importante a análise neste tipo de atividade, visando identificar possíveis problemas ergonômicos que possam comprometer o conforto, saúde e segurança dos operadores, proporcionando a geração de recomendações para a melhoria das condições de trabalho.

Diante disso, a ergonomia como ciência, torna-se importante ferramenta aos gestores florestais para identificação de possíveis problemas ocupacionais, visando a melhoria das condições de conforto, segurança, saúde e qualidade de vida dos operadores de máquinas florestais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Realizar uma avaliação comparativa de variáveis ergonômicas nos postos de trabalho de *harvesters* de esteiras e pneus em povoamentos de pinus submetidos ao desbaste, visando compreender a forma de execução do trabalho, identificar possíveis problemas, e propor soluções ergonômicas para a melhoria das condições de conforto, saúde e segurança dos operadores de máquinas florestais.

2.2. Objetivos específicos

- a) Avaliar as condições ambientais nos postos de trabalho das máquinas na execução do desbaste em relação a exposição ao calor, ruído e vibração;
- b) Identificar as posturas típicas adotadas e os movimentos repetitivos realizados pelos operadores nos postos de trabalho das máquinas na execução do desbaste; e
- c) Comparar as condições ergonômicas entre os *harvesters* de esteiras e pneus, apresentando possíveis soluções para a melhoria das condições de trabalho.

3. HIPÓTESE

1. O desbaste mecanizado causa problemas ergonômicos ao operador em termos de posturas inadequadas, movimentos repetitivos e condições ambientais desfavoráveis.
2. Há diferenças ergonômicas em termos de posturas inadequadas, movimentos repetitivos e condições ambientais entre o *harvester* com rodados de esteiras e com rodados de pneus.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Colheita da Madeira

A colheita da madeira é definida como um conjunto de operações efetuadas no povoamento florestal, com objetivo de preparar e extrair a madeira até o local de transporte, utilizando-se de técnicas e padrões pré-estabelecidos, com a finalidade de transformá-la em produto final. Trata-se da etapa mais importante do ponto de vista técnico-econômico, sendo composta pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento); descascamento, quando executado no campo; e extração (MACHADO et al., 2014).

Na colheita da madeira existem diversos sistemas, sendo definidos segundo Malinovski et al. (2014), de acordo com as características do povoamento e os aspectos operacionais, destacando-se ainda a importância das condições ergonômicas de trabalho, pois são fatores que interferem na produtividade, segurança e saúde do trabalhador.

Os sistemas de colheita da madeira podem ser classificados de acordo com a forma da madeira na fase de extração, sendo que no Brasil os mais utilizados são: sistema de toras curtas; e sistema de árvores inteiras (MACHADO et al., 2014).

- a) **Sistema de Toras Curtas (*cut-to-length*):** Neste sistema de colheita, as árvores são derrubadas e processadas no interior do talhão, sendo a madeira extraída para a margem da estrada ou pátio intermediário em toras com até 6 m de comprimento. Quando mecanizada, é composto por duas máquinas: *harvester*, responsável pelas operações de corte (derrubada, desgalhamento, traçamento, enleiramento e descascamento); e *forwarder*, responsável pela extração da madeira para a margem do talhão. Trata-se do sistema de colheita amplamente utilizado nas operações de desbaste em povoamentos florestais, devido as características técnicas favoráveis e maior mobilidade das máquinas (MALINOVSKI e MALINOVSKI, 1998).

- b) **Sistema de Árvores Inteiras (*full tree*):** Neste sistema de colheita, as árvores são derrubadas e arrastadas do interior para a margem do talhão, onde é realizado o processamento da madeira. E quando mecanizada, é composto pelo *feller buncher*, que realiza o corte e acúmulo das árvores, o *skidder*, que realiza a extração por arraste para a margem do talhão, e o *harvester*, que realiza o processamento da madeira. Importante ressaltar que, em operação de desbaste, este sistema é inapropriado, devido à maior dificuldade de mobilidade das máquinas no interior do talhão.

4.2. Desbaste

O desbaste é um tratamento silvicultural empregado no manejo de plantios florestais, que consiste na eliminação intencional, planejada, racional e criteriosa de parte das árvores. O momento oportuno de intervenção é indicado pelo fechamento da copa das árvores, que indica o ponto mais intenso da ausência de espaço, devendo ser marcada como a finalização desta competição por meio da aplicação do desbaste (DAVEL, 2009).

O principal objetivo do desbaste é manipular a competição entre as árvores de determinado povoamento, propiciando o bom desenvolvimento de árvores remanescentes e conduzindo o potencial produtivo do sítio para atingir significativo valor comercial (SCHNEIDER, 2002). Em geral, para se aplicar o desbaste é necessário se definir quais árvores serão removidas (método de desbaste) e o número de árvores (intensidade do desbaste).

Método de desbaste: Segundo Muller e Angeli (2006), o desbaste pode ser classificado da seguinte forma: Seletivo: em que as árvores a serem removidas são previamente selecionadas de acordo com o objetivo do desbaste; Sistemático: em que as árvores são removidas em linhas inteiras de plantio, desconsiderando-se as características das árvores; e Misto, em que se utiliza critérios dos métodos seletivo e sistemático.

Intensidade do desbaste: Segundo Davel (2009), a intensidade do desbaste está relacionada com a quantidade de indivíduos a serem removidos do povoamento, definindo-se a partir do volume, área basal ou número de árvores. Intensidades extremas podem ocasionar redução da produção de madeira comercial, visto que o povoamento não consegue utilizar todos os benefícios com a abertura do espaçamento criado pelo desbaste. Por outro lado, em intensidades mínimas, a produção acumulada de madeira comercial é reduzida, devido à competição estabelecida e conseqüente morte de alguns indivíduos.

4.2.1. Mecanização na operação de desbaste

O principal objetivo dos plantios florestais comerciais é produzir volume de madeira com qualidade e custos competitivos. E, para atingir a eficiência na produção, é fundamental que as operações florestais sejam mecanizadas (BRAMUCCI e SEIXAS, 2002). Com o início da mecanização na colheita de madeira, o desbaste passou a ser inserido no planejamento para implantação dos povoamentos, pois as linhas de plantio interferem diretamente nas operações de desbaste mecanizadas (INDERFOR e MFAF, 2005).

A execução do desbaste de forma mecanizada passou a ser necessária, porém, as máquinas passaram a trabalhar em espaços reduzidos e com limitações operacionais. A operação apresenta dificuldade de execução devido à eliminação de algumas árvores enquanto as remanescentes limitam a mobilidade das máquinas no interior do povoamento, bem como ao elevado custo de produção e baixo retorno financeiro com o volume de madeira comercial gerado (SPINELLI et al., 2009).

As máquinas indicadas na colheita da madeira em operação de desbaste são o *harvester* e *forwarder* no sistema de toras curtas (*Cut to length*).

a) *Harvester*: É denominado como colhedor ou processador florestal. Possui capacidade de operação simultânea realizando as etapas de derrubada, desgalhamento, destopamento, descascamento, traçamento e enleiramento da madeira. Segundo Burla (2008), o *harvester* é frequentemente empregado em operações de desbaste na América do Norte, Europa e Brasil. O *harvester* opera em condições ideais em florestas com espaçamentos abertos e árvores com volume médio individual (VMI) entre 0,25 e 0,35 m³, e traçamento entre 2 e 6 m (MACHADO et al., 2014).

O *harvester* possui sistemas de rodados de esteiras ou pneus (Figura 1). A preferência pelo tipo de rodados, implica, principalmente, pelas características da área de operação da máquina. Geralmente, há preferência pelo *harvester* de esteiras, visto a possibilidade de aquisição no mercado nacional, que reduz significativamente os custos. Apesar do *harvester* de pneus ser vantajoso quanto à mobilidade, além de possuir projeto moderno para operações florestais, as empresas tendem optar por máquinas adaptadas com cabeçotes *harvester*.

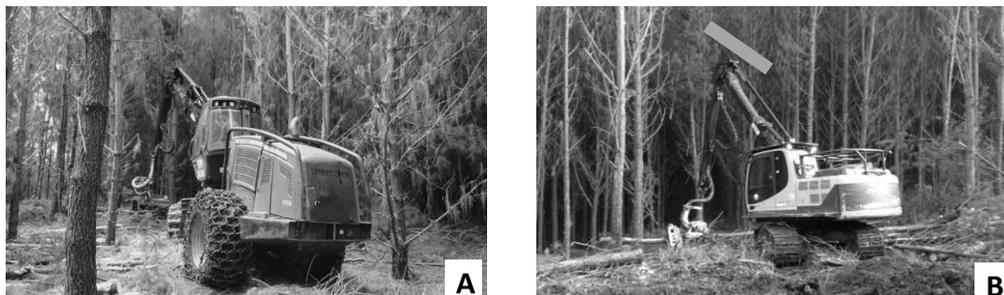


Figura 1. *Harvester* de pneus (A); *Harvester* de esteiras (B)

b) *Forwarder*: Segundo Machado et al. (2014), o *forwarder* é conhecido como trator florestal autocarregável, sendo uma máquina articulada capaz de realizar a extração da madeira do interior do talhão na forma de baldeio. Possui grua hidráulica articulada e telescópica acoplada a uma garra para realização do carregamento e descarregamento da madeira, além de compartimento de carga de volume variável, adaptada com estruturas laterais (fueiros) que

permite o empilhamento das toras apoiadas sobre a plataforma (LIMA e LEITE, 2014). Esta máquina florestal foi projetada, principalmente, no sistema de toras curtas, efetuando a retirada de madeira da área de corte para a margem do talhão ou pátio intermediário. A máquina possui *chassi* articulado com tração 4x4, 6x6, ou 8x8, e capacidade de carga entre 10 e 20 t.

4.3. Ergonomia

A palavra ergonomia deriva do grego *Ergon* (trabalho) e *nomos* (normas, regras e leis). Trata-se de uma ciência orientada para abordagem sistêmica dos aspectos da atividade humana. O profissional da área atua nas atividades do trabalho com abordagem holística do campo de ação da ciência, tanto nos aspectos físicos e cognitivos, como sociais, organizacionais, ambientais (GRANDJEAN, 1998). O objetivo da ergonomia é estudar os fatores que influenciam no desempenho do sistema produtivo, procurando reduzir a fadiga, estresse, erros e acidentes, proporcionando segurança, saúde e satisfação aos trabalhadores (IIDA & GUIMARÃES, 2016).

A ergonomia é uma ciência aplicada que abrange a ciência social, humana e exata e a tecnologia, com o objetivo de adaptar o trabalho às condições física e mental do ser humano, visando estabelecer condições favoráveis à satisfação, saúde, segurança, produtividade no trabalho e bem-estar (SOUZA et al, 2014).

A ergonomia pode ser definida como a adaptação do trabalho ao ser humano, abrangendo as máquinas, os equipamentos e a situação em que ocorre a relação entre ser humano e trabalho. É a ciência que estuda as interações entre homem e trabalho visando a identificação de possíveis problemas e busca por melhorias para o bem-estar do ser humano (DUL e WEERDMEESTER, 2004). A ergonomia abrange cinco áreas de estudo aplicadas ao trabalho: Organização do trabalho pesado; Biomecânica aplicada ao trabalho; Prevenção da fadiga no trabalho; Prevenção do erro humano; e Adequação ergonômica do posto de trabalho (COUTO, 2002).

A Associação Internacional de Ergonomia (IEA) define ergonomia como 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 (IEA, 2019). Segundo Moraes e Mont'Alvão (2000), o objetivo da ergonomia, seja qual for a sua linha de atuação, é o homem no seu trabalho, realizando a sua tarefa cotidiana, executando as suas atividades do dia a dia, independente das estratégias ou métodos que utiliza.

Segundo Gerasimov e Sokolov (2014), em termos de ergonomia, as melhores condições de trabalho são oferecidas por *harvesters* e *forwarders*. No entanto, este método de colheita da madeira não isenta os operadores de riscos, como exposição ao ruído e vibração, temperatura inadequada e baixa qualidade do ar. Nesse contexto, o cumprimento dos princípios ergonômicos no desenvolvimento de maquinário florestal moderno deve contribuir para a redução do estresse físico e mental e outras restrições impostas ao operador. Além disso, deve contribuir para reduzir a probabilidade de erros e a subutilização de máquinas, no que diz respeito às suas capacidades técnicas.

No âmbito das legislações do Brasil, desde a promulgação do Decreto-Lei n. 5.452, de 1º de maio de 1943, que aprovou e tornou pública a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), está declarado que todos brasileiros têm assegurados direitos enquanto trabalhadores, englobando o tempo da jornada de trabalho semanal, higiene no local de trabalho, segurança na execução da tarefa, e a determinação, por parte do empregador para que, o empregado não realize tarefas superiores às suas forças, entre outros (BRASIL, 1943).

A Portaria 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) estabeleceu as normas regulamentadoras (NRs) de segurança e saúde no trabalho, onde a Norma Regulamentadora (NR) número 17, intitulada Ergonomia, destaca que, para que as condições de trabalho sejam as melhores possíveis, é importante que se dê atenção ao modo como o trabalho está sendo desenvolvido, pois a postura indevida na realização de procedimentos, principalmente aquele repetitivo, como já mencionado, pode causar sérios danos à saúde (BRASIL, 1978).

4.3.1. Fatores Ambientais

4.3.1.1. Exposição ao calor

A exposição aos fatores climáticos influencia no desempenho do trabalhador, visto que, quando a temperatura é desfavorável pode ocorrer indisposição e fadiga, reduzindo a eficiência e aumentando o número de acidentes (IIDA E GUIMARÃES, 2016). O calor é um agente físico presente em representativa parte das atividades profissionais. O trabalho realizado em ambientes quentes pode provocar distúrbios, entre os quais se encontram a instabilidade do sistema cardiocirculatório, distúrbios hidroeletrólíticos, dermatológicos e bloqueio do sistema de termo regulação (BREVIGLIERO et al., 2006).

Temperaturas acima de 32°C podem prejudicar a percepção de sinais e induzir o indivíduo a tomar decisões equivocadas, podendo reduzir a qualidade do trabalho e aumentar os riscos de acidentes. O trabalhador pode sofrer desidratação pelo excesso de suor e reposição

insuficiente dos sais minerais que, quando ocorre, a produção do suor diminui e a temperatura interna do corpo tende a subir. Em situações extremas, o mecanismo de termo regulação começa a falhar e a temperatura do corpo pode chegar a 41°C, a pressão sanguínea é reduzida e não atingindo quantidade suficiente aos órgãos vitais, tais como o cérebro e os rins (IIDA e GUIMARÃES, 2016).

Definir a temperatura no ambiente de trabalho é fundamental para a avaliação da exposição ao calor. Entretanto, a umidade relativa do ar, o calor radiante e a velocidade do vento também são fatores necessários para a avaliação no ambiente de trabalho. A Norma Regulamentadora N°15 (NR 15), estabelecida pelo Ministério do Trabalho, prescreve o uso do índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo (IBUTG) para avaliação da exposição ao calor, sendo capaz de avaliar a sobrecarga térmica no ambiente de trabalho, além de indicar os períodos adequados de trabalho e descanso caso o índice ultrapasse os limites estabelecidos.

Os postos de trabalho com aclimações inadequadas podem ocasionar aos trabalhadores redução da capacidade muscular, diminuição da produtividade e ocorrer alterações mentais levando a descontrole da sensação motora, aumentando a possibilidade de erros e acidentes (IIDA E GUIMARÃES, 2016).

Minette et al. (2007), avaliando os níveis de calor em máquinas de colheita florestal, identificaram que todas as máquinas avaliadas estavam em condições térmicas aceitáveis para o trabalho. No entanto, destacaram que as temperaturas internas registradas estavam fora da zona de conforto que, com o trabalho realizado pelas mãos e com o operador sentado, deveriam sofrer variação entre 19 e 22°C.

Jankovsky et al. (2016), avaliaram os postos de trabalho do *harvester* e *forwarder* na colheita de pinus, e concluíram que as condições térmicas dentro da cabine é um fator que pode interferir no desempenho do operador. Dentre as máquinas avaliadas, os autores identificaram níveis médios de temperatura interna em 17,9°C durante a jornada de trabalho.

A Norma Regulamentadora N°17 estabelecida pelo Ministério do Trabalho indica que, locais onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, o índice de temperatura efetiva ideal varia entre 20 e 23°C e velocidade do ar não superior a 0,75m/s.

4.3.1.2. Ruído

O ruído é considerado um som indesejável ou estímulo auditivo que não contém informações úteis para a tarefa que está sendo executada. É a mistura de vibrações medidas em

escala logarítmica conhecida como decibel (IIDA E GUIMARÃES, 2016). Para se definir o ruído, é necessário considerar o enfoque objetivo e subjetivo de tal definição. De forma subjetiva, o ruído pode ser considerado som ou combinação de sons não coordenados que produzem sensação desagradável (barulho). De forma objetiva, o ruído é definido como um fenômeno físico, movimento ondulatório produzido em meio elástico que pode constituir-se em estímulos para o nosso organismo que, em determinadas condições, podem provocar sensações agradáveis ou desagradáveis (SALIBA, 2016).

A audição é parte integrante do organismo humano e suscetível a perdas. Por isso, é necessário a atenção aos níveis e períodos de exposição ao ruído. No ambiente de trabalho, especificamente, é inadmissível haver perdas auditivas, visto que são conhecidos alguns elementos que podem impedir o surgimento ou a progressão dessas perdas, tais como: diminuição do tempo de exposição ao ruído, redução do ruído ambiental e uso de protetores auriculares.

Saliba (2016) classifica os efeitos a exposição ao ruído em efeitos auditivos e extra auditivos, sendo caracterizados como:

- a) Traumas acústicos: são sons de curta duração e alta intensidade resultando em perda auditiva imediata, severa e permanente, como explosões, estampidos de arma de fogo, detonações etc.;
- b) Perda auditiva temporária: devido à exposição aos ruídos intensos, causando baixa acuidade auditiva por determinado tempo, retornando à normalidade após período de descanso; e
- c) Perda auditiva permanente: conhecida como perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR), caracteriza-se pela perda da acuidade auditiva, comprometendo permanentemente a percepção de sons em parte ou totalidade da frequência auditiva.

