

FELIPE LEITÃO DA CUNHA MARZANO

**ÍNDICE DE QUALIDADE ERGONÔMICA PARA *HARVESTERS* E
FORWARDERS: PROPOSTA METODOLÓGICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

M393i
2017 Marzano, Felipe Leitão da Cunha, 1985-
Índice de qualidade ergonômica para Harvesters e
Forwarders : proposta metodológica / Felipe Leitão da Cunha
Marzano. – Viçosa, MG, 2017.
xv, 64f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Amaury Paulo de Souza.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.57-64.

1. Ergonomia. 2. Segurança do trabalho. 3. Máquinas
florestais. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Engenharia Florestal. Programa de Pós-graduação em Ciência
Florestal. II. Título.

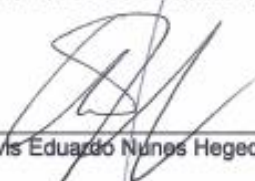
CDD 22 ed. 631.3

FELIPE LEITÃO DA CUNHA MARZANO


**ÍNDICE DE QUALIDADE ERGONÔMICA PARA HARVESTERS E
FORWARDERS: PROPOSTA METODOLÓGICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 26 de setembro de 2017.



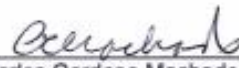
Clovis Eduardo Nunes Hegedus




Marconi Ribeiro Furtado Junior



Luciano José Minette
(Coorientador)



Carlos Cardoso Machado
(Coorientador)



Amaury Paulo de Souza
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela saúde. A Santa Maria.

Ao meu filho Paulo, gerado e nascido durante o desenvolvimento desta Tese, pela renovação da esperança de um mundo melhor e por todas as alegrias proporcionadas até agora.

À minha esposa, Maria do Socorro Corrente Marzano, por todos os bons momentos e companheirismo nessa jornada.

Aos meus pais, Luiz Sérgio Arteiro Marzano e Regina Leitão da Cunha, por todo o apoio e dedicação. Aos meus avós João Fonseca Marzano (*in memorian*), Diva Arteiro Marzano (*in memorian*), Paulo Leitão da Cunha (*in memorian*) e Silvia Edméa Gurjão Leitão da Cunha.

Aos Professores Amaury Paulo de Souza e Luciano José Minette, pela orientação e amizade.

A Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF).

Aos amigos do Laboratório de Ergonomia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

FELIPE LEITÃO DA CUNHA MARZANO, filho de Luiz Sérgio Arteiro Marzano e Regina Leitão da Cunha. Nasceu no dia 03 de julho de 1985, na capital do estado do Rio de Janeiro. Lá completou o Ensino Médio, em 2003, no Colégio Bahiense.

Concluiu o curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa em 2011. Em 2013 concluiu o Mestrado em Ciência Florestal, com foco em Ergonomia e produtividade em atividades de silvicultura. Formou-se também como Engenheiro de Segurança do Trabalho em 2013. Nesse mesmo ano ingressou no programa de Doutorado em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do Professor Amaury Paulo de Souza.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO	8
2.1 Objetivos específicos.....	8
3. REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 Máquinas Florestais.....	9
3.2 Fatores ergonômicos	11
3.2.1 Agentes Ambientais.....	11
3.2.1.1 Ruído.....	11
3.2.1.2 Vibração	13
3.2.1.3 Qualidade do ar.....	14
3.2.1.4 Ambiente térmico	15