Os efeitos extra auditivos são caracterizados como distúrbios ocasionados em outras funções orgânicas, como insônia e perda de produtividade. Existem três faixas de ruído importantes para definir se o ruído é prejudicial à saúde. A primeira faixa (0 a 65 dB) é equivalente a conversa entre duas pessoas em baixo tom; segunda faixa (65 a 84,9 dB) corresponde aos ruídos presentes na rotina diária, tais como veículos, pessoas conversando, etc.; e terceira faixa (≥ 85 dB) corresponde às atividades insalubres, que dependendo do tempo de exposição, podem ser prejudiciais à saúde (SAVI, 2012).

Iida e Guimarães (2016) afirmam que, os ruídos acima de 90 dB prejudicam a comunicação entre trabalhadores, bem como a concentração dos mesmos durante a execução da tarefa. Fernandes et al. (2011) destacam que nosso organismo, quando submetido a elevados níveis de ruído, reage a esse estímulo com alterações fisiológicas, bioquímicas, cardiovasculares e sociológicas, sendo importante adotar medidas preventivas e corretivas no

local de trabalho, visando eliminar ou atenuar o ruído na fonte de propagação, como tratamentos acústicos nas máquinas ou substituição de peças desgastadas.

A normativa que estabelece as diretrizes acerca dos limites de tolerância ao ruído contínuo ou intermitente, é a Norma Regulamentadora N°15, estabelecida pelo Ministério do Trabalho. A Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Saúde no Trabalho (FUNDACENTRO) desenvolveu a Norma Técnica para avaliação da exposição ocupacional ao ruído (NHO 01), que possui critérios e procedimentos técnicos detalhados e desenvolvidos com base em normas internacionais, tornando-se mais rigorosa em comparação a NR 15, tornando-se assim mais criteriosa na avaliação da exposição ocupacional ao ruído.

Minette et al. (2007) realizaram avaliação dos níveis de ruído em 13 máquinas de colheita florestal, e identificaram que o *feller-buncher*, *skidder*, garra traçadora, carregador florestal e mini *skidder* apresentaram condições inadequadas de ruído, com valores acima do limite estabelecido pela legislação brasileira.

Paini (2016), avaliando o posto de trabalho de máquinas florestais na colheita de madeira, identificou níveis de ruído de 82 e 83 dB no *skidder* e carregador florestal, respectivamente, indicando que, apesar de não estarem acima do limite estabelecido pela legislação brasileira (85 dB), requerem medidas preventivas visando reduzir a exposição.

Fernandes et al. (2011), analisando os níveis de ruído nas cabines de três modelos de *feller-bunchers* durante a colheita da madeira, identificou níveis de ruído inferiores ao limite estabelecido pela legislação brasileira (85 dB (A)), enquanto Rocha et al. (2012) avaliaram o nível de satisfação de trabalhadores florestais na colheita florestal mecanizada em uma empresa produtora de celulose, sendo o ruído no *skidder* avaliado com o grau de satisfação de 50%, indicando elevado nível de ruído nessa máquina.

4.3.1.3. Vibração

A vibração é qualquer movimento que o corpo exerce em torno de um ponto, podendo ser regular, senoidal ou irregular quando não exerce nenhum padrão. As vibrações em frequências de 1 Hz a 80 Hz são danosas ao organismo, podendo causar lesões nos ossos, juntas e tendões. O corpo humano apresenta frequências naturais de vibração para cada região do corpo, quando determinada frequência externa coincide com a frequência natural do corpo humano, ocorre ressonância que amplifica o movimento. Além disso, possui sensibilidade entre as faixas de 4 e 8 Hz, especificamente na frequência de 5 Hz, que corresponde à frequência de

ressonância na direção vertical (eixo **z**). Na direção horizontal e lateral, as ressonâncias ocorrem em frequências menores, entre 1 a 2 Hz (IIDA E GUIMARÃES, 2016).

O corpo humano possui maior sensibilidade à vibração no sentido vertical (em pé). Entre 4 e 8 Hz se situam as frequências naturais do corpo humano (massa abdominal, ombros e pulmões). Nessa faixa, apresenta elevada sensibilidade e, por isso, os limites dos níveis de vibração são menores. Na direção transversal e lateral a rigidez do corpo é menor, portanto, apresenta sensibilidade entre 1 e 2 Hz. Os efeitos sobre o corpo humano podem ser extremamente prejudiciais, apresentando visão turva, perda de equilíbrio, falta de concentração, danos permanentes em determinadas partes do corpo, degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso na forma de perda da capacidade manipuladora e de controle de tato nas mãos (GERGES, 2000).

A exposição à vibração de corpo inteiro poderá provocar problemas musculoesqueléticos e atingir principalmente as regiões do pescoço e ombros devido ao trabalho estático. Quando em condições de trabalho prolongado, a exposição à vibração pode conduzir à fadiga estendendo os problemas musculoesqueléticos às regiões dos braços e coluna cervical (YAMASHITA, 2002). Para Saliba (2016), a exposição à vibração de corpo inteiro pode causar danos físicos permanentes ou distúrbios no sistema nervoso. A exposição diária pode resultar em danos na região espinhal e afetar os sistemas circulatório e urológico. Alguns sintomas de distúrbios geralmente aparecem durante a exposição sob a forma de fadiga, insônia, dor de cabeça e tremor. No entanto, a exposição prolongada pode causar problemas nas regiões dorsal e lombar, nos sistemas gastrointestinal e reprodutivo, desordem no sistema visual, problemas nos discos intervertebrais e degeneração na coluna vertebral.

Almeida (2011) descreve que as atividades com máquinas florestais são complexas, visto que os operadores permanecem por períodos extensos na mesma postura (sentado), agravando-se pela exposição à vibração durante aproximadamente 75% da jornada de trabalho diária. A autora cita que, os estudos apresentados a respeito dos efeitos das vibrações mecânicas sobre o corpo humano têm demonstrado que a duração da exposição a determinados níveis de vibração implica diretamente na intensidade dos possíveis efeitos. Dessa forma, torna-se importante o acompanhamento frequente dos trabalhadores expostos à vibração, bem como o monitoramento dos níveis de vibração gerados pelas máquinas para que se possa adotar medidas preventivas ou corretivas, observando os níveis de ação propostos nas normas pertinentes.

As diretrizes que tratam dos limites e recomendações acerca da exposição à vibração de corpo inteiro estão descritas em normativas internacionais, que servem como referência para a legislação nacional. A Norma de Higiene Ocupacional (NHO 09), estabelecida no Brasil pelo

Ministério do Trabalho por meio da NR 15 para avaliação quantitativa de Vibração de Corpo Inteiro (VCI) e Vibração de Mão e Braço (VMB), regulamenta os procedimentos técnicos referentes a avaliação da exposição às vibrações de corpo inteiro utilizando como referências as normativas internacionais ISO-2631 (1997) - *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration*; e ISO-8041 (2005) - *Human response to vibration – Measuring instrumentation*.

A NHO 09 tem por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da VCI que implique possibilidade de ocorrência de problemas diversos à saúde do trabalhador, entre os quais aqueles relacionados à coluna vertebral. A norma define a vibração em três variáveis: frequência (Hz), aceleração máxima sofrida pelo corpo (m/s^2) e direção do movimento, que é dada nos eixos espaciais **x** (anteroposterior); **y** (lateral; direita-esquerda); e **z** (longitudinal; pés-cabeça).

Almeida et al. (2015), avaliando a exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro em máquinas de colheita florestal, concluíram que a atividade laboral do operador de máquinas tem como problemas ocupacionais a vibração recebida por aproximadamente 75% da jornada diária de trabalho, agravando-se pelo elevado tempo em mesma postura (sentada). Jankovsky et al. (2016) realizaram um estudo para avaliar ergonomicamente o ambiente de trabalho de operadores de *harvester* e *forwarder*. Para a seleção dos fatores a serem estudados, os autores realizaram uma pesquisa bibliográfica e identificaram a exposição ocupacional à vibração como fator relevante para o estudo. Os autores identificaram níveis médios de vibração em $0,46m/s^2$, indicando a necessidade de medidas preventivas.

Gerasimov e Sokolov (2014), realizaram uma avaliação ergonômica comparativa entre 14 sistemas de colheita de madeira, a fim de identificar quais conjuntos de máquinas são menos prejudiciais à saúde dos operadores. Os autores encontraram aceleração média equivalente a $0,3m/s^2$, indicando conformidade com os valores estabelecidos pelas normas utilizadas para avaliação.

4.3.2. Análise postural

Iida e Guimarães (2016) definem a análise postural como o estudo do posicionamento relativo entre as partes do corpo. A postura adotada pelos operadores de máquinas florestais é na posição sentada, sendo que os autores relatam que tal posição exige atividade muscular constante nas regiões dorsal e ventral, pois o peso do corpo é suportado pela pele que recobre

o osso ísquio nas nádegas e, por isso, é relevante que o assento da máquina permita ao operador adotar diferentes posturas, a fim de retardar o surgimento de fadiga.

Segundo Fiedler et al. (2003), as análises posturais no trabalho são relevantes, visto que tratam de problemas referentes à queda de produtividade e aos acidentes no trabalho. Através de treinamentos específicos, posturas consideradas inadequadas ao trabalhador, podem ser corrigidas por posturas seguras, saudáveis e confortáveis. Santos et al. (2012) comprovam que realizar manutenção excessiva de determinada postura ou de cargas é considerado fator de risco que ameaça à integridade do sistema vertebral e poderá ocasionar o desgaste das articulações, bem como comprometer a saúde do trabalhador.

A postura no trabalho pode ser influenciada pelo tipo de atividade executada pelo trabalhador, sendo diferenciada em estática ou dinâmica. O trabalho estático exige contração contínua de alguns músculos para manutenção de determinada posição, enquanto o trabalho dinâmico, permite relaxamentos e contrações alternadas dos músculos (LUVIZOTTO et al., 2016). Iida e Guimarães (2016) relatam que o trabalho estático é fatigante e deve ser evitado, sendo que o operador deve mudar de postura no decorrer da jornada de trabalho. Gerasimov e Sokolov (2009) afirmam que a postura em que os operadores florestais executam as tarefas são consideradas críticas e influenciam negativamente no desempenho do trabalhador.

A fim de analisar os problemas posturais ocasionados pelo trabalho, os métodos de avaliação postural são importantes ferramentas que auxiliam na identificação dos mesmos. Dentre eles, os métodos REBA e RULA podem ser utilizados na análise de operadores de máquinas florestais. O método RULA (*Rapid Upper-Limb Assessment*), desenvolvido por McAtamney e Corlett (1993), é adaptado do método OWAS (*Ovako Working Posture Analysing System*) acrescido de outras variáveis (força, repetição e amplitude do movimento articular). As posturas são enquadradas de acordo com as angulações entre os membros e o corpo, obtendo-se pontuações que definem o nível de ação a ser seguido. Este método é indicado para analisar a sobrecarga concentrada no pescoço e membros superiores, sendo utilizados diagramas para facilitar a identificação das amplitudes de movimentos nas articulações de interesse, bem como avaliar o trabalho muscular estático e a força exercida pelo segmento em análise (MCATEMNEY e CORLETT, 1993).

O método REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), desenvolvido por Hignett e McAtamney (2000), embasado no método RULA, permite a análise das posturas adotadas no trabalho, forças aplicadas, tipos de movimentos ou ações realizadas, atividade muscular, trabalho repetitivo e o tipo de pega adotada pelo trabalhador ao realizar o trabalho. O método permite a análise conjunta das posições dos membros de todo o corpo, a carga ou força exercida

e o tipo de aperto ou atividade muscular desenvolvida durante a atividade, apontando a avaliação final da postura. Segundo os autores, esta metodologia refere-se à interface homem-carga e relaciona os fatores de carga dinâmica e estática, cuja finalidade é analisar a postura perceptível aos riscos musculoesqueléticos. O método REBA apresenta similaridade com o método RULA, indicando-se às análises dos membros superiores com movimentos repetitivos (HIGNETT; McATAMNEY, 2000).

Gerasimov e Sokolov (2014), realizaram uma avaliação ergonômica comparativa entre sistemas de colheita de madeira, a fim de identificarem quais conjuntos de máquinas são menos prejudiciais à saúde dos operadores. Foram avaliados 130 parâmetros ergonômicos em 36 máquinas florestais, sendo avaliados cinco *5 harvesters*. De acordo com a análise, os autores classificaram o posto de trabalho de dois *harvesters* como “Confortável” e três *harvesters* como “Relativamente desconfortável”, destacando-se que o fator “postura” não influenciou negativamente nos resultados, indicando que as posturas adotadas não eram prejudiciais.

Paini (2016), realizou uma análise ergonômica em máquinas de colheita da madeira, onde identificou as posturas típicas adotadas pelos operadores de *Feller-buncher* e Processador Florestal, e submeteu à análise postural REBA e RULA. O autor identificou uma postura típica para o *Feller-buncher* e duas posturas típicas no processador florestal, que indicou serem desfavoráveis ao operador, principalmente pela inclinação do tronco e rotação dos punhos. Os resultados dos métodos apontaram baixo risco postural, com exceção de uma das posturas identificadas no processador florestal, o que apontou risco médio.

4.3.3. Movimentos Repetitivos

Além dos problemas relacionados à adoção de posturas inadequadas, há ainda a possibilidade do desenvolvimento de Lesão por Esforço Repetitivo ou Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho (LER/DORT). Os movimentos repetitivos estão ligados à ocorrência de LER/DORT, caracterizados como transtornos dolorosos e prejudiciais, causados pela utilização de forma contínua e excessiva do sistema musculoesquelético sem as devidas pausas para recuperação. A LER/DORT caracteriza-se por um conjunto de afecções que acometem músculos, tendões, bainhas, nervos e articulações, principalmente dos membros superiores (braço, antebraço, punho e mão) e coluna vertebral (cervical, torácica, lombar) decorrente de sobrecarga no sistema musculoesquelético (OLIVEIRA et al., 2015).

A LER/DORT é prejudicial tanto ao trabalhador quanto à empresa. Ao trabalhador, esse distúrbio pode causar desânimo, ociosidade e depressão devido ao sentimento de doença

causado pelas dores crônicas. As empresas sofrem com a redução de produtividade, rotatividade e absenteísmo, além de custos indenizatórios (SILVA et al., 2014). Esta patologia se deve essencialmente à modernização do trabalho, elevando a frequência de execução das tarefas manuais repetitivas principalmente nos membros superiores, ombros e região cervical (LUVIZOTTO et al., 2016). De acordo com Echeverria e Pereira (2007), a LER/DORT pode ser definida como um conjunto de doenças que atingem principalmente os membros superiores, sendo as mais comuns Tenossinovite, Tendinite e Epicondilite. Os autores enfatizam que 80 a 90% dos casos de doenças profissionais registrados na Previdência Social são provenientes de LER/DORT, configurando-se como relevante problema do trabalho, social e econômico.

O Ministério da Saúde (2012) afirma que fatores como: postura assimétrica; posto de trabalho; vibração; exposição ao frio; ruído elevado; pressão mecânica; carga mecânica musculoesquelética; e fatores organizacionais e psicossociais; estão relacionados ao aparecimento de LER/DORT. No caso dos operadores de máquinas, destacam-se os fatores de risco: posturas assimétricas; carga mecânica musculoesquelética (repetitividade e esforço muscular); e fatores organizacionais e psicossociais ligados ao trabalho.

As posturas assimétricas e movimentos repetitivos são resultantes do tipo de comando das máquinas. As máquinas são operadas por *joysticks*, que por serem comandos responsáveis por funções variadas, impõem ao operador repetições de movimento e posturas estáticas (FAGUNDES et al.1998). Os autores afirmam que, para o comando do *joystick*, o operador tende a manter posturas críticas e realizar movimentos constantes de flexão, desvio dos punhos, elevação dos ombros e contração estática dos músculos trapézios. Neste caso, as partes do corpo afetadas são os dedos, braços, ombros e pescoço, destacando que as principais queixas dos operadores são dor e fadiga.

Atualmente, diferentes métodos e ferramentas para análise da repetitividade no trabalho estão disponíveis. Dentre eles, o *Strain Index* (SI), desenvolvido por Moore e Garg (1995), em que é adotada metodologia semi quantitativa da análise da tarefa que resulta em valor numérico qualitativo, estando relacionado com o risco de desenvolvimento de LER/DORT. Para tal, o método mede seis variáveis da tarefa que são calculadas considerando as seguintes variáveis (MOORE e GARG, 1995): intensidade do esforço; duração do esforço; frequência do esforço; postura das mãos e punhos; ritmo de trabalho; e duração do trabalho.

Outra ferramenta disponível para avaliar o risco de LER/DORT em ambientes de trabalho é o TOR-TOM, que avalia o risco ergonômico a fim de estabelecer limites de tolerância e gerenciamento de soluções em atividades repetitivas. É a relação entre a taxa de ocupação

real do trabalhador em determinada atividade ao longo da jornada de trabalho e a taxa de ocupação máxima que deveria haver na atividade, segundo as características daquele trabalho.

Desenvolvido por Couto (2006), O TOR-TOM é uma metodologia que quantifica a exposição do trabalhador em atividades repetitivas, ao invés das formas tradicionais conhecidas até então com uso de *checklists*. Ao final do cálculo, o analista tem o resultado numérico quantificando a exposição do trabalhador aos fatores causadores de LER/DORT e outros fatores de fadiga no trabalho. A análise do resultado aponta resultados claros se a condição de trabalho é segura ou necessita ser melhorada, e de que forma, possibilitando que a organização do trabalho em atividades repetitivas passe a ser realizada com base no critério científico.

A Taxa de Ocupação Real é frequentemente utilizada pelos gestores de produção, apresentando valores próximos de 85 a 95%, descontados os tempos pessoais e eventuais atividades de baixa exigência durante a jornada de trabalho (COUTO, 2006). Esta taxa corresponde à porcentagem da jornada de trabalho em que o trabalhador executa efetivamente determinada tarefa, sendo adquirida considerando as pausas (diálogo diário de segurança, necessidades fisiológicas, manutenção, etc.), micro pausas e o tempo em atividades com mínima exigência ergonômica. Por sua vez, a Taxa de Ocupação Máxima (TOM) é o valor máximo admissível, conforme as características do local, que o trabalhador deve permanecer em determinado posto de trabalho dentro das condições ergonômicas, considerando o ambiente físico, metabolismo e postura do trabalhador (TOCAMP); Fatores ambientais (Vibração, ruído, conforto térmico, etc.); e Taxa de Ocupação Considerando Atividade Repetitiva (TOCAR).

Segundo Smith (1996), para prevenção contra LER/DORT é importante considerar a natureza das atividades, treinamento do trabalhador e disponibilidade de relações de assistência e supervisão, que podem afetar a exposição, satisfação, atitude e comportamento. A mecanização contribuiu para tornar o trabalho mais leve, porém aumentou o ritmo e a concentração das forças aplicadas em algumas partes do corpo, como os punhos e as mãos. Tais movimentos são simples, mas executados muitas vezes no decorrer do dia e com pouco ou nenhum tempo para pausas ou descanso, podendo provocar o surgimento de LER/DORT (ESTIVALET, 2004). Para Phairah et al. (2016), os operadores de máquinas florestais ainda enfrentam distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), apesar da mecanização extensiva e a modernização dos sistemas de colheita.

4.4. Tempos e Movimentos

Outra importante ferramenta utilizada na análise ergonômica do trabalho é o estudo de tempos e movimentos que, segundo Mialhe (1974), é definido como o estudo sistemático dos processos de trabalho, visando determinar o tempo consumido por uma pessoa qualificada e treinada, trabalhando em ritmo normal, em determinado método de trabalho. Segundo Barnes (1977), no estudo do trabalho as modificações ou melhorias dos métodos geralmente têm como objetivo o rendimento.

Na colheita florestal, Machado (1985) caracteriza o estudo de tempos e movimentos como aquele que procura a melhor técnica de execução da operação, enquanto determina o seu tempo padrão dentro do clima econômico, social e ecológico. Loffler (1982) estima o estudo de tempos como o método de pesquisa mais importante em florestas, medindo o tempo consumido para cada elemento de trabalho.

Barnes (1977) diz que esse estudo sistemático do trabalho possibilita a determinação do tempo dispendido pelo trabalhador para a realização das tarefas com o intuito de padronizar a realização das mesmas. A medição pode ser descrita por três métodos (FENNER, 2002):

- **Tempo contínuo:** É feita medição do tempo sem a detenção do cronômetro em cada ponto de medição. O tempo requerido para cada trabalho parcial é calculado durante a avaliação por subtração entre a hora em que terminou a atividade parcial em questão e a hora em que se iniciou. As atividades parciais são anotadas na sequência em que acontecem de forma cronológica.
- **Tempo individual:** Neste método, o cronômetro é detido em cada ponto de medição, sendo registrados os tempos individuais para cada atividade parcial. Requer cronômetros sofisticados, com ponteiros que voltam ao zero e recomeçam imediatamente a girar para medir o tempo da atividade parcial seguinte.
- **Multimomento:** Neste método, o cronômetro gira continuamente, determinando-se a frequência em que os tempos das atividades parciais ocorrem. Para isso, observa-se em intervalos determinados as atividades parciais que estão sendo desenvolvidas, registrando-se no formulário. O método baseia-se no princípio do acaso e, portanto, é importante atenção quanto à operação, visto que o registro deve ser realizado exatamente no momento em que o ponteiro passa pela marca do intervalo correspondente. No caso de trabalhos florestais, com decurso de trabalho de duração variável, recomenda-se o intervalo de 25/100 minutos.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada em uma empresa florestal localizada na região sul do estado do Paraná, entre as coordenadas de latitude 26°17'13'' S e longitude 51°33'43'' W (Figura 2).



Figura 2. Localização da área de estudo.

O clima da região do estudo é caracterizado como subtropical úmido mesotérmico, segundo a Classificação climática de Köppen-Geiger, precipitação média anual de 1.751 mm e temperatura média anual de 16,6 °C. Na região ocorre a predominância de solos do tipo Cambissolo, Argissolo e Neossolo Litólico, e relevo variando de plano a forte ondulado, com altitude entre 900 e 1200 m.

5.2. População estudada

A análise ergonômica nos postos de trabalho dos *harvesters* foi realizada com um operador por máquina devido à disponibilidade existente na empresa. Todos possuíam tempo de experiência na função e foram capacitados para a execução do trabalho. Devido a pesquisa envolver seres humanos, inicialmente foi submetido à análise da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Ministério da Saúde e ao Comitê de Ética da Universidade Estadual do Centro Oeste. Os trabalhadores tiveram participação voluntária e receberam esclarecimentos quanto à metodologia e os objetivos da pesquisa, tendo ciência quanto ao uso das imagens e os dados coletados por meio da leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), conforme o Apêndice I, em atendimento à Resolução N° 466/2012 CNS/MS-CONEP (BRASIL, 2012).

5.3. Máquinas avaliadas

Na operação de desbaste, adotou-se o sistema de colheita da madeira de toras curtas (*cut-to-length*), em que o corte e o processamento das árvores (derrubada, desgalhamento, destopamento, traçamento e enleiramento) era realizado pelo *harvester* e, em seguida, as toras processadas em quatro diferentes sortimentos eram extraídas na forma de baldeio pelo *forwarder* para a margem da estrada.

Nesta pesquisa foram avaliados dois tratores florestais *harvester*, sendo diferenciados pelo tipo de rodados como esteiras e pneus (Figuras 3 e 4).

Máquina	Especificações Técnicas
	Potência do motor: 115 HP Peso: 13.980 kg. Largura: 2.600 mm. Altura: 3.110 mm. Rodados: esteiras Alcance da grua: 10m Horímetro: 13.000 horas

Figura 3. *Harvester* de esteiras

Máquina	Especificações Técnicas
	Potência do motor: 255 HP Peso: 20.700 kg. Largura: 2.990 mm. Altura: 3.930 mm. Rodados: pneus Alcance da grua: 10m Horímetro: 12.000 horas

Figura 4. *Harvester* de pneus

5.4. Método de desbaste

O desbaste aplicado nos povoamentos de *Pinus taeda* tratava-se do primeiro desbaste, realizado aos 10 anos. Adotou-se o método combinado que, segundo Schneider e Schneider (2008), caracteriza-se pela remoção das árvores do interior do talhão de forma sistemática e seletiva. Neste estudo, ocorreu a eliminação sistemática da 5ª linha de plantio, com remoção de

20% das árvores, criando uma trilha de acesso às máquinas, e desbaste seletivo por baixo de 30% das árvores dispostas em ambos os lados da linha de operação, definido pelo alcance da grua, totalizando, portanto, a remoção de 50% das árvores do povoamento (Figura 5).

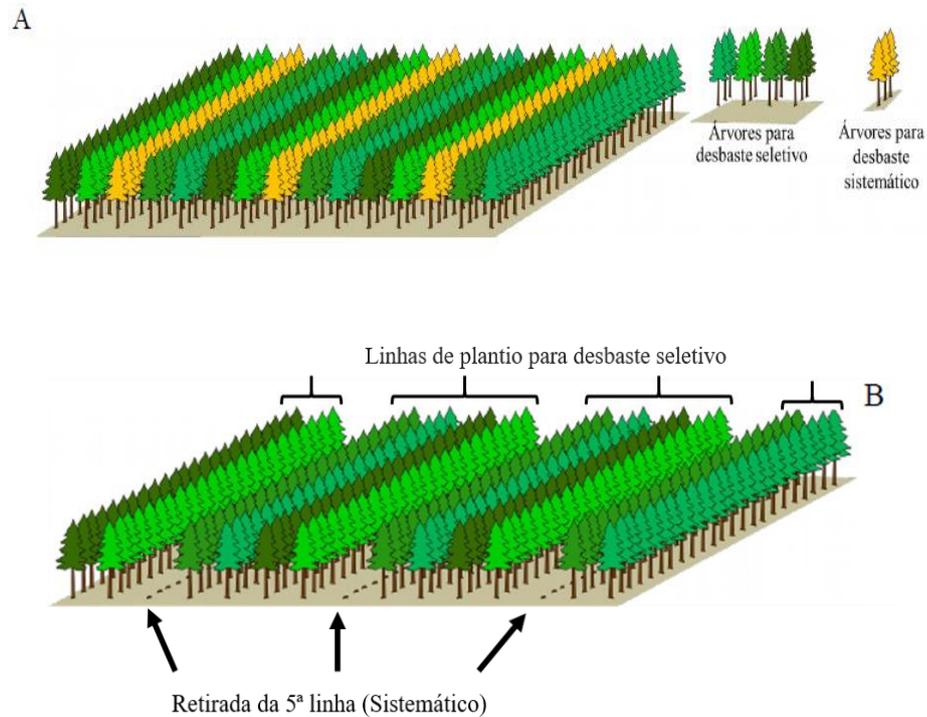


Figura 5. Sistema de desbaste de 5ª linha
Fonte: Cabral (2014)

5.5. Área experimental

A área experimental foi composta por um povoamento de *Pinus taeda* com 10 anos de idade, e características homogêneas em termos de declividade do terreno e floresta, apresentando em ambas as áreas experimentais, uma densidade de 1.600 árvores por hectare no espaçamento 2,5 x 2,5m. A empresa adotava regime de 10 horas por jornada de trabalho, sendo dois turnos diários (diurno e noturno). No entanto, o estudo foi desenvolvido somente no turno diurno (7 às 17 horas).

5.6. Coleta de dados

A análise ergonômica nos postos de trabalho nas máquinas contemplou um diagnóstico postural e dos movimentos repetitivos adotados pelos operadores, bem como dos fatores ambientais (exposição ao calor, ruído e vibração).

5.6.1. Fatores ambientais

a) Exposição ao calor

A avaliação da exposição ao calor nos postos de trabalho das máquinas foi realizada com base nos procedimentos técnicos da Norma de Higiene Ocupacional (NHO 06) – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor, proposta pela Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina no Trabalho – FUNDACENTRO.

A avaliação foi realizada por meio do uso de um termômetro digital portátil IBUTG (Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo), modelo *Highmed TGD – 1800* (Figura 6), conforme descrito na NHO 06.



Figura 6. Termômetro digital de IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo)

O aparelho foi instalado no interior da cabine das máquinas na região próxima ao operador, conforme determina a norma. As amostras diárias foram obtidas em um período de 240 minutos com intervalos de 1 minuto entre as medições. Desta forma, a avaliação cobriu todas as condições habituais – operacionais e ambientais – que envolvem o trabalhador no exercício das funções.

A partir dos dados registrados, os valores encontrados foram tabelados e calculados os valores de IBUTG. Calculou-se o índice para ambientes internos sem carga solar direta, conforme a equação a seguir.

$$\text{IBUTG} = 0,7 \text{ tbn} + 0,3 \text{ tg}$$

em que: tbn = temperatura de bulbo úmido natural em °C; tg = temperatura de globo em °C.

A partir da média dos índices IBUTG encontrados nas máquinas, os valores foram comparados com o Nível de Ação e Limite de exposição propostos na NHO 06, classificado de acordo com a característica da atividade, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Limite de exposição ocupacional ao calor para trabalhadores aclimatizados.

Atividade	Taxa Metabólica (Kcal/h)	Nível de ação (°C)	Limite de Exposição (°C)
Sentado Trabalho Leve	126	30,2	32,5

Fonte: Adaptado de Fundacentro (2017)

b) Exposição ao ruído

A avaliação da exposição ocupacional ao ruído foi realizada com base nos procedimentos técnicos da Norma de Higiene Ocupacional (NHO 01) – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído, proposta pela FUNDACENTRO.

Para obtenção dos níveis de ruído, utilizou-se o dosímetro de ruído modelo *Criffer Sonus* (Figura 7), sendo configurado conforme os parâmetros da NHO 01: circuito de ponderação "A"; circuito de resposta lenta (*slow*); critério de referência de 85 dB (A), correspondente a dose de 100% para exposição de 8 horas; nível limiar de integração de 80 dB (A); faixa de medição mínima de 80 a 115 dB (A); incremento de duplicação de dose igual a 3 ($q = 3$); e indicação da ocorrência de níveis superiores a 115 dB (A).



Figura 7. Dosímetro de ruído *Criffer Sonus*

O dosímetro foi instalado conforme as orientações da NHO 01, sendo fixado na zona auditiva do operador em condições normais de trabalho: cabine fechada com ar condicionado, rádio comunicador, som, e aceleração da máquina funcionando normalmente em condições operacionais de trabalho.

A partir dos níveis de ruído registrados pelo dosímetro, com auxílio do *software Microsoft Excel*, os dados foram tabelados, seguido do cálculo de Nível de Exposição e Dose Diária, sendo os dados calculados conforme as equações a seguir:

$$NE = 10 * \log \left(\frac{480}{T_e} * \frac{D}{100} \right) + 85 \text{ [dB]}$$

em que: NE = Nível de exposição; D = Dose diária de Ruído (%); Te = Tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho

$$\text{Dose Diária} = \left(\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \right) * 100 \text{ [%]}$$

em que: C_n = Tempo total diário em que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico; T_n = Tempo máximo diário permissível a este nível.

Os valores referentes ao tempo máximo diário permissível a determinado nível de ruído são estabelecidos pela NHO 01 conforme o Anexo 3. Para fins de comparação com os limites de exposição, o nível médio de ruído foi convertido para jornada padrão de oito horas, determinando-se pelo Nível de Exposição Normalizado (NEN), conforme a equação a seguir:

$$NEN = NE + 10 \log \frac{T_E}{480} \text{ [dB]}$$

em que: NE = Nível médio representativo da exposição ocupacional diária; T_n = Tempo de duração, em minutos, da jornada diária de trabalho.

A partir dos valores do NEN e Dose de Ruído, calcularam-se os valores médios obtidos nas diferentes máquinas, sendo então comparados com os limites de tolerância para o ruído contínuo ou intermitente, conforme a NHO 01 (Tabela 2).

Tabela 2. Recomendações em função da Dose Diária e NEN.

Dose Diária (%)	NEN dB(A)	Consideração Técnica	Recomendação
0 a 50	Até 82	Aceitável	Manutenção da condição existente
50 a 80	82 a 84	Acima do nível de Ação	Adoção de medidas preventivas
80 a 100	84 a 85	Região de Incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da dose diária
Acima de 100	> 85	Acima do limite de Exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: Adaptado de Fundacentro (2001)

c) Exposição à vibração

A avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro (VCI) foi realizada com base nos procedimentos técnicos da Norma de Higiene Ocupacional (NHO-09) – Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro, proposta pela FUNDACENTRO, que segue as normativas internacionais *ISO 2631-1 (1997) – Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration* e *ISO 8041 (2005) – Human response to vibration – Measuring instrumentation*.

Para obtenção dos níveis de vibração, utilizou-se o medidor de vibração do corpo inteiro, marca *Bruel e Kjaer* e modelo *Type 4447* (Figura 8), utilizando-se o acelerômetro de assento do tipo triaxial para registro de valores referentes à aceleração e dose nos eixos x, y e z. O aparelho utilizado é integrador e atende aos requisitos previstos na Norma ISO 8041, conforme determina a NHO 09.



Figura 8. Medidor de vibração do corpo humano (Type 4447).

O medidor de vibração foi instalado no assento das máquinas entre o corpo humano e a fonte geradora, respeitando-se os respectivos eixos ortogonais (x, y e z) (Figura 9).



Figura 9. Posicionamento do medidor de vibração no assento

Para a avaliação da exposição ocupacional à vibração, a NHO 09 estabelece como critério de avaliação dois fatores: a determinação da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e valor da dose de vibração resultante (VDVR), com parâmetros representativos da exposição diária do trabalhador. Na coleta dos dados adotou-se o período de 30 minutos por amostragem em intervalos de 1 segundo por registro.

A partir dos dados obtidos nos eixos ortogonais x, y e z, os valores de aceleração e a dose obtidos em campo, procedeu-se a tabulação e processamento dos dados, com auxílio do *software Microsoft Excel*, sendo então calculados os valores de aceleração média resultante (amr), aceleração resultante de exposição parcial (arep), aceleração resultante de exposição (are) e aceleração resultante de exposição normalizada (aren), bem como o valor da dose de vibração (VDV), valor da dose de vibração da exposição (VDVexp) e valor da dose de vibração resultante (VDVR).

a) Aceleração média resultante (amr): Corresponde à raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, definida pela expressão que segue:

$$amr = \sqrt{(f_x am_x)^2 + ((f_y am_y)^2) + ((f_z am_z)^2)} \quad [m/s^2]$$

em que: am_j = aceleração média; f_j = fator de multiplicação em função do eixo considerado ($f = 1,4$ para os eixos “x” e “y” e “f”= 1,0 para o eixo “z”)

b) Aceleração resultante de exposição parcial (arep_i): corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional relativa à componente de exposição “i”, ocorrida na parcela de tempo da jornada diária, considerando os três eixos ortogonais. Este parâmetro poderá ser resultado da média aritmética das acelerações obtidas cada vez que a componente de exposição é repetida, conforme expressão que segue:

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad [m/s^2]$$

em que: amr_{ik} = aceleração média resultante relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”; s = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas.

c) Aceleração resultante de exposição (are): corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais e as diversas componentes de exposição identificadas, definida pela expressão que segue:

$$\text{are} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i \text{arep}_i^2 \tau_i} \quad [\text{m/s}^2]$$

em que: **arep_i** = aceleração resultante de exposição parcial; **n_i** = número de repetições da componente de exposição “i” ao longo da jornada de trabalho; **T_i** = tempo de duração da componente de exposição “i”; **m** = número de componentes de exposição que compõem a exposição diária; **T** = tempo de duração da jornada diária de trabalho.

d) Aceleração resultante de exposição normalizada (aren): corresponde à aceleração resultante de exposição (are) convertida para jornada diária padrão de 8 horas, determinada pela seguinte expressão:

$$\text{aren} = \text{are} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [\text{m/s}^2]$$

em que: **are** = aceleração resultante de exposição; **T** = tempo de duração da jornada diária de trabalho expresso em horas ou minutos; e **T₀** = 8 horas ou 480 minutos.

e) Valor da dose de vibração (VDV_{ji}): corresponde ao valor de dose de vibração, determinado na direção “j”, relativo às “s” amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas, definido pela expressão que segue:

$$\text{VDV}_{ji} = \left[\sum_{k=1}^s (\text{VDV}_{jik})^4 \right]^{1/4}$$

em que: **VDV_{jik}** = valor de dose de vibração relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”; **s** = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas.

f) Valor da dose de vibração da exposição parcial (VDV_{expji}): corresponde ao valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo a componente de exposição “i”, conforme a expressão que segue:

$$\text{VDV}_{\text{expji}} = f_j \times \text{VDV}_{ji} \times \left(\frac{T_{\text{exp}}}{T_{\text{amos}}} \right)^{1/4} \quad [\text{m/s}^{1,75}]$$

em que: **VDV_{ji}** = valor da dose de vibração medido no eixo “j”, relativo a componente de exposição “i”; **T_{exp}** = tempo total de exposição à vibração ao longo da jornada de trabalho, decorrente da componente de exposição “i” em estudo. Corresponde ao produto do número de repetições da componente pelo tempo de duração; **T_{amos}** = tempo total utilizado para a medição das “s” amostras representativas da componente de exposição “i”, em estudo:

$$T_{\text{amos}} = \sum_{k=1}^s T_k$$

em que: **T_k** = tempo de medição relativo à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”; **s** = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas; **f_j** = fator de multiplicação em função do eixo considerado (f = 1,4 para os eixos “x” e “y” e f = 1,0 para o eixo “z”).

g) Valor da dose de vibração da exposição (VDV_{expj}): corresponde ao valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária em cada eixo de medição, conforme a expressão que segue:

$$VDV_{expj} = \left[\sum_{i=1}^m (VDV_{expji})^4 \right]^{1/4} \quad [m/s^{1,75}]$$

em que: **VDV_{expji}** = valor da dose de vibração da exposição representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo a componente de exposição “i”; **m** = número de componentes de exposição que compõem a exposição diária.

h) Valor da dose de vibração resultante (VDVR): corresponde ao valor da dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária, considerando a resultante dos três eixos de medição, que pode ser obtido por meio da expressão que segue:

$$VDVR = \left[\sum_j (VDV_{expj})^4 \right]^{1/4}$$

em que: **VDV_{expj}** = valor da dose de vibração da exposição representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, sendo “j” igual a “x”, “y” ou “z”.