3.3	Fatores do Posto de Trabalho.....	17
3.4	Desenvolvimento e Uso de Índices.....	18
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4.1	Máquinas florestais avaliadas.....	23
4.2	Seleção dos fatores ergonômicos.....	24
4.3	Avaliação dos fatores ergonômicos.....	26
4.3.1	Agentes ambientais.....	27
4.3.1.1	Ruído.....	27
4.3.1.2	Vibração.....	28
4.3.1.3	Qualidade do ar.....	29
4.3.1.4	Ambiente Térmico.....	30
4.3.2	Fatores do Posto de Trabalho.....	31
4.3.2.1	Acesso à cabine.....	32
4.3.2.2	Dimensões internas da cabine.....	34
4.3.2.3	Visibilidade.....	36
4.3.2.4	Assento do operador.....	37
4.4	Desenvolvimento do Índice de Qualidade Ergonômica.....	38
4.4.1	Distribuição dos Índices em Classes.....	39
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5.1	Fatores Ergonômicos.....	41
5.1.1	Agentes Ambientais.....	41
5.1.2	Fatores do Posto de Trabalho.....	44
5.1.2.1	Acesso à cabine.....	44
5.1.2.2	Dimensões internas da cabine.....	46
5.1.2.3	Visibilidade.....	48
5.1.2.4	Assento do operador.....	49
5.1.2.5	Índice de Qualidade Ergonômica do Posto de Trabalho (IQEppt).....	51

5.2 Índice de Qualidade Ergonômica	52
5.2.1 Distribuição dos Índices em Classes	53
6. CONCLUSÕES	55
7. RECOMENDAÇÕES	56
8. REFERÊNCIAS	57

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Fluxograma da análise ergonômica periódica de máquinas	5
2 Fluxograma da aquisição de máquinas florestais considerando o Índice de Qualidade Ergonômica	6
3 Fatores ergonômicos das atividades de colheita florestal, com destaque para os fatores selecionados para compor o IQE.	25

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Especificações técnicas dos <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i> avaliados	5
2 Parâmetros qualitativos para avaliação da qualidade do ar no interior da cabine de <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i>	29
3 Parâmetros qualitativos para avaliação do ambiente térmico no interior de cabines de <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i>	30
4 Variáveis consideradas na avaliação do acesso a cabine de <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i> .	33
5 Parâmetros qualitativos para avaliação do acesso à cabine de <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i>	34
6 Variáveis consideradas na avaliação das dimensões internas da cabine de <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i>	35
7 Parâmetros qualitativos considerados na avaliação das dimensões internas das cabines de <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i>	36
8 Parâmetros qualitativos considerados na avaliação da visibilidade dos trabalhadores no interior das cabines de <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i>	36
9 Variáveis consideradas na avaliação do assento de <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i>	38
10 Critérios adotados para a determinação dos valores mínimos referentes a cada Classe de IQE	40

11	Agentes ambientais presentes nos <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i>	41
12	Valores das Não Conformidades dos <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i> avaliados	42
13	Índices de Qualidade Ergonômica parciais para os agentes ambientais nos <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i> avaliados	42
14	Itens que compõe o Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o posto de trabalho	51
15	Índices de Qualidade parciais e Índice de Qualidade Ergonômica dos <i>Harvesters</i> e <i>Forwarders</i> avaliados	52
16	Valores mínimos dos IQE parciais e do IQE de cada classe	54
17	Intervalos de valores que compõe cada classe de IQE	54

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIações

AA	Agentes Ambientais
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
aren	aceleração resultante de exposição normalizada
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FO	Fatores Organizacionais
FP	Fatores do Posto de Trabalho
FT	Fatores pessoais dos trabalhadores
FW1	<i>Forwarder 1</i>
FW2	<i>Forwarder 2</i>
HV3	<i>Harvester 3</i>
HV4	<i>Harvester 4</i>
IBUTG	Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo
LAEq	Nível de Ruído Equivalente
LER/DORT	Lesões por esforço repetitivo / Distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho
NC	Não Conformidade

NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR-15	Norma Regulamentadora número 15 – Atividades e Operações Insalubres
NR-17	Norma Regulamentadora número 17 – Ergonomia
PNC	Peso da Não Conformidade
TOR-TOM	Taxa de Ocupação Real –Taxa de Ocupação Máxima

RESUMO

MARZANO, Felipe Leitão da Cunha, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2017. **Índice de Qualidade Ergonômica para *Harvesters* e *Forwarders*: Proposta metodológica.** Orientador: Amaury Paulo de Souza. Coorientadores: Luciano José Minette e Carlos Cardoso Machado.