Os valores *aren* e VDVR são exigidos pela norma a fim de determinar a exposição ocupacional à vibração para jornada de trabalho padrão, ou seja, oito horas de trabalho. Para avaliação, a norma utiliza os seguintes critérios de referência:

Nível de ação: valor acima do qual devem ser adotadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições à vibração causem danos à saúde do trabalhador e evitar que o *limite de exposição* seja ultrapassado.

Limite de Exposição: parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente sem sofrer efeitos adversos que possam resultar em dano à sua saúde.

De posse dos resultados de *aren* e VDVR, calculou-se o valor médio nas diferentes máquinas, e comparou-se com os limites de tolerância para Vibração de Corpo Inteiro (VCI), conforme a NHO 09 (Tabela 3).

Tabela 3. Recomendações em função da aren e VDVR

aren (m/s²)	VDVR (m/s^{1,75})	Consideração Técnica	Recomendação
0 a 0,5	0 a 9,1	Aceitável	Manutenção da condição existente
0,5 a < 0,9	> 9,1 a < 16,4	Acima do nível de Ação	Adoção de medidas preventivas
0,9 a 1,1	16,4 a 21,0	Região de Incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da exposição diária
Acima de 1,1	Acima de 21,0	Acima do limite de Exposição	Adoção imediata de medidas corretivas

Fonte: Adaptado de Fundacentro (2013).

5.6.2. Análise postural

As posturas adotadas pelos operadores nos postos de trabalho das máquinas foram identificadas a partir de filmagens realizadas durante a jornada de trabalho, por meio de duas câmeras com unidade gravadora instalada no interior das cabines. Após a obtenção das filmagens, utilizou-se o *software MS show* para análise e identificação das posturas adotadas pelos operadores em ambas as máquinas estudadas.

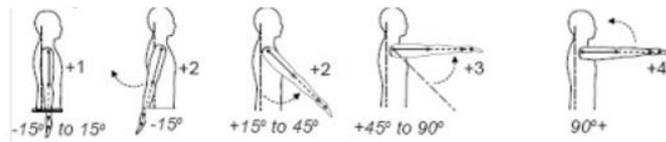
Para a identificação das posturas típicas, paralelamente, realizou-se um estudo de tempos e movimentos pelo método multimomento que, para o estudo, definiu-se intervalos de cinco segundos e, a partir da frequência postural adotada, identificou-se as posturas típicas. Avaliou-se duas horas de operação, onde foram contabilizados 1.440 registros posturais, sendo extrapolado para a jornada de trabalho.

Para a contagem das posturas adotadas, utilizou-se como suporte do *software Microsoft Excel* para tabelar as posturas identificadas, sendo realizada a contagem das posturas típicas por segmento corporal (por cada membro) e postura completa adotada (postura corporal).

Após a identificação das posturas típicas adotadas pelos operadores, realizou-se a análise postural a partir dos métodos de análise RULA e REBA. No método RULA, obteve-se pontuações em cada segmento corpóreo dos grupos A (braços, antebraços, punhos e rotação dos punhos) e B (pescoço, tronco e pernas) dos operadores (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. Pontuação para os segmentos corpóreos do Grupo A.

BRAÇO

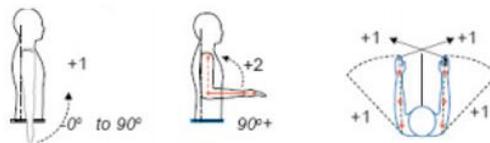


Se o ombro estiver elevado: +1

Se o braço estiver abduzido: +1

Se os braços estiverem apoiados ou a pessoa inclinada: +1

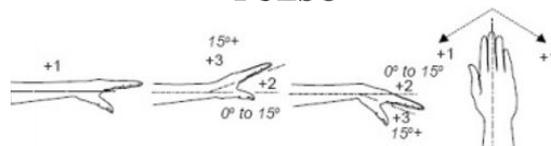
ANTEBRAÇO



Se o braço estiver trabalhando cruzando a linha médio do corpo: +1

Se o braço estiver para os lados do corpo: +1

PULSO



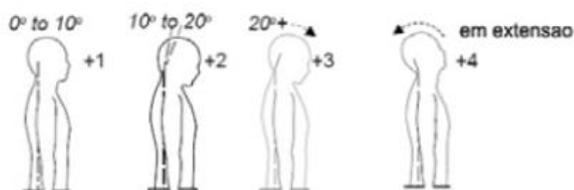
Se o pulso estiver desviado para fora da linha média: +1

Se estiver próximo ao fim da escala de torção: +2

Fonte: Mcatamney e Corlett (1993)

Tabela 5. Pontuação para os segmentos corpóreos do grupo B.

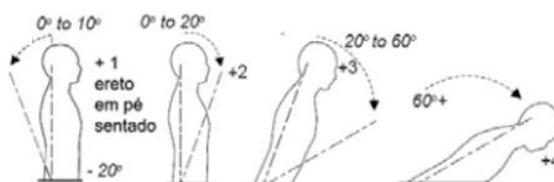
PESCOÇO



Se o pescoço estiver torcido: +1

Se o pescoço está inclinado para o lado: +1

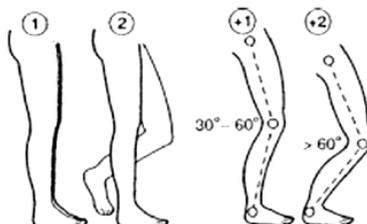
TRONCO



Se o tronco está torcido: +1

Se o tronco está inclinado para o lado: +1

PERNAS



Se as pernas e pés estão suportados e balanceado: +1

Se não: +2

Fonte: Adaptado de Mcatamney e Corlett (1993)

A partir dos escores obtidos para cada grupo dos segmentos corpóreos, identificou-se os níveis de ação e as respectivas providências a serem tomadas (Tabela 6).

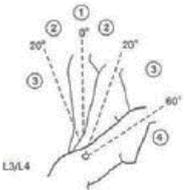
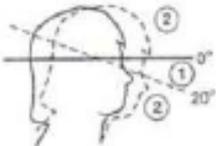
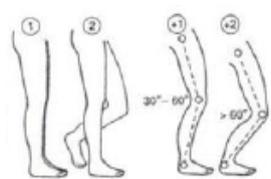
Tabela 6. Resultados e níveis de ação pelo método RULA.

Pontuação	Nível de ação	Ação (Providência)
1 ou 2	1	Postura aceitável, se não for mantida ou repetida por longos períodos
3 ou 4	2	Necessárias mais investigações e possível necessidade de mudanças
5 ou 6	3	Necessárias investigações e mudanças rapidamente
7 ou mais	4	Necessárias investigações e mudanças imediatas

Fonte: Adaptado de Mcatamney e Corlett (1993)

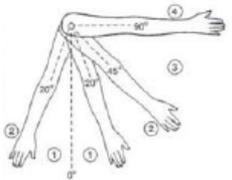
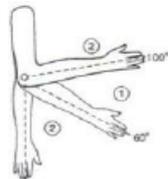
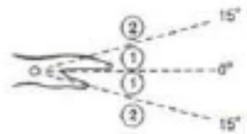
No método REBA, os escores referentes a cada postura típica foram encontrados de acordo com as angulações dos segmentos corpóreos dos grupos A (tronco, pescoço e pernas) e B (braços, antebraços e punhos) dos operadores (Tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Angulações dos segmentos corpóreos do grupo A.

Escores	Tronco	Pescoço	Pernas
1	Ereto	0 a 20° de Flexão	Suporte nas duas pernas, andando ou sentado
2	20 ° de flexão a 20° de extensão	20° de flexão ou extensão	Suporte em uma das pernas
3	20 a 60° de flexão ou > 20° de extensão		
4	> 60° de flexão		
Posturas			
Ajustes	+ 1 tronco rotacionado ou inclinado para o lado	+ 1 pescoço rotacionado ou inclinado para o lado	+ 1 flexão dos joelhos de 30 a 60° + 1 flexão dos joelhos > 60°

Fonte: Hignett e Mcatamney (2000)

Tabela 8. Angulações dos segmentos corpóreos do grupo B.

Escores	Braço	Antebraço	Punho
1	20 ° de flexão a 20° de extensão	60 a 100° de Flexão	15° de flexão a 15° de extensão
2	> 20° de extensão ou de 20 a 45° de flexão	<60° de flexão ou >100° de flexão	>15° de flexão ou >15° de extensão
3	45 a 90° de flexão		
4	> 90° de flexão		
Posturas			
Ajustes	+ 1 se há rotação ou abdução + 1 elevação do ombro - 1 braço apoiado		+ 1 se há torção ou desvio lateral

Fonte: Hignett e Mcatamney (2000)

A pontuação obtida nos dois grupos foi acrescida da pontuação referente às condições da atividade (repetitividade e manutenção das posturas estáticas), obtendo-se o escore final e os níveis de ação que permitiram verificar a intervenção necessária em cada postura (Tabela 9).

Tabela 9. Resultados e níveis de ação pelo método REBA.

Pontuação	Nível de ação	Risco	Ação (Providência)
1	0	Insignificante	Aceitável, sem necessidade de providências
2 ou 3	1	Baixo	Pode haver necessidade de providências
4 a 7	2	Médio	Há a necessidade de providências
8 a 10	3	Alto	Há necessidade de providências rapidamente
11 a 15	4	Muito alto	Há necessidade de providências imediatamente

Fonte: Hignett e Mcatamney (2000).

5.6.3. Movimentos repetitivos

A análise de movimentos repetitivos foi realizada a fim de constatar possíveis riscos de LER/DORT ao operador na operação de corte da madeira em povoamentos submetidos ao desbaste. Inicialmente, determinou-se o tempo médio do ciclo operacional, bem como o número de movimentos repetitivos por ciclo, minuto e jornada de trabalho. Para tal, utilizou-se as filmagens obtidas durante a jornada de trabalho, dentre as quais, visualizou-se 100 ciclos operacionais para contabilizar o número médio de movimentos repetitivos e, a partir dos valores encontrados, extrapolou-se para jornada de trabalho. Para caracterizar os movimentos repetitivos, identificaram-se, por meio das filmagens, os movimentos realizados com as mãos e os membros quirodáctilos utilizados na atividade.

Para identificação dos potenciais riscos de desenvolvimento de LER/DORT nos membros superiores distais dos operadores, utilizou-se as metodologias *Strain Index* e *TORTOM* para avaliação. O método *Strain Index* é caracterizado por analisar o risco do desenvolvimento de disfunções músculo tendinosas em membros superiores distais, que possui como principal objetivo avaliar o risco de lesões nos punhos e mãos. O método utiliza metodologia semiquantitativa para análise do posto de trabalho, analisando-se seis fatores divididos em cinco níveis cada, cujo resultado obteve-se a partir da multiplicação das variáveis a seguir:

Fator Intensidade do Esforço (FIE): A intensidade do esforço estima a força necessária para desempenhar determinada tarefa. Considera-se o esforço muscular necessário para alcançar o

objetivo em única vez, sendo obtida por meio da descrição verbal do trabalhador, bem como o esforço observado, utilizando-se a escala CR-10 de Borg (Tabela 10).

Tabela 10. Determinação da intensidade do esforço realizado.

Crítérios de classificação	% da força máxima	Escala de Borg	Esforço Percebido	Fator de Multiplicação
Leve	< 10	≥ 2	Muito leve / Pouco perceptível	1
Pouco pesado	10 - 29	3	Leve / Perceptível	3
Pesado	30 - 49	4 - 5	Nítido / Expressão facial inalterada	6
Muito pesado	50 - 79	6 - 7	Substancial / Expressão facial alterada	9
Quase Máximo	≥ 80	> 7	Utilização do ombro ou tronco para realizar força	13

Fonte: Adaptado de MOORE e GARG (1995).

Fator Duração do Esforço (FDE): A duração do esforço por ciclo de trabalho reflete na porcentagem de tempo que o esforço é aplicado em relação ao ciclo de trabalho. Para medir a duração do esforço por ciclo, a atividade foi observada por mais de um ciclo e contabilizado o número total de esforços realizados. Posteriormente, dividiu-se o tempo total de observação pelo número de esforços observados no período. A porcentagem referente a duração do esforço foi calculada, considerando o fator multiplicador (Tabela 11).

$$\text{Duração do Esforço (\%)} = \frac{\text{Duração Média dos esforços por ciclo (s)}}{\text{Duração Média dos ciclos (s)}} \times 100$$

Tabela 11. Percentual de duração do esforço executado.

Duração do Esforço (%)	Fator de Multiplicação
< 10	0,5
10 - 29	1,0
30 - 49	1,5
50 - 79	2,9
≥ 80	3,0

Fonte: Adaptado de MOORE e GARG (1995).

Fator Frequência do Esforço (FFE): Considera-se a frequência de esforços realizada por minuto, relacionando com a repetitividade, sendo calculado pela relação entre o número de

esforços por ciclo e o período médio dos ciclos, conforme a equação a seguir, considerando o fator de multiplicação (Tabela 12).

$$\text{Frequência de Esforços (n/min)} = \frac{\text{Número de Esforços médio por ciclo (n)}}{\text{Duração Média dos ciclos (min)}} \times 100$$

Tabela 12. Frequência do esforço realizado.

Esforços / Minuto	Fator de Multiplicação
< 4	0,5
4 - 8	1,0
9 - 14	1,5
15 - 19	2,0
≥ 20	3,0

Fonte: Adaptado de MOORE e GARG (1995).

Fator Postura da Mão e do Punho (FPMP): A postura de mão e punho foi estimada pela posição destas regiões corporais em relação à posição neutra, sendo analisada por meio da análise das angulações dos punhos na execução da tarefa e classificada conforme a Tabela 13.

Tabela 13. Postura das mãos e punhos.

Critérios de classificação	Ângulo de extensão	Ângulo de Flexão	Ângulo de desvio radial	Postura percebida	Fator de Multiplicação
Muito bom	0 – 10°	0 – 5°	0 – 10°	Neutra	1,0
Bom	11 – 25°	6 – 15°	11 – 15°	Quase neutra	1,0
Médio	26 – 40°	16 – 30°	16 – 20°	Não neutra	1,5
Ruim	41 – 55°	31 – 50°	21 – 25°	Desvio acentuado	2,0
Péssimo	> 60°	> 50°	> 25°	Próximo ao extremo	3,0

Fonte: Adaptado de MOORE e GARG (1995).

Fator Ritmo de Trabalho (FRT): O ritmo de trabalho expressa o ritmo na execução da tarefa. Estima-se o quão rápido a pessoa está trabalhando, sendo determinado subjetivamente de acordo com os critérios apresentados na Tabela 14.

Tabela 14. Ritmo de trabalho.

Crêterios de classifica�o	Ritmo (%)	Ritmo percebido	Fator de Multiplica�o
Muito baixo	< 80	Relaxado	1,0
Baixo	81 - 90	Próprio Tempo	1,0
Médio	91 - 100	Velocidade Normal	1,0
Rápido	101 - 115	Rápido, conseguindo acompanhar	1,5
Muito rápido	> 115	Rápido, dificuldade em acompanhar	2,0

Fonte: Adaptado de MOORE e GARG (1995).

Fator Dura o do Trabalho (FDT): A dura o do trabalho, expressa em horas, representa o per odo di rio em que a tarefa   desempenhada. Este fator expressa os eventuais efeitos ben ficos da diversidade das fun es, rotatividade, pausas ou efeitos prejudiciais das atividades prolongadas, sendo considerado o fator de multiplica o conforme a Tabela 15.

Tabela 15. Dura o do trabalho.

Dura�o (Hora / Dia)	Fator de Multiplica�o
≤ 1	0,25
1 - 2	0,50
2 - 4	0,75
4 - 8	1,00
≥ 8	1,50

Fonte: Adaptado de MOORE e GARG (1995).

Cada vari vel possui um fator multiplicador. O resultado do m todo *Strain Index* se d  pelo produto dos seis multiplicadores conforme a equa o a seguir:

$$SI = MIE \times MDE \times MFE \times MFPMP \times MRT \times MDT$$

em que: **MIE** = Multiplicador da Intensidade do Esfor o; **MDE** = Multiplicador da Dura o do Esfor o; **MFE** = Multiplicador da Freq ncia do Esfor o; **MFPMP** = Multiplicador da Postura da m o e punho; **MRT** = Multiplicador do Ritmo de Trabalho; e **MDT** = Multiplicador da Dura o do Trabalho.

A partir do produto dos fatores de multiplica o, interpretou-se o resultado SI obtido de acordo com a Tabela 16.

Tabela 16. Critério de Análise pelo método Strain Index.

Índice	Condição
< 3	Isento de Risco
3 - 5	Incerto – Eventual risco de LER/DORT
5 - 7	Algum Risco – Tarefa associada a LER/DORT
> 7	Elevado Risco – Tarefa com elevado risco de LER/DORT

Fonte: Adaptado de MOORE e GARG (1995).

Para a avaliação de movimentos repetitivos, a metodologia TOR-TOM apresenta uma análise com auxílio de tabelas e fluxogramas definidos pelos seguintes fatores:

- a) Fator repetitividade (número de peças concluídas por turno, análise de existência de pausas curtas, duração do ciclo, existência de ações técnicas diversificadas e número de atos operacionais principais);
- b) Fator força (avaliado com análise da intensidade de força exercida);
- c) Fator peso movimentado (multiplicação peso movimentado com distância e número de vezes por turno, verificação da posição executada e análise da multiplicação);
- d) Fator postura (caracterização da postura incorreta, do percentual de ciclos em que a mesma está presente e sua duração);
- e) Fator esforço estático (existência de postura estática ligada ao esforço muscular mantida acima de 50% do ciclo); e
- f) Fator carga mental (varia de 0% a 5%, dependendo da existência dos itens contidos em tabela).

Para a obtenção do índice são necessários os seguintes passos: (1) Medir a TOR; (2) Determinar a TOCAR; (3) Determinar a TOCAMP; (4) Determinar a TOM; (5) Comparação entre a TOR e TOM; (6) Interpretação dos resultados (TORTOM – risco); Realizar ajustes (medidas de engenharia, rodízio nas tarefas); e instituir atividades de baixa exigência ergonômica.

Para o cálculo, realizou-se a comparação entre a taxa TOR (Taxa de Ocupação Real) e a TOM (Taxa de Ocupação Máxima). A TOR representa a proporção da jornada que o trabalhador exerce a atividade e TOM representa a porcentagem da jornada de trabalho que se trabalha sem fadiga e sobrecarga, o qual adotou-se o valor TOMCAR (Taxa de Ocupação Máxima considerando Atividades Repetitivas). A interpretação dos resultados encontrados seguiu conforme a Tabela 17.

Tabela 17. Resultados a partir do método TOR-TOM.

Índice TOR-TOM	Condição
TOR-TOM = 0	Situação de trabalho sem risco ergonômico
TOR > TOM (0,1 até 5)	Situação de trabalho causadora de desconforto, mas sem risco de lesão.
TOR > TOM (5,1 até 15)	Situação de trabalho com risco ergonômico.
TOR > TOM (Acima de 15)	Situação de trabalho com alto risco ergonômico.

Fonte: Adaptado de Couto (2006)

5.6.4. Análise estatística

A fim de representar a exposição ocupacional diária aos fatores ambientais avaliados, as Normas de Higiene Ocupacional discorrem que as amostras devem ser representativas da jornada de trabalho diária, cobrindo o número suficiente de ciclos operacionais. Visto isso, o número mínimo de amostras foi estabelecido de acordo com a equação proposta por Conaw (1977).

$$n \geq \frac{t^2 * s^2}{e^2}$$

em que: n = número de amostras necessárias; t = valor tabelado a 95% de probabilidade (Distribuição t de Student); s = Desvio padrão; e e = Erro Admissível.

Utilizou-se a estatística descritiva, a fim de encontrar os valores médios, mínimos e máximos de cada fator ambiental nas máquinas e, posteriormente, as médias foram submetidas a análise estatística por meio do Teste de Comparação de Médias de *Student* (Teste t).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Fatores Ambientais

6.1.1. Exposição ao calor

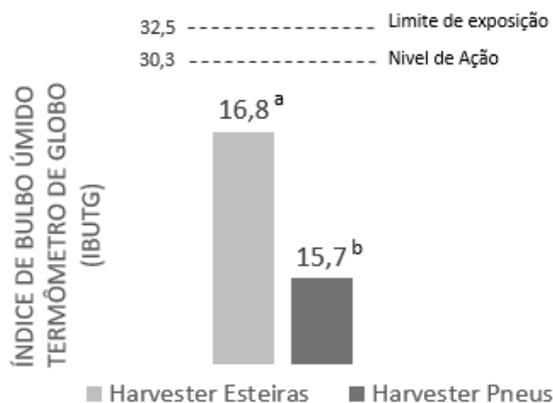
Para a análise da exposição ocupacional ao calor, inicialmente foi realizado um estudo piloto para a identificação do número necessário de amostras, cujos resultados são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18. Número de amostras necessárias para análise de exposição ao calor.

<i>Harvester</i>	s	t	e	gl	n	amostras coletadas
Esteiras	0,763	2,571	5%	5	15	24
Pneus	0,687	2,571	5%	5	12	24

Em que: n = número de amostras necessárias; s = Desvio padrão; t = valor tabelado a 95% de probabilidade (Distribuição t de Student); e = Erro Admissível; e gl = Graus de Liberdade.

Os resultados dos níveis de exposição ao calor dos operadores nos postos de trabalho do *harvester* de esteiras e de pneus na operação de desbaste são apresentados na Figura 10, avaliados de acordo com os critérios descritos na NHO 06.



Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste T ($P < 0,05$)

Figura 10. Exposição ao calor em função do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo.

Com base nos valores de IBUTG encontrados, nota-se que o *harvester* de esteiras e o de pneus obtiveram resultados favoráveis, indicando que as condições de exposição ao calor estão adequadas no interior dos postos de trabalho de ambas as máquinas. A NHO 06 estabelece que o nível de ação e o limite de exposição do IBUTG estão relacionados com a taxa metabólica do operador na atividade. Considerando as características do posto de trabalho (posição sentada

executando trabalho classificado como esforço leve e com uso das mãos), a norma sugere uma taxa metabólica equivalente a 126 kcal/h, tendo sido identificado o nível de ação igual a 30,3 e limite de exposição 32,5.

Nota-se que os resultados encontrados nas duas máquinas estão bem abaixo do nível de ação, demonstrando, portanto, que as condições de trabalho estão adequadas nos postos de trabalho. Com base nos resultados encontrados, nota-se que a exposição ao calor não se apresentou como um fator ergonômico relevante na análise de postos de trabalho de máquinas florestais, visto que máquinas possuem cabine fechada e climatizada, evitando qualquer desconforto térmico ao operador. Entretanto, é sempre recomendável estas avaliações, visto que principalmente em máquinas com elevado período de uso, fatores como quebra do condicionador de ar, desgaste das borrachas de vedação da cabine e proteção solar ineficiente, podem ocasionar o desconforto térmico do operador.

A análise estatística comparativa entre o *harvester* de esteiras e de pneus, a partir do teste t ($P < 0,05$), demonstrou que os valores do IBUTG possuem diferenças significativas entre ambas as máquinas. O resultado encontrado pode ser atribuído as condições de integridade das borrachas de vedação da cabine, o material isolante contra a radiação solar (isofilme) ou mesmo pela preferência do operador por temperaturas maiores. No entanto, ressalta-se que as condições de exposição ao calor variam para cada operador, visto que o mesmo tem a liberdade de modificar a temperatura para a condição ideal para si. Com isso, observa-se que, mesmo que a análise tenha demonstrado diferença significativa entre as duas máquinas, os valores IBUTG são próximos e abaixo do nível de ação.

6.1.2. Exposição ao ruído

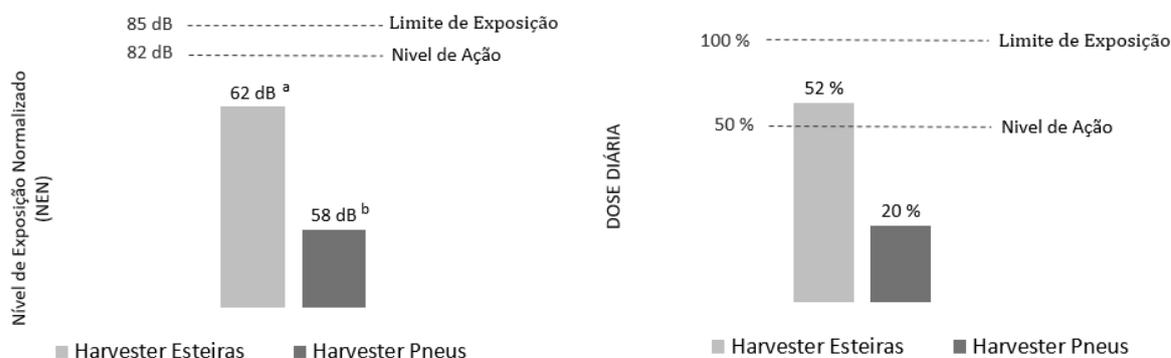
Para a análise da exposição ocupacional ao ruído, inicialmente foi realizado um estudo piloto para a identificação do número necessário de amostras, cujos resultados são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19. Número de amostras necessárias para análise de exposição ocupacional ao ruído.

<i>Harvester</i>	s	t	e	gl	n	amostras coletadas
Esteiras	0,861	2,571	5%	5	20	24
Pneus	0,888	2,571	5%	5	21	24

em que: n = número de amostras necessárias; s = Desvio padrão; t = valor tabelado a 95% de probabilidade (Distribuição t de Student); e = Erro Admissível; e gl = Graus de Liberdade.

A partir da análise de exposição ocupacional ao ruído nos postos de trabalho do *harvester* de esteiras e de pneus na operação de desbaste, obteve-se os resultados que estão apresentados na Figura 11, avaliados de acordo com os critérios descritos na NHO 01.



Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste T ($P < 0,05$)

Figura 11. Nível de Exposição Normalizado (NEN) e Dose Diária

A NHO 01 estabelece como critérios para avaliação da exposição ocupacional ao ruído o nível de Ação e o limite de exposição. De acordo com esses critérios, nota-se que em nenhum caso, o limite de exposição foi excedido na jornada de trabalho. O *harvester* de esteiras obteve NEN equivalente a 62 dB (A) e o *harvester* de pneus, 58 dB (A).

Observa-se que, quando analisada a jornada completa de trabalho, o nível de exposição normalizado, que representa os valores médios diários de exposição ao ruído, apresenta valores bem abaixo dos limites estabelecidos pela norma. Portanto, o resultado demonstra que, mesmo a máquina emitindo níveis elevados de ruído durante a operação, a vedação da cabine apresenta-se eficiente em termos de proteção do operador ao ruído emitido externamente.

No entanto, quando analisada a dose de ruído, que representa os picos de ruído durante a jornada de trabalho, nota-se que o valor encontrado no *harvester* de esteiras está um pouco acima do nível de ação (52%), indicando que devem ser adotadas medidas preventivas no posto de trabalho. Visto que os valores de NEN estão em níveis adequados, o valor de dose encontrado pode ser justificado pela abertura da janela durante a operação, pois, observou-se que em alguns momentos o operador abriu a janela durante a operação, o que pode ter elevado os picos de ruído em determinados momentos.

De acordo com os critérios da NHO 01, o resultado encontrado implica na necessidade da adoção de medidas preventivas, caracterizando que o operador está próximo do limite estabelecido, que poderá trazer prejuízos ao operador. Sendo assim, medidas como: a orientação

do operador para que não abra a janela durante a operação; e a substituição das borrachas de vedação da cabine, podem reduzir os níveis de ruído.

Os resultados demonstram níveis médios de ruído (NEN) em valores aceitáveis, abaixo do nível de ação. Os valores de dose demonstram que ocorrem picos de ruído em níveis acima do permitido. Resultado que não foi identificado no *harvester* de pneus pois, com dose equivalente a 20%, a máquina se demonstra eficaz quanto ao sistema de vedação.

É importante ainda mencionar que, ambas as máquinas possuem tempo de uso aproximados, no entanto, o *harvester* de pneus apresentou melhores condições de conservação dos componentes da cabine (controles, assento, acessórios). Com isso, conclui-se que o projeto de construção da máquina para fins florestais pode ser determinante para a integridade da mesma a longo prazo, visto que o *harvester* de pneus suportou melhor as condições de trabalho e o *harvester* de esteiras apresentou visível desgaste dos componentes dentro da cabine, com destaque para as borrachas de vedação da cabine que, por estarem ressecadas e danificadas, podem não ter isolado corretamente o ambiente de trabalho.

A análise estatística pelo teste t ($p < 0,05$) demonstrou que os valores de NEN e Dose Diária de ruído apresentaram-se significativamente diferentes entre o *harvester* de esteiras e pneus, indicando que o *harvester* de esteiras apresentou condições inferiores que o *harvester* de pneus em termos de exposição ao ruído.

Paini (2016), avaliando ergonomicamente o posto de trabalho de máquinas florestais, identificou Níveis médios de exposição normalizada equivalente a 68 dB (A), indicando que o posto de trabalho está com condições adequadas de trabalho. O autor não indicou os níveis de dose de ruído, que se torna necessária pela característica da operação que, por gerar picos de ruído, pode expor o operador a níveis prejudiciais à saúde.

Jankovsky et al. (2016), realizaram um estudo para avaliar ergonomicamente o posto de trabalho das máquinas florestais *harvester* e *forwarder* e encontraram valores médios de exposição de 77 dB (A) nos *harvesters* avaliados.

Marzano et al. (2017) realizaram análise comparativa entre as máquinas florestais *harvester* e *forwarder*, e identificaram níveis de ruído contínuo médio em 77 dB (A) em quatro *harvesters* avaliados. Os resultados encontrados pelos autores não estão de acordo com este estudo, visto que se encontrou níveis de ruído abaixo do nível limiar. No entanto, os autores não informaram as condições de integridade da máquina, bem como o tempo de uso da mesma, fator que pode influenciar nas condições de exposição ao ruído.

6.1.3. Exposição à vibração

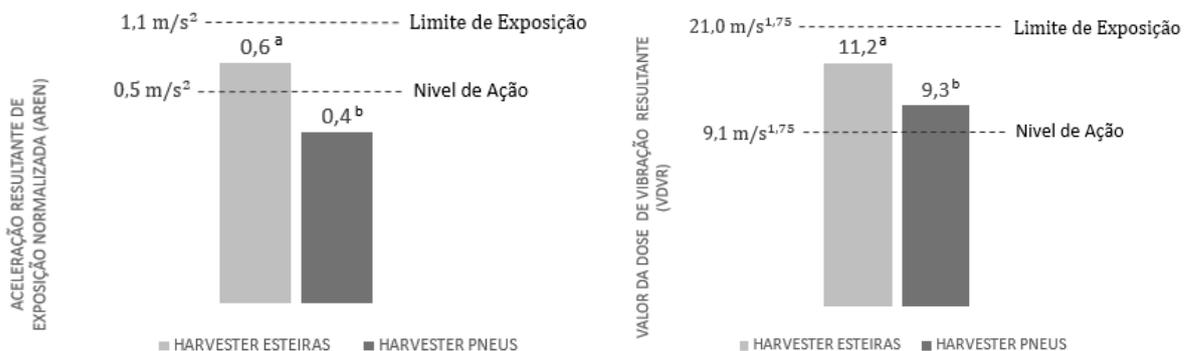
Para a análise da exposição ocupacional à vibração, inicialmente foi realizado um estudo piloto para a identificação do número necessário de amostras, cujos resultados são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20. Número de amostras necessárias na análise de exposição ocupacional à vibração.

<i>Harvester</i>	s	t	e	gl	n	amostras coletadas
Esteiras	0,098	2,447	5%	6	23	24
Pneus	0,082	2,571	5%	5	18	24

em que: n = número de amostras necessárias; s = Desvio padrão; t = valor tabelado a 95% de probabilidade (Distribuição t de Student); e = Erro Admissível; e gl = Graus de Liberdade

A partir da análise de exposição ocupacional à vibração nos postos de trabalho do *harvester* de esteiras e de pneus na operação de desbaste, identificou-se os resultados referente a aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e valor da dose de vibração resultante apresentados na Figura 12, avaliados de acordo com os critérios descritos na NHO 09.



Letras diferentes indicam diferença estatística pelo teste T (P<0,05)

Figura 12. Aceleração Resultante de Exposição Normalizada (aren) e Valor da Dose de Vibração Resultante (VDVR).

A partir dos resultados obtidos a campo, nota-se que os níveis de vibração em que o operador do *harvester* de esteiras está exposto ficou acima do nível aceitável para o trabalho. O resultado de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) apresentou valor acima do nível de ação, demonstrando que a máquina de esteiras proporcionou condições de vibração acima do ideal para o trabalho, podendo ser atribuído à característica da operação, que gera elevados níveis de vibração, mas também à característica da máquina, visto que não foi desenvolvida para essa finalidade.

A NHO 09 indica que níveis de aren entre 0,5 e 1,1 m/s², requerem medidas preventivas no posto de trabalho, a fim de se evitar que os níveis de vibração ultrapassem os valores toleráveis e possam ocasionar problemas a saúde do trabalhador. Esta situação não foi identificada no *harvester* de pneus, pois a média da aren foi equivalente a 0,4 m/s², valor abaixo do nível de ação proposto pela norma.

Quando analisados os valores de vibração resultantes de exposição normalizada (VDVR), observa-se que ambas as máquinas obtiveram valores acima do nível de ação, indicando a ocorrência de vibração nos postos de trabalho e requerendo a adoção de medidas preventivas. Sendo assim, medidas como: revisão periódica do sistema de amortecimento da máquina e substituição do assento, podem reduzir significativamente a exposição à vibração no posto de trabalho.

O VDVR está relacionado com os picos de vibração durante a operação e, na colheita de madeira com o *harvester*, pode estar relacionado aos impactos característicos da operação. Devido ao corte e processamento da madeira ocorrer em espaços reduzidos, o contato principalmente do braço e grua das máquinas com as árvores torna-se inevitável, gerando os picos de vibração momentâneos. Destaca-se ainda que, devido às características de projeto das máquinas, notou-se durante a operação que o *harvester* de pneus suportou melhor os impactos sofridos, podendo estar relacionados com o sistema de nivelamento e amortecimento da cabine.

Outro fator a ser destacado, refere-se ao fato do assento do *harvester* de pneus estar em melhores condições de conservação, quando comparado ao assento do *harvester* de esteiras. Tal observação foi confirmada pelos operadores, que relataram a percepção de melhores condições de conforto na máquina de pneus. Acredita-se que tal situação pode ter também contribuído para os níveis elevados de vibração, visto que o assento atenua a vibração gerada pela máquina antes do contato com o operador.

A análise estatística pelo teste t ($p < 0,05$) demonstrou que os valores de aren e VDVR apresentaram-se significativamente diferentes entre o *harvester* de esteiras e pneus, indicando que o *harvester* de esteiras apresentou condições inferiores que o *harvester* de pneus em termos de exposição à vibração.

Gerasimov e Sokolov (2009), realizaram uma análise ergonômica comparativa entre 13 máquinas de colheita florestal (*Harvester, Forwarder, Feller-buncher e Skidder*) e, dentre os aspectos observados, avaliaram a exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro como um dos fatores que influenciam no desempenho do operador. Com base na metodologia proposta, os autores identificaram que o *harvester* apresenta as melhores condições ergonômicas em termos de vibração, de acordo com a norma avaliada.