Na colheita florestal mecanizada, as características ergonômicas do posto de trabalho influenciam a saúde, o desempenho e a produtividade dos trabalhadores. Atualmente existem diversas metodologias para avaliação ergonômica. No entanto, a avaliação e comparação entre diferentes máquinas florestais se torna complexa quando se deseja analisar diversos fatores ergonômicos simultaneamente. O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para determinação de um Índice de Qualidade Ergonômica (IQE) de máquinas florestais. A metodologia proposta foi aplicada na avaliação de *Harvesters* e *Forwarders* de diferentes marcas com o uso do IQE. O Índice de Qualidade Ergonômica (IQE) proposto neste trabalho considerou somente os seguintes fatores ergonômicos: ruído, vibração, ambiente térmico, qualidade do ar e posto de trabalho. Após avaliação ergonômica das máquinas florestais, foi dada uma pontuação parcial para cada fator considerado, de acordo com a adequação aos critérios pré-estabelecidos. O IQE foi determinado pela média dos índices parciais de ruído, vibração, ambiente térmico, qualidade do ar e posto de trabalho. O IQE pode variar entre zero e um, de forma que valores

menores indicam condições ergonômicas inferiores. Foi realizada avaliação desses fatores em quatro *Harvesters* e dois *Forwarders*, identificados como HV1, HV2, HV3, HV4, FW1 e FW2. O nível de ruído contínuo nas máquinas florestais avaliadas variou entre 75,0 e 82,6 dB(A). A vibração de corpo inteiro variou entre 0,27 e 0,70 $m s^{-2}$. O ambiente térmico do HV1 e do HV2 estava em conformidade com os critérios estabelecidos, nas demais máquinas havia deficiências neste aspecto. Todas as máquinas apresentaram Não Conformidades em relação a qualidade do ar, com exceção do HV1. Todas as máquinas apresentaram deficiências em relação aos fatores do posto de trabalho. Os IQE dos *Harvesters* HV1, HV2, HV3 e HV4 foram, respectivamente: 0,83; 0,76; 0,63 e 0,57. Os IQE dos *Forwarders* FW1 e FW2 foram 0,64 e 0,71. O método proposto se mostrou útil para a avaliação ergonômica e comparação de máquinas florestais. A máquina de maior IQE foi penalizada apenas devido ao fator ruído. A máquina que obteve menor IQE apresentou deficiências em relação a todos os fatores analisados.

ABSTRACT

MARZANO, Felipe Leitão da Cunha, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2017. **Ergonomic Quality Index for Harvesters and Forwarders: methodological proposal.** Adviser: Amaury Paulo de Souza. Co-advisers: Luciano José Minette and Carlos Cardoso Machado.

In mechanized timber harvesting, the ergonomic characteristics of the work station influence health, performance and productivity of workers. Currently there are several methodologies for ergonomic evaluation. However, the evaluation and comparison between different forest machines becomes complex when one wishes to analyze several ergonomic factors simultaneously. The objective of this study was to develop a methodology for the determination of an Ergonomic Quality Index (EQI) for forest machines. The proposed methodology was applied in the evaluation of Harvesters and Forwarders of different brands with the use of EQI. The Ergonomic Quality Index (EQI) proposed in this paper considered the following ergonomic factors: noise, vibration, thermal environment, air quality and work station. After an ergonomic evaluation of the forest machines, a partial score was given for each factor considered, according to the adequacy to the pre-established criteria. The EQI was determined by the mean partial indices of noise, vibration, thermal environment, air quality and work station. EQI can range from zero to one, so that lower values indicate poorer ergonomic conditions. These factors were

evaluated in four Harvesters and two Forwarders, identified as HV1, HV2, HV3, HV4, FW1 and FW2. All the analyzed machines had continuous noise between 75.0 and 82.6 dB (A) and whole-body vibration between 0.27 and 0.70 m s^{-2} . HV1 and HV2 presented thermal environment in accordance with the established criteria, other machines showed deficiencies in this regard. All the analyzed machines presented deficiencies in relation to air quality, excepting HV1. All the machines presented deficiencies in relation to the workstation factors. The EQI of Harvesters HV1, HV2, HV3 and HV4, were: 0.83; 0.76; 0.63; 0.57. The EQI of Forwarders FW1 and FW2 were 0.64 and 0.71. The determination of the EQI allowed a simple comparison between forest machines analyzed. The only non-compliance of the bigger ECI machine was in relation to noise. The machine that got the lower ECI presented non-compliance for all the factors. The proposed methodology proved useful for the ergonomic evaluation and comparison of forest machines. The machine that got higher EQI was penalized only because of factor noise. The machine that obtained lower ECI presented nonconformities for all analyzed factors.

1. INTRODUÇÃO

Na busca pelo aumento de competitividade no mercado globalizado, o setor florestal brasileiro passou por mudanças significativas desde a década de 1990. Dentre essas mudanças, destaca-se a mecanização de atividades de colheita florestal nas empresas do setor madeireiro, até então realizadas de forma manual ou semimecanizada. A mecanização das atividades florestais é atribuída a necessidade de aumento da produtividade, redução de custos e melhoria na segurança dos trabalhadores envolvidos.

Na colheita florestal mecanizada as árvores constituem a matéria prima que deverá ser processada em toras de acordo com parâmetros de qualidade pré-estabelecidos. Essa atividade é subdividida em etapas, de forma que o produto de uma etapa constitui a matéria prima da etapa seguinte. O operador de máquinas florestais faz parte desse processo integrando o sistema homem-máquina, responsável pela transformação da matéria prima em produto. O desempenho do processo dependerá não só de fatores relacionados a máquina e ao terreno, mas fundamentalmente de fatores relacionados ao ser humano que opera as máquinas. Dessa forma, as condições de segurança, conforto e bem estar proporcionados ao operador no seu posto de trabalho influenciarão de forma positiva ou negativa a produtividade e a qualidade do trabalho realizado.

Em relação a segurança dos trabalhadores, a mecanização das atividades representou diminuição nos riscos associados à adoção de posturas extremas, levantamento de cargas e execução de força durante o trabalho. No entanto novos riscos surgiram, especialmente os relacionados ao posto de trabalho e a organização do trabalho.

De acordo com Lida (2005), posto de trabalho é a configuração física do sistema homem-máquina-ambiente. É uma unidade produtiva envolvendo um homem e a máquina que ele utiliza para realizar o trabalho, bem como o ambiente que o circunda. Já os agentes ambientais são os agentes físicos, químicos ou biológicos presentes no ambiente de trabalho capazes de produzir doenças do trabalho, como também afetar o bem-estar e o conforto dos trabalhadores (SALIBA, 2016).

Os operadores de máquinas florestais permanecem durante toda a jornada de trabalho expostos a condições adversas, como ruído, vibração e ambiente térmico desfavorável. Dependendo da intensidade em que esses agentes se manifestam no ambiente de trabalho, podem afetar a saúde e a produtividade dos trabalhadores. Os trabalhadores envolvidos nessas atividades tendem a estender suas jornadas de trabalho ou a comprometer os períodos de descanso devido a constante necessidade de manutenção das máquinas e devido a pressão por maiores níveis de produção (LILLEY et al., 2002).

De acordo com Frota e Schiffer (2001), condições confortáveis podem ser alcançadas quando o ser humano realiza suas atividades sem ser submetido a fadiga ou estresse. O atendimento aos princípios ergonômicos no desenvolvimento de máquinas florestais modernas deve contribuir para a redução do stress mental e físico e de outros constrangimentos impostos ao operador. Além disso, deve contribuir para a eliminação da probabilidade de erros e para diminuir a subutilização das máquinas, no que diz respeito às suas capacidades técnicas (GOSCIANSKA e RADNIECKI, 2009).