Gerasimov e Sokolov (2014), realizaram uma avaliação ergonômica comparativa entre 14 sistemas de colheita de madeira a fim de identificarem quais conjuntos de máquinas são menos prejudiciais à saúde dos operadores. Dentre os fatores avaliados, a vibração foi medida em sete diferentes modelos de *harvester*. Os autores obtiveram valores de aceleração média equivalente a $0,3\text{m/s}^2$, indicando conformidade com os valores estabelecidos nas normas avaliadas.

Sherwin et al. (2004), avaliaram a influência da pressão de enchimento dos pneus nas vibrações de corpo inteiro transmitidas ao operador de *harvester*, e encontraram valores similares ao deste estudo, com valores de *aren* e VDVR equivalentes a 0,56 e 10,22 respectivamente com pressão dos pneus em 414 kPa. Entretanto, destaca-se nos resultados que, quando a pressão dos pneus foi reduzida para 345 kPa, os valores de *aren* e VDVR reduziram para 0,38 e 6,96 respectivamente, demonstrando que redução de pressão dos pneus pode ser um importante atenuante para exposição ocupacional à vibração em máquinas florestais.

Marzano et al. (2017), realizaram análise comparativa entre as máquinas florestais *harvester* e *Forwarder* e, dentre os fatores de avaliação, identificaram níveis de vibração entre $0,27$ e $0,70\text{m/s}^2$ na colheita de madeira de eucalipto. Os resultados identificados pelos autores estão de acordo com níveis de *aren* encontrados no presente estudo, demonstrando que as operações de colheita florestal com o *harvester* apresentam níveis de vibração próximos do nível de ação ($0,5\text{m/s}^2$).

Jankovsky et al. (2016), realizaram um estudo para avaliar ergonomicamente o ambiente de trabalho de operadores de *harvester* e *forwarder* e, dentre as máquinas avaliadas, 3 eram *harvesters* e 2 *Forwarders*, ambos com rodados de pneus na colheita de pinus. Os autores identificaram valores de *aren* médios em $0,46\text{m/s}^2$, valor próximo ao encontrado nesse estudo. Nota-se que as condições de operação são semelhantes, justificando-se os resultados similares.

6.2. Análise postural

Para a análise das posturas adotadas pelos operadores nos postos de trabalho dos *harvesters* de pneus e esteiras na operação de desbaste foram analisados 120 minutos de operação. A partir do estudo de tempos e movimentos realizado pelo método contínuo, foram identificadas 1.440 variações de posturas no período avaliado, que foram classificadas e contabilizadas por segmento corporal e postura corporal adotada. Os resultados encontrados foram extrapolados para jornada de trabalho efetiva, considerando-se os períodos de trabalho produtivos, sendo considerados 405 minutos.

As análises posturais do operador no posto de trabalho do *harvester* de esteiras, permitiu identificar 116 variações posturais no período de amostragem. Dentre estas, foram consideradas como posturas típicas, aquelas a partir de 30 repetições no período de amostragem, ou seja, 100 repetições durante a jornada de trabalho. A partir de então, foram identificadas 15 posturas típicas adotadas pelo operador na jornada de trabalho, sendo a frequência de ocorrência ao longo da jornada de trabalho mostradas na Figura 13 e as respectivas descrições na Tabela 21.

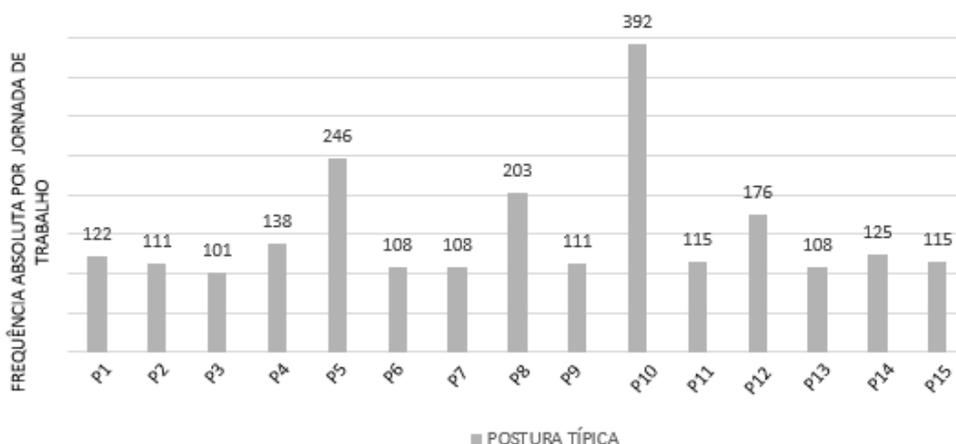


Figura 13. Posturas típicas adotadas pelo operador e frequência por jornada de trabalho no posto de trabalho do *harvester* de esteiras.

Tabela 21. Caracterização das posturas típicas adotadas no *harvester* de esteiras.

Código	Postura Adotada
P1	Tronco inclinado para esquerda
P2	Tronco inclinado para frente
P3	Tronco e cabeça inclinados para direita
P4	Cabeça inclinada para esquerda
P5	Tronco e cabeça inclinados para esquerda
P6	Tronco inclinado para frente e cabeça para esquerda
P7	Tronco inclinado para esquerda e frente e cabeça para esquerda
P8	Cabeça inclinada para frente
P9	Tronco inclinado para esquerda e cabeça para frente
P10	Tronco e cabeça inclinados para frente
P11	Tronco inclinado para esquerda e frente e cabeça para frente
P12	Tronco e cabeça inclinados para frente e tronco rotacionado para esquerda
P13	Cabeça inclinada para direita e para frente
P14	Cabeça rotacionada para direita
P15	Tronco e cabeça inclinados para frente e cabeça rotacionada para direita

A análise postural no posto de trabalho do *harvester* de pneus apresentou 40 variações posturais no período de amostragem, sendo que acima de 30 repetições durante a jornada de trabalho, foram identificadas 8 posturas típicas. As posturas típicas e a frequência em que ocorreram na jornada de trabalho estão dispostos na Figura 14 e as respectivas descrições estão na Tabela 22.

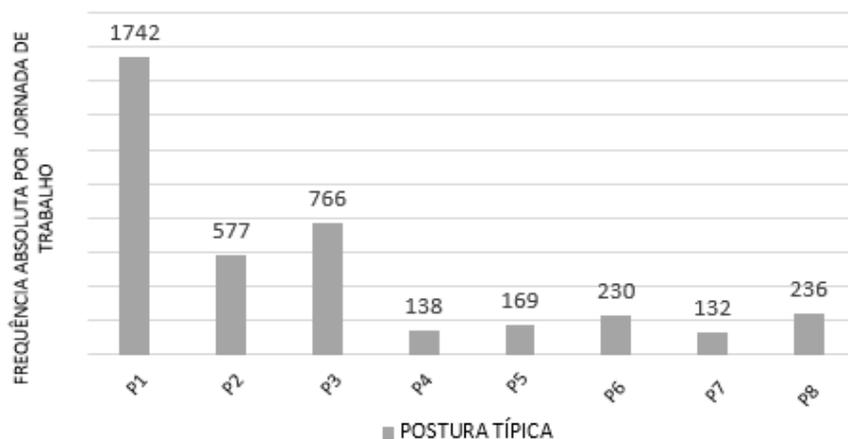


Figura 14. Posturas típicas adotadas pelo operador e frequência por jornada de trabalho no *harvester* de pneus.

Tabela 22. Caracterização das posturas típicas adotadas no *harvester* de pneus

Código	Postura Adotada
P1	Postura correta
P2	Cabeça inclinada para direita
P3	Cabeça inclinada para esquerda
P4	Tronco e cabeça inclinados para esquerda
P5	Cabeça inclinada para frente
P6	Cabeça rotacionada para direita
P7	Cabeça inclinada e rotacionada para direita
P8	Cabeça rotacionada para esquerda

Os resultados da análise postural no posto de trabalho do *harvester* de pneus e de esteiras demonstraram número elevado de variações posturais durante a jornada de trabalho. Tal fato pode ser justificado pelas características da operação do corte de madeira em povoamentos submetidos ao desbaste, que exige constante movimentação do operador na cabine buscando a melhor posição para visualização da operação. A operação de desbaste de forma mecanizada exige dos operadores experiência e domínio da atividade, pois o *harvester* trabalha em espaços reduzidos, sendo realizada em apenas alguns indivíduos selecionados no povoamento.

A partir dos resultados encontrados, nota-se que o *harvester* de esteiras exigiu maior variação postural do operador, apresentando 15 posturas típicas na jornada de trabalho. Já o *harvester* de pneus, exigiu do operador variação de oito posturas típicas. Tal resultado pode ser justificado pelas características operacionais das máquinas, onde o *harvester* de pneus é uma máquina de aplicação exclusiva florestal, destacando-se o nivelamento de cabine que reduz o desconforto durante a operação em terrenos irregulares, bem como possui melhor visibilidade do campo de trabalho.

Já o *harvester* de esteiras é uma máquina que, adaptada da construção civil, foi desenvolvida para operar de forma mais estática e com poucos movimentos. Além disso, a posição do braço da máquina e das mangueiras hidráulicas, bem como a visibilidade da cabine, podem interferir significativamente na variação postural e, por isso, pode proporcionar condições de conforto muito inferiores ao *harvester* de pneus. É importante destacar que, a máquina de pneus possui a grua centralizada na frente da cabine, enquanto a máquina de esteiras possui a grua localizada ao lado direito da cabine, situação que comprometeu a visibilidade do operador em algumas situações de trabalho, acarretando, conseqüentemente, a exigência de frequentes mudanças posturais.

Dentre as posturas típicas adotadas pelo operador do *harvester* de esteiras, observa-se que, constantemente, o operador estava com o tronco e a cabeça inclinados para frente (P₁₀ e P₅). A partir da análise da operação, identificou-se que a constante adoção dessas posturas pode ser atribuída à dificuldade de visualização da base da árvore no momento do corte e processamento. A postura com o tronco e a cabeça inclinados para esquerda (P₄) também foi constantemente observada durante a jornada de trabalho, podendo ser atribuída ao posicionamento da grua da máquina, como citado anteriormente. A partir das análises das filmagens, percebeu-se que constantemente o operador precisou se inclinar para esquerda a fim de visualizar a operação que estava sendo dificultada pela grua da máquina. Tal dificuldade também pode ser justificada pelas posturas típicas P₁, P₆, P₇, P₉ e P₁₁ que também apresentaram constante inclinação do tronco ou cabeça para esquerda na jornada de trabalho.

Outro resultado a ser destacado, refere-se à rotação do tronco ou cabeça, sendo também caracterizado como postura típica (P₁₂, P₁₄ e P₁₅). Devido à necessidade de constante atenção do operador, ocasionado pelo espaço reduzido para deslocamento da máquina no interior do povoamento no corte e processamento das árvores, tais posturas foram frequentemente exigidas pelo operador.

Por sua vez, o *harvester* de pneus apresentou condições posturais menos prejudiciais na operação de desbaste. Dentre as oito posturas típicas identificadas na jornada de trabalho, aquela

que apresentou maior número de repetições foi a postura considerada correta (P₁), onde o operador estava com o tronco e a cabeça sem qualquer grau de inclinação ou rotação.

A partir da análise das posturas típicas identificadas, observa-se que as posturas P₂ e P₃ apresentaram-se frequentes durante a jornada de trabalho. Apesar do *harvester* de pneus possuir nivelamento de cabine e visibilidade favorável, a operação exigiu que o operador adotasse inclinações da cabeça para ambos os lados. Destaca-se ainda que, devido a grua da máquina ser centralizada, a quantidade de inclinações para ambos os lados foi similar, não ocorrendo, portanto, excesso de carga nos membros de apenas um dos lados. Ainda que os resultados demonstrem elevado número de inclinações da cabeça para ambos os lados, há de se enfatizar que a frequência de inclinação do tronco foi inferior em relação ao operador da máquina de esteiras.

As demais posturas típicas identificadas (P₅, P₆, P₇ e P₈), apesar de ocorrerem com frequência, não foram significativas quando comparadas à postura correta, podendo ser justificadas pela característica da operação, visto que é uma atividade que requer constante atenção e visualização de todo o entorno da máquina, exigindo assim constante movimentação.

O *harvester* de esteiras exigiu do operador uma quantidade significativamente maior de variações posturais, sendo identificadas o total de 116 posturas na jornada de trabalho. No *harvester* de pneus, identificou-se aproximadamente 1/3 desse número, com apenas 40 posturas adotadas. Destaca-se ainda que, dentre as posturas típicas identificadas no *harvester* de pneus, aquela que mais se repetiu foi a postura considerada correta (P₁), em que o operador estava sem inclinação ou rotação do tronco e cabeça, indicando condições de trabalho favoráveis comparado ao *harvester* de esteiras.

A análise postural também foi realizada individualmente por segmento corporal, identificando o número de repetições de inclinação e rotação na cabeça e tronco. Os resultados do *harvester* de esteiras e pneus são mostrados na Figura 15 e descritos na Tabela 23.

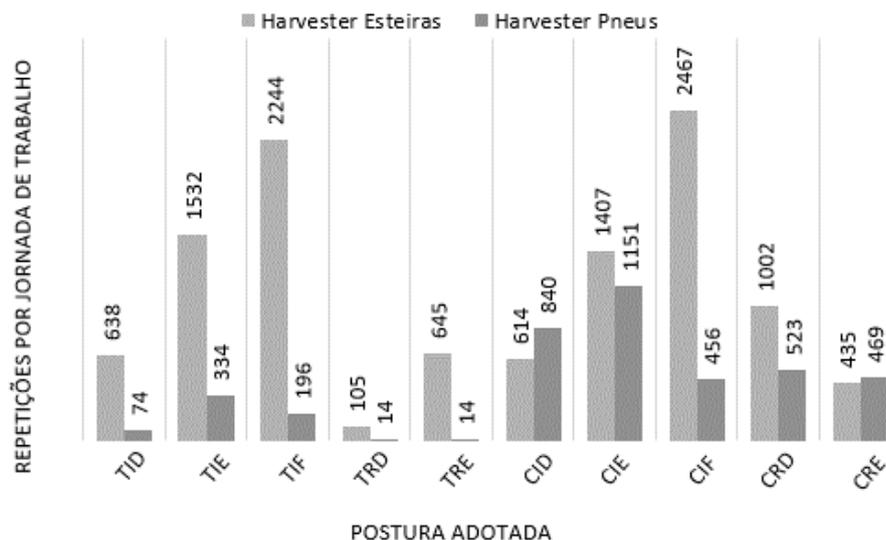


Figura 15. Frequência por segmento corporal durante a jornada de trabalho.

Tabela 23. Caracterização das posturas por segmento corporal nos *harvesters* de esteiras e pneus

Código	Postura Adotada
TID	Tronco inclinado para direita
TIE	Tronco inclinado para esquerda
TIF	Tronco inclinado para frente
TRD	Tronco rotacionado para direita
TRE	Tronco rotacionado para esquerda
CID	Cabeça inclinada para direita
CIE	Cabeça inclinada para esquerda
CIF	Cabeça inclinada para frente
CRD	Cabeça rotacionada para direita
CRE	Cabeça rotacionada para esquerda

Os resultados das análises postural por segmento corporal dos operadores da máquina de esteiras e de pneus consideraram tronco e cabeça quanto a frequência de inclinação e rotação na jornada de trabalho. Observa-se que, quando analisado somente o tronco, em todos os casos o *harvester* de esteiras exigiu do operador maior frequência na adoção dessas posturas, sendo superior ao exigido pelo *harvester* de pneus. Os resultados podem ser justificados principalmente pelas condições de visibilidade durante a operação, pois a máquina de pneus possui uma cabine com dimensões maiores que favorecem o campo de visão do operador, enquanto a máquina de esteiras possui dimensões reduzidas e maior área com componentes metálicos e, por isso, compromete a visibilidade do operador durante a operação e exige maior

frequência de movimentos posturais, muitas vezes inadequadas e com possíveis danos futuros à saúde do operador (Figura 16).



Figura 16. Cabine do *harvester* de esteiras (A); Cabine do *harvester* de pneus (B)

Quando analisadas as repetições posturais considerando a inclinação e rotação da cabeça, os resultados foram similares entre ambas as máquinas, com exceção da postura CIF, que obteve o maior número de repetições na jornada de trabalho, demonstrando exigência constante de inclinação frontal por parte do operador no *harvester* de esteiras.

De modo geral, os resultados do *harvester* de pneus apresentaram-se mais homogêneos, indicando que o esforço exigido do operador foi distribuído para ambos os lados. Em contrapartida, o *harvester* de esteiras exigiu número de repetições muito superior, indicando que o posto de trabalho desta máquina pode comprometer em maior intensidade o conforto e a segurança do operador. Além disso, deve-se destacar que o posicionamento da grua da máquina do lado direito foi determinante para o elevado número de repetições de inclinação de tronco e da cabeça para o lado esquerdo.

As posturas típicas identificadas no *harvester* de esteiras e de pneus foram submetidas à análise postural pelos métodos REBA e RULA, que indicam, subjetivamente, as condições posturais do operador no trabalho. As posturas típicas identificadas no posto de trabalho do *harvester* de esteiras estão apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24. Tempo de permanência em cada postura e resultados das análises posturais do operador do *harvester* de esteiras pelos métodos REBA e RULA.

Postura típica	Tempo de permanência efetivo (%)	Descrição	Métodos de Avaliação Postural	
			REBA	RULA
 P1	2,5	Tronco Inclinado para Esquerda	Pontuação: 6 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P2	2,3	Tronco Inclinado para Frente	Pontuação: 6 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P3	2,0	Tronco e Cabeça Inclinados para Direita	Pontuação: 7 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P4	2,8	Cabeça Inclinada para Esquerda	Pontuação: 5 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P5	5,0	Tronco e Cabeça Inclinados para Esquerda	Pontuação: 7 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 4 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P6	2,2	Tronco Inclinado para Frente e cabeça para Esquerda	Pontuação: 7 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 4 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar investigação. Devem ser introduzidas mudanças.
 P7	2,2	Tronco Inclinado para Esquerda e Frente e Cabeça Inclinada para Esquerda	Pontuação: 7 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 4 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P8	4,2	Cabeça Inclinada para Frente	Pontuação: 5 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P9	2,3	Tronco Inclinado para Esquerda e Cabeça Inclinada para Frente	Pontuação: 6 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.