O conforto dos trabalhadores durante a operação das máquinas florestais pode ter contribuição importante no desempenho do trabalho. Nesse

sentido, a ergonomia tem papel significativo no desenvolvimento sustentável do trabalho e das próprias corporações (BOLIS et al., 2014), contribuindo com a redução de custos trabalhistas e com as melhorias no setor produtivo. Quando grandes inovações tecnológicas não vêm acompanhadas de melhorias nas condições de trabalho, pode haver problemas de adaptação das novas tecnologias as condições físicas e psicológicas dos trabalhadores. Isso pode levar a subutilização das novas tecnologias, como foi constatado em estudo realizado na Suécia por Nordjell et al. (2010). De acordo com os autores, de 1985 a 2010, a disponibilidade mecânica de *Harvesters* e *Forwarders* na Suécia teve um aumento significativo, a produtividade aumentou e os custos de colheita caíram. Esses resultados se deveram aos avanços tecnológicos alcançados nesse período, mas poderiam ter sido ainda mais satisfatórios se o conforto dos operadores fosse reconhecido como um fator determinante para os indicadores citados.

De acordo com Gerasimov e Sokolov (2014), em termos de ergonomia, as melhores condições de trabalho são oferecidas pelo sistema de colheita formado por *Harvesters* e *Forwarders*. No entanto este sistema não isenta os trabalhadores de riscos, tais como a exposição a ruído e vibrações, ambiente térmico desfavorável e má qualidade do ar.

Uma das principais funções das cabines de tratores é proteger os operadores de influências ambientais adversas, no entanto, nem sempre as cabines cumprem seu papel de maneira integral (GERASIMOV e SOKOLOV, 2009). Níveis de ruído elevado, influência dos gases de escapamento e incidência de radiação solar no corpo do operador são alguns dos problemas enfrentados pelos operadores durante seu trabalho. De acordo com as características das cabines dos tratores, a proteção oferecida ao operador pode ser maior ou menor.

Atualmente existem diversas marcas e modelos de tratores florestais disponíveis no mercado nacional e internacional. As empresas que utilizam esses tratores têm que fazer uma avaliação criteriosa para adquirir os que atendem melhor as suas demandas. A qualidade ergonômica deve ser incluída

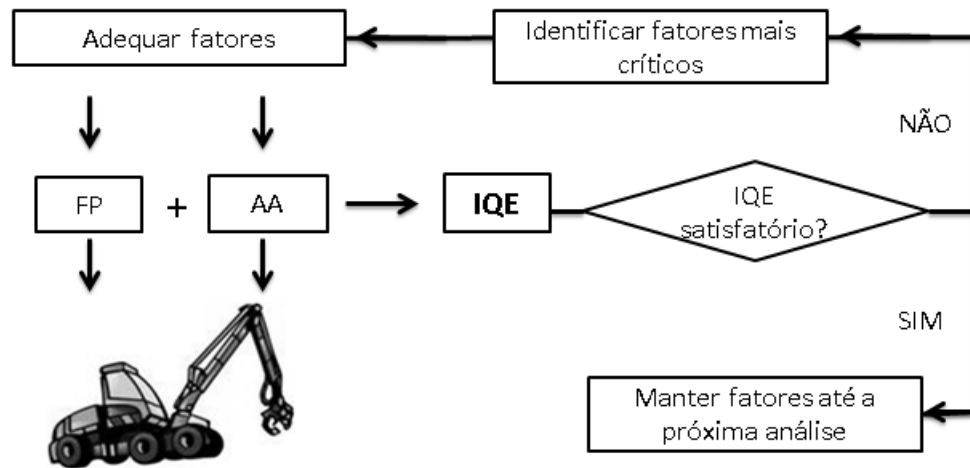
entre os critérios para a tomada de decisão na aquisição de novas máquinas florestais.

Durante a avaliação ergonômica de máquinas florestais, a realização de medições de variáveis ergonômicas fornece dados objetivos sobre os aspectos que influenciam o conforto no ambiente de trabalho, de forma isolada. Entretanto, a comparação entre diferentes máquinas florestais se torna difícil quando são considerados vários fatores simultaneamente.

A adoção de um índice que permita uma avaliação mais simples e objetiva pode ser útil quando se deseja incluir a ergonomia como um dos critérios na tomada de decisão nas empresas. Uma das vantagens do uso de índices é a capacidade de síntese em comparações que envolvem diversos elementos de um conjunto, permitindo inclusive o monitoramento de indicadores ao longo do tempo. Os índices não substituem as investigações e análises mais detalhadas da realidade, mas ao contrário, são dependentes delas na medida em que objetivam traduzir numericamente certos fenômenos por meio de valores que expressam uma posição relativa em relação a determinado ponto tomado como parâmetro (VAITSMAN et al., 2003).

O setor florestal necessita de estudos para a obtenção de uma metodologia apropriada para a determinação de um índice que expresse as condições ergonômicas das máquinas florestais. O presente trabalho visa a suprir essa lacuna, com a proposta de desenvolvimento do Índice de Qualidade Ergonômica (IQE).

Os fatores ergonômicos que afetam a sensação do operador em seu posto de trabalho podem estar presentes de forma isolada ou simultânea. O uso do IQE tem como objetivo estabelecer uma comparação entre postos de trabalho do ponto de vista da sensação de conforto proporcionado aos trabalhadores durante a execução trabalho. Nesse sentido, o IQE pode ser útil servindo como subsídio na avaliação ergonômica periódica das máquinas e na tomada de decisão na aquisição de máquinas florestais. A Figura 1 ilustra a aplicação do IQE na avaliação periódica de máquinas florestais.



FP = Fatores do Posto de Trabalho; AA = Agentes Ambientais; IQE = Índice de Qualidade Ergonômica.

Figura 1 - Fluxograma da análise ergonômica periódica de máquinas

A falta de manutenção adequada e o próprio uso das máquinas pode fazer com que alguns elementos se deterioresem com o tempo, afetando negativamente o IQE. O ajuste do assento pode ser danificado com o tempo. O ruído e a vibração podem aumentar quando há deficiência na manutenção dos componentes da máquina e o ambiente térmico pode ser prejudicado quando a refrigeração da máquina está com defeito ou quando os vidros não dispõem de película protetora contra raios ultravioleta. Isso poderá fazer que o IQE de uma máquina com muitas horas de uso se torne menor do que o IQE de uma máquina nova.

Na análise ergonômica de máquinas florestais, quando o IQE for considerado satisfatório, isso significa que a máquina apresenta boas condições ergonômicas. Assim, as condições podem ser mantidas até que seja realizada uma nova análise periódica das máquinas. Se o IQE for considerado insatisfatório, devem-se identificar quais os fatores que mais contribuíram para o resultado negativo e realizar intervenções para a adequação desses fatores.

Na aquisição de novas máquinas florestais, a tomada de decisão pode ser facilitada com o uso do IQE da seguinte maneira. Ao se determinar o IQE de determinada máquina florestal, no caso de ele ser considerado insatisfatório, a máquina deve ser rejeitada, de acordo com os princípios da

Ergonomia, de adaptação do posto de trabalho as condições físicas e psicológicas dos trabalhadores. No caso de o IQE ser considerado satisfatório, a máquina deve ser incluída em uma lista na qual as máquinas cotadas para compra estarão em ordem decrescente de IQE. O fator ergonômico, expresso pelo IQE das máquinas, deve então ser considerado em conjunto com os fatores técnicos e econômicos de cada máquina. Essas análises têm suas metodologias próprias, que não são objeto de estudo do presente trabalho. Se após a análise dos parâmetros ergonômicos, técnicos e econômicos, a máquina for considerada superior às demais em todos os parâmetros, deve-se optar pela aquisição dessa máquina. Se nenhuma das máquinas analisadas for considerada superior às demais em todos os parâmetros, deve-se realizar análise mais detalhada de cada parâmetro para escolher entre a que apresenta mais vantagens de uma forma geral. Nessa decisão, os parâmetros ergonômicos e técnicos devem prevalecer sobre os econômicos. A Figura 2 ilustra a utilização do IQE na aquisição de máquinas florestais.