(continua)

(conclusão)

 P10	8,0	Tronco e Cabeça Inclinados para Frente	Pontuação: 6 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P11	2,4	Tronco Inclinado para Esquerda e Frente e Cabeça para Frente	Pontuação: 7 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 4 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P12	3,6	Tronco Inclinado para Frente e Rotacionado para Esquerda e Cabeça Inclinada para Frente	Pontuação: 7 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 4 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P13	2,2	Cabeça Inclinada para Frente e para Direita	Pontuação: 6 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 4 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P14	2,6	Cabeça Rotacionada para Direita	Pontuação: 5 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P15	2,4	Tronco Inclinado para Frente e Cabeça Inclinada para frente e rotacionada para direita	Pontuação: 7 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 4 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.

As posturas típicas identificadas no posto de trabalho do *harvester* de pneus estão apresentadas na Tabela 25.

Tabela 25. Tempo de permanência em cada postura e resultados das análises posturais do operador do *harvester* de pneus pelos métodos REBA e RULA

Postura típica	Tempo de permanência (%)	Descrição	Métodos de Avaliação Postural	
			REBA	RULA
 P1	35,8	Postura correta	Não há necessidade de providências	Não há necessidade de providências
 P2	11,8	Cabeça Inclinada para direita	Pontuação: 5 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P3	15,7	Cabeça Inclinada para esquerda	Pontuação: 5 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P4	2,8	Tronco e cabeça inclinados para esquerda	Pontuação: 6 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 4 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P5	3,5	Cabeça Inclinada para frente	Pontuação: 5 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P6	4,7	Cabeça rotacionada para direita	Pontuação: 5 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P7	2,7	Cabeça inclinada e rotacionada para direita	Pontuação: 6 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 4 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.
 P8	4,8	Cabeça rotacionada para esquerda	Pontuação: 5 Significado: Risco Médio Nível de ação: 3 Intervenção: Há necessidade de providências	Pontuação: 3 Significado: Não se aplica Nível de ação: 2 Intervenção: Deve-se realizar observação. Podem ser necessárias mudanças.

A partir da análise postural pelos métodos REBA e RULA, observa-se que as posturas típicas dos operadores em ambas as máquinas seguiram mesmo nível de risco. O método REBA indicou nível de ação 3 e risco médio em todas as posturas típicas analisadas para ambas as máquinas. No entanto, as posturas típicas da máquina de esteiras resultaram em pontuações superiores, variando entre 5 e 7 pontos, enquanto que as posturas típicas na máquina de pneus

variou entre 5 e 6 pontos, indicando que o operador pode estar mais sujeito a riscos ocupacionais na máquina de esteiras. Os resultados de análise postural pelo método RULA indicaram em todos os casos nível de ação 2, com variação entre 3 e 4 pontos.

Quando analisadas individualmente, as posturas típicas P₃, P₅, P₆, P₇, P₁₁, P₁₂ e P₁₅ identificadas no *harvester* de esteiras, apresentaram-se as mais críticas (7 pontos). Mesmo que os resultados apontem risco médio, vale ressaltar que, a análise por estes métodos é subjetiva, logo, torna-se importante a correção no posto de trabalho o quanto antes visando a redução de problemas futuros.

Destaca-se também que, quando comparadas às posturas com inclinação para os lados, nota-se que o total de posturas com inclinação de tronco ou cabeça para o lado esquerdo é superior em relação ao lado direito, com 17% e 4,4%, respectivamente, da jornada de trabalho efetiva. Esses valores demonstram que, possivelmente, a grua da máquina de esteiras compromete a visibilidade, exigindo maior frequência de inclinações para o lado esquerdo a fim de buscar melhor visibilidade da operação.

Outro fator que pode ser relacionado refere-se ao fato de a máquina de esteiras ter sido desenvolvida para trabalhar de forma estacionária ou com poucos movimentos e, com isso, a operação florestal pode acelerar o desgaste do sistema de amortecimento da máquina. Esta situação possivelmente não ocorre no *harvester* de pneus, visto que foi desenvolvido para tal finalidade. Visto isso, acredita-se que este fator pode estar associado a maior variação e frequência postural do operador na máquina de esteiras.

A partir da análise postural do *harvester* de pneus pelos métodos REBA e RULA, observou-se que, apesar de resultarem em risco médio, as pontuações, em média, foram próximas ao nível de ação em ambos os métodos. Com isso, mudanças mínimas podem resultar em condições de trabalho adequadas ao operador. Quando analisadas individualmente, as posturas P₄ e P₇ obtiveram as pontuações mais elevadas em ambos os métodos de análise. No entanto, as posturas foram adotadas somente em 5,5% da jornada de trabalho, reduzindo ainda mais o risco ocupacional.

Dessa forma, nota-se que as posturas típicas adotadas pelo operador no *harvester* de pneus e esteiras na operação de colheita da madeira em povoamentos submetidos ao desbaste não foram adequadas, agravando-se pelo extenso período da jornada de trabalho, bem como as próprias características da operação neste regime de manejo, quando a máquina movimenta-se em espaços restritos no interior do povoamento florestal. Os resultados demonstram que, quando em condições semelhantes de operação, o *harvester* de pneus proporcionou condições de trabalho superiores ao *harvester* de esteiras em termos de conforto, saúde e segurança.

Gerasimov e Sokolov (2009), realizaram uma análise ergonômica comparativa entre modelos de *harvester*. Avaliando as posturas adotadas pelos operadores durante a jornada de trabalho a partir da frequência e tempo de adoção, os autores afirmam que nos *harvesters* avaliados praticamente não se observou posturas desconfortáveis pelos operadores, identificando-se que em apenas uma das máquinas encontrou-se 8% da jornada com adoção de posturas desconfortáveis. Os autores atribuíram as posturas desconfortáveis do operador à rotação ou inclinação da cabeça em ângulos significativamente elevados, sendo justificado por um defeito no giro da cabine, o que forçava o operador a adotar essas posturas.

De certa forma, os resultados demonstrados pelos autores não estão de acordo com a realidade deste estudo, visto que se identificaram 15 posturas típicas no *harvester* de esteiras e oito posturas no *harvester* de pneus, demonstrando que a operação de colheita de madeira, com uso do *harvester* pode exigir condições de trabalho que comprometam a saúde e segurança. No entanto, as máquinas avaliadas pelos autores são exclusivas para atividade florestal, demonstrando que o *harvester* de pneus proporcionou melhores condições posturais de trabalho ao operador, comprovando-se pela postura típica identificada com maior frequência na máquina de pneus.

6.3. Análise de movimentos repetitivos

A análise de movimentos repetitivos realizada nos operadores nos postos de trabalho do *harvester* de esteiras e de pneus ocorreu com base nos comandos de cada máquina. Na Tabela 26 estão ilustrados os comandos das máquinas, bem como os membros superiores dos operadores utilizados na execução do trabalho.

Tabela 26. Comandos dos *harvesters* de esteiras e pneus e indicação dos membros superiores utilizados na operação.

<i>Harvester</i>	Comandos	<i>Joystick</i> Esquerdo	<i>Joystick</i> Direito
Esteiras		Mão Primeiro Quirodáctilo Segundo Quirodáctilo	Mão Primeiro Quirodáctilo Segundo Quirodáctilo
Pneus		Mão Primeiro Quirodáctilo Segundo Quirodáctilo Terceiro Quirodáctilo	Mão Primeiro Quirodáctilo Segundo Quirodáctilo Terceiro Quirodáctilo

A partir da análise de 100 ciclos operacionais das máquinas na execução do trabalho, identificou-se o tempo médio por ciclo operacional de cada máquina e contabilizou-se o número de repetições em cada ciclo. Posteriormente, o número de repetições foi convertido por minuto e extrapolado para a jornada de trabalho efetiva. Os resultados de repetitividade no posto de trabalho na operação de desbaste são mostrados na Tabela 27.

Tabela 27. Tempo médio dos ciclos operacionais e número de movimentos realizados pelos operadores por ciclo, minuto e jornada de trabalho.

Máquina	Ciclo Médio (s)	Movimentos / Ciclo	Movimentos / Minuto	Movimentos / Jornada
<i>Harvester Esteiras</i>	37	40	65	26.194
<i>Harvester Pneus</i>	32	44	83	33.555

De acordo com os resultados obtidos, nota-se que o número de movimentos repetitivos realizados pelos operadores por ciclo operacional, por minuto e por jornada de trabalho foi significativamente superior no *harvester* de pneus, destacando ainda que, o tempo médio por ciclo operacional foi 5 segundos inferior, indicando que a atividade no *harvester* de pneus é mais repetitiva.

No entanto, outro fator deve ser considerado na análise, pois observou-se que os comandos desta máquina permitem melhor distribuição de esforços entre os membros quirodáctilos durante a operação, devido o melhor posicionamento e distribuição dos comandos. Por outro lado, o *harvester* de esteiras possui *joysticks*, controles com projetos antigos que exigem que o operador utilize sempre os mesmos membros na operação.

Observou-se que, apesar do operador do *harvester* de pneus adotar preferência pela utilização do primeiro, segundo e terceiro membro quirodáctilo na operação, e em poucos casos, também aplicou esforço no quarto e quinto quirodáctilo sem qualquer dificuldade, indicando a possibilidade de distribuição de esforço. Em contrapartida, os comandos do *harvester* de esteiras não possibilitam tal condição, pois, devido à característica dos *joysticks*, os comandos a serem executados ficam exclusivos ao primeiro e segundo quirodáctilo, intensificando os esforços exclusivamente nestes dois membros. Com isso, nota-se que apesar do *harvester* de pneus apresentar resultados de repetitividade mais críticos, as condições ergonômicas de projeto da máquina são relevantes para o conforto e segurança do operador, além de ser mais produtiva.

A fim de avaliar as condições de repetitividade no trabalho, os resultados foram submetidos a análise pelo uso das metodologias *Strain Index* e TOR-TOM, que estão apresentadas nas Tabelas 28 e 29.

Tabela 28. Resultados de análise *Strain Index*.

Máquina		IE	DE	FE	PMP	RT	DT	SI
<i>Harvester</i> Esteiras	Descritor	Leve 1	$\geq 80\%$ 5	65 5	Razoável 3	Rápido 4	4h - 8h 4	20,3
	Multiplicador	1,0	3,0	3,0	1,5	1,5	1,0	
<i>Harvester</i> Pneus	Descritor	Leve 1	$\geq 80\%$ 5	83 5	Boa 2	Rápido 4	4h - 8h 4	13,5
	Multiplicador	1,0	3,0	3,0	1,0	1,5	1,0	

em que: IE = Intensidade do esforço; DE = Duração do esforço; FE = Frequência do Esforço; PMP = Postura da mão e punho; RT = Ritmo de trabalho; DT = Duração do trabalho; e SI = *Strain Index*.

Tabela 29. Resultado da análise TOR-TOM.

Taxa de Ocupação Real (TOR)	82,5
Taxa de Ocupação Considerando Atividade Repetitiva (TOCAR)	66
Taxa de Ocupação Máxima (TOM)	61
TOR - TOM	21,50

Os resultados identificados a partir da metodologia *Strain Index* demonstraram que, os operadores de ambas as máquinas estão sujeitos a condições de trabalho críticas em termos de repetitividade. A metodologia SI indicou que a atividade que obtiver resultado acima de 7, é de elevado risco de lesão por esforço repetitivo, destacando que, quanto maior o índice, maior será o risco. O resultado SI encontrado no *harvester* de esteiras foi superior ao de pneus, com índices de 20,3 e 13,5, respectivamente. Os índices encontrados demonstram que, apesar da máquina

de pneus apontar número de movimentos repetitivos superior a máquina de esteiras, torna-se menos prejudicial ao operador quando analisados fatores como: distribuição dos comandos e qualidade de pega. Nesse caso, o fator de postura das mãos e punhos foi determinante para o resultado SI, pois, a análise SI, foi considerada boa na avaliação do *harvester* de pneus e razoável no *harvester* de esteiras.

A análise realizada pela metodologia TOR-TOM mostrou resultados iguais para ambas as máquinas, com índice 21,50. A metodologia propõe que valores acima de 5 indicam condições ergonomicamente inadequadas, com provável queixa de desconforto ou fadiga e, quando apontados valores muito acima, propõe afastamento do trabalhador. Tais queixas de desconforto, dor e fadiga foram relatadas pelos operadores de ambas as máquinas, indicando possíveis prejuízos que a atividade está lhes causando.

A metodologia TOR-TOM leva em consideração a duração da jornada de trabalho e o tempo das pausas realizadas pelo operador. Para análise de repetitividade, a metodologia também considera outros fatores, tais como: força; peso movimentado; postura; esforço estático; e carga mental. Além disso, a metodologia aponta indicativos confiáveis na análise de movimentos repetitivos no posto de trabalho, se assemelhando aos resultados encontrados pela metodologia SI.

Com base no exposto nota-se que, apesar do avanço tecnológico significativo ocorrido nos *harvesters*, as condições ergonômicas ainda podem trazer problemas ocupacionais aos operadores, principalmente pela característica de repetitividade da atividade, posturas adotadas e longas jornadas de trabalho. Por isso, torna-se importante a adoção de pausas laborais durante a jornada de trabalho, visando reduzir o esforço realizado durante a atividade a partir do relaxamento da musculatura.

Paini (2016), avaliando o posto de trabalho de máquinas florestais, identificou que o operador de *harvester*, operando no processamento de madeira, realizou 56 movimentos por ciclo, 91 movimentos por minuto e 34.944 movimentos por jornada de trabalho. A partir da metodologia aplicada, o autor identificou elevado número de repetições por ciclo, turno e jornada de trabalho, corroborando com este estudo. Gerasimov e Sokolov (2009), realizaram uma análise ergonômica comparativa entre 13 máquinas de colheita florestal (*Harvester*, *Forwarder*, *Feller-buncher* e *Skidder*) e, dentre os aspectos observados, avaliaram repetitividade na tarefa conforme a metodologia proposta por Frumkin (1999). Os autores identificaram as melhores condições para o *harvester* em termos de repetitividade e complexidade no trabalho, indicando condições favoráveis ao operador no posto de trabalho.

Silva et al. (2014), analisando os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho de operadores da colheita florestal mecanizada, identificaram que os operadores de *harvester* realizaram de 10 a 12 movimentos por minuto somente no manuseio dos *joysticks*, valores similares aos deste estudo que demonstram a característica altamente repetitiva da atividade. Os autores enfatizam que esta condição expõe o operador a risco significativo de desenvolver lesão por esforço repetitivo e distúrbio osteomuscular relacionado ao trabalho (LER/DORT). Os autores destacam que a repetitividade não é o único fator de risco, mas é o principal fator na origem dos distúrbios dos membros superiores.

É importante destacar que, a execução de tarefas monótonas e repetitivas do trabalho atualmente, associada a elevada produtividade, pode levar o trabalhador a sofrimentos psíquicos e somáticos. Por isso, torna-se fundamental que empresas adotem medidas para mitigar causas de acidentes em suas atividades.

Diante disso, percebe-se que a operação de colheita da madeira com *harvester* é notavelmente repetitiva, agravado pelos curtos ciclos de duração e longas jornadas de trabalho. E quando analisado o fator repetitividade e posturas típicas, a colheita de madeira em povoamentos submetidos ao desbaste pode comprometer ainda mais a saúde e segurança do operador.

7. CONCLUSÕES

Diante das análises e resultados obtidos, esta pesquisa permitiu obter as seguintes conclusões:

- a) As condições de exposição ao calor, indicadas pelo IBUTG, estão adequadas no interior dos postos de trabalho dos *harvesters* de esteiras e pneus, atendendo plenamente a NHO 06.
- b) Os níveis de ruído estão em condições adequadas nos postos de trabalho das máquinas. No entanto, recomenda-se a adoção de medidas preventivas para redução da dose diária de exposição para atendimento à NHO 01.
- c) Os níveis de vibração nos postos de ambas as máquinas estudadas estão em condições de conformidade com a NHO 09, porém, sendo recomendada a adoção de medidas preventivas a fim de reduzir a arene e o VDVR para valores abaixo dos níveis de ação propostos pela norma, evitando a ocorrência de problemas de saúde nos operadores no futuro.
- d) O número de posturas típicas, consideradas adequadas, adotadas pelo operador foi superior no posto de trabalho do *harvester* de pneus, demonstrando as melhores condições de trabalho oferecidas por esta máquina florestal.
- e) O operador do *harvester* de esteiras demonstrou maior frequência na adoção de posturas para o lado esquerdo, situação explicada pelo fato da grua da máquina estar posicionada ao lado direito da cabine, interferindo na visibilidade da operação e exigindo do operador a manutenção da postura a fim de buscar melhor visibilidade durante a execução do trabalho.
- f) A operação de desbaste realizada pelos operadores nos postos de trabalho das máquinas exigiu movimentos altamente repetitivos, sendo superior no *harvester* de pneus por ciclo operacional, por minuto e por jornada de trabalho.
- g) A operação de desbaste mecanizado exige condições ergonômicas desfavoráveis do operador, principalmente em termos de posturas típicas adotadas e movimentos repetitivos, sendo que o *harvester* de pneus apresentou as melhores condições ergonômicas e maior produtividade que o *harvester* de esteiras.

8. RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados e discussão, recomendam-se algumas medidas a fim de proporcionar melhores condições de conforto, saúde e segurança aos operadores, além de maior qualidade e produtividade das operações florestais, tais como:

- a) Realização de manutenções preventivas periódicas semestrais dos componentes de vedação acústica das cabines, possibilitando a redução da exposição ocupacional dos operadores ao ruído;
- b) Realização de manutenções preventivas periódicas semestrais dos atenuantes de vibração, como assento do operador e sistema de amortecimento da máquina, visando reduzir a exposição ocupacional à vibração ao operador;
- c) Reuniões periódicas com os operadores, alertando-os quanto aos riscos da exposição ocupacional aos fatores ambientais, tais como ruído e vibração;
- d) Implementação da ginástica laboral em intervalos distribuídos durante a jornada de trabalho, com o intuito de reduzir os riscos ocupacionais ao operador originados pela carga postural exercida e repetitividade na tarefa; e
- e) Distribuição aos operadores de “Bolas fisioterápicas esféricas” ou “Bolas Suíças” e orientação quanto ao uso correto durante as pausas laborais, a fim de fortalecer a musculatura das mãos e prevenir possíveis lesões por esforço repetitivo.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, S. F. **Análise de Fatores Ergonômicos na Colheita Florestal Mecanizada com Ênfase na Exposição Humana às Vibrações Mecânicas**. Campinas. 145p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas - SP. 2011.
- ALMEIDA, S. F.; ABRAHÃO, R. F.; TERESO, M. J. A.; Avaliação da exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro em máquinas de colheita florestal. **Cerne**. vol.21 n°1 Lavras. 2015.
- BARNES, R.M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo. Edgard Blucher, 1977.
- BELBO, H. Whole tree harvesting in early thinnings and landscape management. In: SUADICANI, K.; TALBOT, B. The Nordic-Baltic Conference on Forest Operations. Hørsholm: University of Copenhagen, Forest & Landscape Denmark, 2008. 92 p. (**Working Papers, 30**).
- BRAMUCCI, M.; SEIXAS, F. Determinação e quantificação de fatores de influência sobre a produtividade de *harvesters* na colheita florestal. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 62-74, dez. 2002.
- BRASIL. Lesões por Esforços Repetitivos (LER) Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (Dort): Dor relacionada ao trabalho. Diretrizes para Atenção Integral à Saúde do Trabalhador de Complexidade Diferenciada. Ministério da Saúde. 2012.
- BRASIL. Portaria nº 3214 de 08 de junho de 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras do Ministério de Estado do Trabalho, no uso de suas atribuições legais, considerando o disposto no art. 200, da Consolidação das Leis do Trabalho, com redação dada pela Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Brasília, 1978. Disponível em: <http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/ORGaos/MTE/Portaria/P3214_78.html>. Acesso em: jan. 2019.
- _____. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia – Portaria GM n. 3.214, de 08 de junho de 1978. Aprova as normas regulamentadoras - NR - capítulo V, título II, da consolidação das leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. Brasília: Diário Oficial da União, 06 jul. 1978a. Nº 127, Seção I - Parte I, p. 10.423.
- _____. Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 15 – Atividades e operações insalubres – Anexo nº 1. Portaria GM n. 3.214, de 08 de junho de 1978. Aprova as normas regulamentadoras - NR - do capítulo V, título II, da consolidação das leis do trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho. Brasília: Diário Oficial da União, 06 jul. 1978a. Nº 127, Seção I - Parte I, p. 10.423.
- BREVIGLIERO, E., POSSEBON, J., SPINELLI, R. **Higiene ocupacional: agentes biológicos, químicos e físicos**. 3. ed. São Paulo: Senac, 2006.
- BURLA, E. R. **Avaliação técnica e econômica do “harvester” na colheita do eucalipto**. Viçosa, MG. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- CABRAL, O. M. J. **Avaliação operacional da colheita de madeira em desbastes de Pinus taeda L.** 2014. 110p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestais). Universidade Estadual do Centro Oeste.

- CONAW, P. L. **Estatística**. São Paulo: E. Blucher, 1977. 264 p.
- COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho em 18 lições**. Belo Horizonte: Ergo, 2002. 202p.
- COUTO, H.A. **Índice TOR – TOM: Indicador ergonômico de eficácia de pausa e outros mecanismos de regulação**. Belo Horizonte: Ergo, 2006.
- DAVEL, M. **Manejo de plantaciones**: Boletín Técnico. Argentina: Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, Universidad Nacional de la Patagonia, 16 p. 2009.
- DUL, J., WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. Tradução de Itiro Iida. 2. ed. São Paulo. Edgard Blücher, 2004.
- ECHEVERRIA, A.L.P.B.; PEREIRA, M.E.C. A dimensão psicopatológica da LER/DORT (Lesões por esforços repetitivos / Distúrbios Osteomusculares relacionados ao trabalho). **Rev. latinoam. psicopatol. fundam.** vol.10 no.4 São Paulo Dec. 2007.
- ESTIVALET, P. S. **Avaliação dos movimentos de punho e mão na atividade de cromagem de cilindros de uma empresa do vale do rio dos sinos – RS**. 2004. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2004.
- FAGUNDES, S. B. R.; GOMES, L. V. N.; MEDEIROS, L. M. S. Joystick: uma tendência nas máquinas florestais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 18., 1998, Niterói. **Anais**. Niterói. 1998.
- FENNER, P. T. **Métodos de cronometragem e a obtenção de rendimentos para as atividades de colheita de madeira**. Botucatu: UNESP, Faculdade de ciências agrônômicas, 14p. 2002.
- FERNANDES, H. C.; BRITO, A. B.; RINALDI, P. C. N.; GONÇALVES, W. S.; FURTADO JÚNIOR, M. R. Avaliação dos níveis de ruído emitidos por diferentes modelos de *feller-bunchers*. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 19, n. 4, p. 298-303, 2011.
- FIEDLER, N. C.; MENEZES, N. S. M.; AZEVEDO, I. N. C.; SILVA, J. R. M. Avaliação biomecânica dos trabalhadores em marcenarias no Distrito Federal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 99-109, 2003.
- FRUMKIN, A. A.; ZINCHENKO, T. P.; VINOKUROV; L. V. **Methods and means of ergonomics during design**. Transport University, Saint-Petersburg: 1-178. 1999.
- FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO. **Norma de Higiene Ocupacional. NHO 01: Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído**. São Paulo, p. 40. 2001.
- FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO. **Norma de Higiene Ocupacional. NHO 06: Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor**. São Paulo, p. 40. 2017.
- FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO. **Norma de Higiene Ocupacional. NHO 09: Procedimento Técnico: Avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro**. São Paulo, p. 40. 2013.

GERASIMOV Y., SOKOLOV A. Ergonomic characterization of harvesting work in Karelia. **Croatian Journal of Forest Engineering**, 2009.

GERASIMOV, Y.; SOKOLOV, A. Ergonomic evaluation and comparison of wood harvesting systems in Northwest Russia. **Applied Ergonomics**, v.45, 318-38, 2014.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2. ed. revista e ampliada. Florianópolis: NR Editora, 2000. 675 p.

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

HIGNETT, S.; McATAMNEY, L. Rapid entire body assessment (REBA). **Applied Ergonomics**, v. 31, n. 2, p. 201-205, Apr. 2000.

IEA. International Ergonomics Association. **Definição e domínios da Ergonomia**. 2019. Disponível em: <<http://www.iea.cc>>. Acesso em: jan. 2019.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia: projeto e produção**. 3a. ed. São Paulo: Blucher, 2016. 850 p.

INDERFOR; MFAF. MINISTRY FOR FOREIGN AFFAIRS OF FINLAND. **Tecnología de Cosecha Forestal Finlandesa y su aplicación en el Sector Forestal de Argentina y Uruguay**. Buenos Aires: INDERFOR/MFAF, 143 p., 2005.

JANKOVSKY, M.; MESSINGEROVA, V.; FERENEIK, M.; ALLMAN, M. Objective and subjective assessment of selected factors of the work environment of forest harvesters and forwarders. **Journal of Forest Science**, 2016;62(1);8-16.

LIMA, J. S. S.; LEITE, A. M. P. Mecanização. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3ed. Viçosa: UFV, 2014.

LOFFLER, H. **Developments and trends in forest harvesting tasks for research. Modeling communications**, v.98, n.1, p32-47, 1982.

LOPES, E. S. Efeito do sortimento da madeira na produtividade e custo do *forwarder* no desbaste comercial de *Pinus taeda*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 57-66, 2016.

LUVIZOTTO, A. F.; YABIKU, E. M.; MARRA, M. T.; MARRA, M. L.; VIDEIRA, M. M. M.; CALIS, V. C. Estudo sobre a redução do risco de LER/DORT utilizando o questionário bipolar e o método reba (rapid entire body assessment): estudo de caso. **Revista Olhar**, Sorocaba, v. 1. n.1, p. 95-124, 2016.

MACHADO, C. C. **Exploração florestal**. 4. Ed. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1985, 60p

MACHADO, C. C.; SILVA, E. N.; PEREIRA, R. S.; CASTRO G. P. O setor florestal brasileiro e a colheita florestal. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3ed. Viçosa: UFV, 2014.

MALINOVSKI, J. R.; CAMARGO C. M. S.; MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, R. A. M. Sistemas. In: MACHADO, C.C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3ed. Viçosa: UFV, 2014. p. 178-205.

MALINOVSKI, J. R.; MALINOVSKI, R. A. Evolução dos sistemas de colheita de *Pinus* na Região Sul do Brasil. Curitiba, **FUPEF**, 1998. 138 p.

- MARZANO, F. L. C.; SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J. Proposal for an ergonomic conformity index for evaluation of harvesters and forwarders. **Revista Árvore**. 2017; 41(4):e410401.
- McATAMNEY, L.; CORLETT, E. N. RULA: A survey method for the investigation of worldrelated upper limb disorders. **Applied Ergonomics**, v. 24, n. 2, p. 91-99, 1993.
- MIALHE, L. G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1974. 197 p. 301.
- MINETTE, L. J.; SILVA, E. P. DA, SOUZA, A. P. DE; SILVA, K. R. Avaliação dos níveis de ruído, luz e calor em máquinas de colheita florestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.6, p.664-667, 2007.
- MOORE, S.; GARG, A. The strain index: a proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, n. 56, p. 443-458. 1995.
- MORAES, A.; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro, 2AB, 2000, 2ª ed., 136p. ISBN 85-86695-05-X.
- MULLER, P.; ANGELI, A. *Implantação e Manejo de Florestas Comerciais, Documentos Florestais No 18*. Piracicaba: IPEF, 14. p. 2006.
- OLIVEIRA, M. M.; ANDRADE, S. S. C.; SOUZA, C. A. V.; PONTE, J. N.; SZWARCOWALD, C. L.; MALTA, D. C. Problema crônico de coluna e diagnóstico de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) autorreferidos no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. *Epidemiol. Serv. Saúde*, 287 Brasília, 24(2): 287-296. 2015.
- PAINI, A. C. **Ergonomia do Posto de Trabalho em Máquinas de Colheita da Madeira**. 81p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati-PR. 2016.
- PHAIRAH, K.; BRINK, M.; CHIRWA, P.; TODD, A. Operator work-related musculoskeletal disorders during forwarding operations in South Africa: an ergonomic assessment. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**. v. 78, n. 1, p. 1-9, 2016.
- SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Vibração – PPRA**. São Paulo. LTr. 2016. 112p.
- SANTOS, L.M.; SOUZA, T.P.; CRESCENTINI, M.C.V.; POLETTO, P.R.; GOTFRYD, A.O. Avaliação postural por fotogrametria em pacientes com escoliose idiopática submetidos à artrodese: estudo piloto. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 25, n. 1, 2012.
- SAVI, R. A. **Avaliação de níveis de ruídos resultante dos trabalhos de beneficiamento final de mármore**. Medianeira. 35p. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Universidade Tecnológica do Paraná. Medianeira, PR. 2012.
- SCHNEIDER, P. R. **Manejo Florestal: planejamento da produção florestal**. Santa Maria: UFSM, 492 p., 2002.
- SCHNEIDER, R.; SCHNEIDER, P. **Introdução ao Manejo Florestal**, 2 ed. Santa Maria: FACOS-UFSM, 566. p. 2008.

SHERWIN, L. M.; OWENDE, P. M. O.; KANALI, C. L.; LYONS, J.; WARD, S. M. Influence of tyre inflation pressure on whole-body vibrations transmitted to the operator in a cut-to-length timber harvester. **Applied Ergonomics**. 2004; 35: 253-261.

SILVA, E. P.; MINETTE, L. J.; SANCHES, A. L. P.; SOUZA, A. P.; SILVA, F. L.; MAFRA, S. C. T. Prevalência de sintomas osteomusculares em operadores de máquina de colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.4, p.739-745, 2014.

SMITH, M.J. Considerações psicossociais sobre os DORT nos membros superiores. **Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40 Annual Meeting**. P. 776-780. 1996.

SOUZA, A. P.; MINETTE, L. J.; SILVA, E. N.; CARMO, F. C. Ergonomia aplicada ao trabalho. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita florestal**. 3ed. Viçosa: UFV, 2014.

SPINELLI, R.; WARD, S. M.; OWENDE, P. M. A harvest and transport cost model for Eucalyptus sp. Fast-growing short rotation plantations. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, 2009.

YAMASHITA, R. Y. **Avaliação das Condições de Trabalho e da Exposição à Vibração do Operador de Máquinas na Colheita Florestal**. Piracicaba. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 2002.

ANEXOS

ANEXO I – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE – UNICENTRO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PROPESP
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA – COMEP**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado(a) Colaborador(a),

Você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa “**Comparação ergonômica em harvester de esteiras e pneus no desbaste de pinus – estudo de caso**”, sob a responsabilidade de Alysson Braun Martins, que irá investigar as condições de trabalho do operador de *harvester* no desbaste, a partir da avaliação dos níveis de ruído, vibração e temperatura exposto durante a jornada de trabalho, além de avaliar as posturas adotadas e movimentos repetitivos durante a atividade. Para isso, o operador será filmado durante a jornada de trabalho. Dessa forma será possível identificar se a atividade está trazendo prejuízos a saúde do operador.

O presente projeto de pesquisa foi aprovado pelo COMEP/UNICENTRO.

DADOS DO PARECER DE APROVAÇÃO

emitido Pelo Comitê de Ética em Pesquisa, COMEP-UNICENTRO

Número do parecer: 2.645.278

Data da relatoria: 09 / 05 / 2018

1. PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA: Ao participar desta pesquisa, serão realizadas filmagens através de câmeras instaladas na cabine da máquina de forma a registrar a sua postura durante a jornada de trabalho. As imagens obtidas serão de total sigilo, sem qualquer identificação do operador. Para as análises de ruído, vibração e temperatura, serão instalados na cabine aparelhos medidores. Os aparelhos não serão fixados no corpo, e sim na máquina. Lembramos que a sua participação é voluntária, você tem a liberdade de não querer participar, e pode desistir, em qualquer momento, mesmo após ter iniciado o(a) os(as) avaliações sem nenhum prejuízo para você.

2. RISCOS E DESCONFORTOS: Entende-se que o presente estudo apresenta risco quanto a confidencialidade, pois serão registradas imagens do trabalhador durante toda a jornada de trabalho. Os equipamentos serão instalados no interior da cabine da máquina próximo ao operador, havendo assim o risco de distração por parte do operador. Se você precisar de algum tratamento, orientação, encaminhamento, etc., por se sentir prejudicado por causa da pesquisa, ou sofrer algum dano decorrente da mesma, o pesquisador se responsabiliza por prestar assistência integral, imediata e gratuita.

3. BENEFÍCIOS: Os benefícios esperados com o estudo são a identificação e quantificação de posturas incorretas durante a operação de desbaste, além de avaliar se a exposição ao ruído, vibração e temperatura estão sendo prejudiciais. Dessa forma sendo possível corrigi-los posteriormente e evitar possíveis danos futuros a sua saúde.

4. CONFIDENCIALIDADE: Todas as informações que o(a) Sr.(a) nos fornecerá ou que sejam conseguidas por avaliações serão utilizadas somente para esta pesquisa. Suas imagens ficarão em segredo e seu nome não aparecerá em lugar nenhum dos(as) fitas nem quando os resultados forem apresentados.

5. ESCLARECIMENTOS: Se tiver alguma dúvida a respeito da pesquisa e/ou dos métodos utilizados na mesma, pode procurar a qualquer momento o pesquisador responsável.

Nome do pesquisador responsável: Alysson Braun Martins

Endereço: PR 153, Km 7 – Riozinho, Irati-PR

Telefone para contato: (91) 98321-7027

Horário de atendimento: 8h as 17h

6. RESSARCIMENTO DAS DESPESAS: Caso o(a) Sr.(a) aceite participar da pesquisa, não receberá nenhuma compensação financeira.

7. CONCORDÂNCIA NA PARTICIPAÇÃO: Se o(a) Sr.(a) estiver de acordo em participar deverá preencher e assinar o Termo de Consentimento Pós-esclarecido que se segue, em **duas vias**, sendo que uma via ficará com você.

ANEXO II – Testes de comparação de médias de Student

Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG)		
	<i>Harvester Esteiras</i>	<i>Harvester Pneus</i>
Média	16,757291	15,653852
Variância	1,440949	0,633124
Observações	24	24
Alfa	0,05	
Graus de Liberdade	46	
P valor	4,88E-04	
t crítico	2,01289559	
Estatística t	12,52272386	
Nível de Exposição Normalizado (NEN)		
	<i>Harvester Esteiras</i>	<i>Harvester Pneus</i>
Média	62,072516	57,732315
Variância	0,454013	2,428910
Observações	24	24
Alfa	0,05	
Graus de Liberdade	46	
P valor	2,00E-16	
t crítico	2,012895599	
Estatística t	12,52272386	
Dose Diária		
	<i>Harvester Esteiras</i>	<i>Harvester Pneus</i>
Média	0,515366	0,198950
Variância	0,005910	0,004475
Observações	24	24
Alfa	0,05	
Graus de Liberdade	46	
P valor	1,44E-19	
t crítico	2,014103	
Estatística t	15,210956	
Aceleração Resultante de Exposição Normalizada (aren)		
	<i>Harvester Esteiras</i>	<i>Harvester Pneus</i>
Média	0,608333	0,433333
Variância	0,006884	0,004927
Observações	24	24
Alfa	0,05	
Graus de Liberdade	46	
P valor	4,32E-10	
t crítico	2,012895	
Estatística t	7,888408	
Valor da Dose de Vibração Resultante (VDVR)		
	<i>Harvester Esteiras</i>	<i>Harvester Pneus</i>
Média	11,225	9,275
Variância	0,377608	1,186304
Observações	24	24
Alfa	0,05	
Graus de Liberdade	46	
P valor	1,01E-09	
t crítico	2,012895	
Estatística t	7,638954	

ANEXO III – Tempo máximo diário de exposição permissível em função do nível de ruído.

Nível de ruído (dB)	Tempo máximo diário permissível (min)
80	1523,90
81	1209,52
82	960,00
83	761,95
84	604,76
85	480,00
86	380,97
87	302,38
88	240,00
89	190,48
90	151,19
91	120,00
92	95,24
93	75,59
94	60,00
95	47,62
96	37,79
97	30,00
98	23,81
99	18,89
100	15,00
101	11,90
102	9,44
103	7,50
104	5,95
105	4,72
106	3,75
107	2,97
108	2,36
109	1,87
110	1,48
111	1,18
112	0,93
113	0,74
114	0,59
115	0,46

Fonte: Fundacentro (2001)