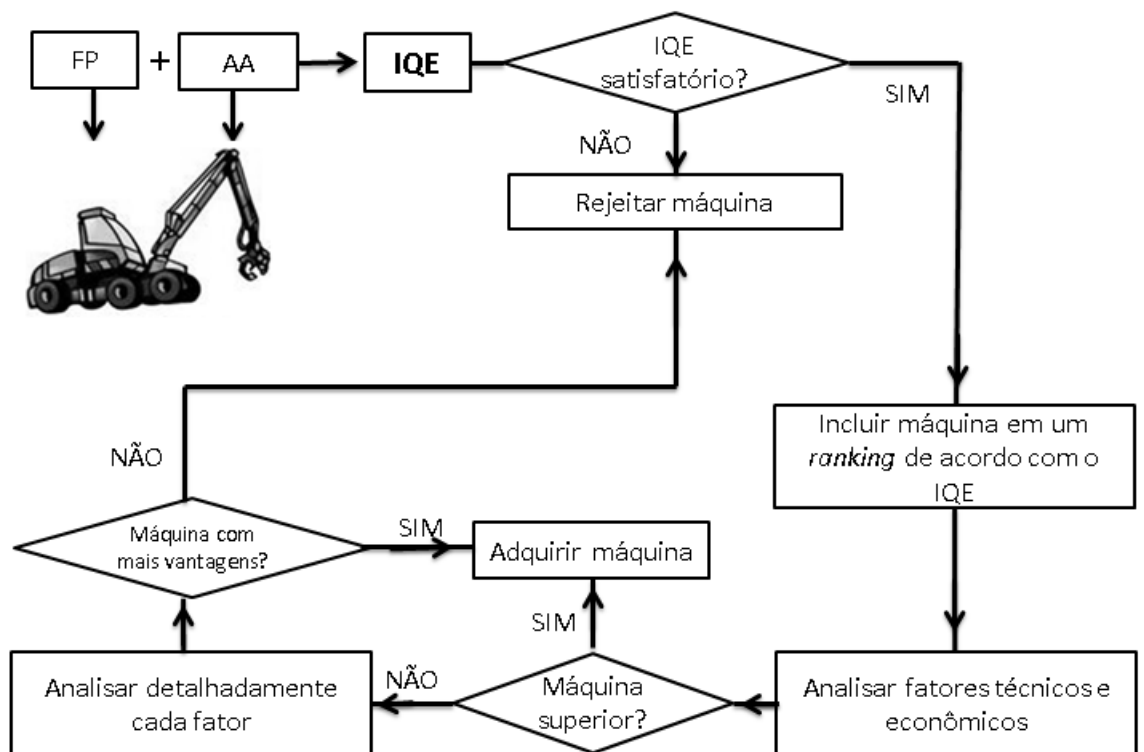


Figura 2 - Fluxograma da aquisição de máquinas florestais considerando o Índice de Qualidade Ergonômica.

A exposição ocupacional a alguns dos fatores de risco considerados no IQE pode ser atenuada com o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como é o caso da exposição ao ruído e da inalação de gases e poeiras. No entanto, de acordo com os princípios da Ergonomia e da Higiene Ocupacional, o uso de EPIs deve ser a última medida de prevenção adotada, apenas quando não há possibilidade de se adotar medidas de engenharia ou de organização do trabalho satisfatórias. Assim, para todos os parâmetros avaliados na determinação do IQE, foram considerados os valores absolutos mensurados durante a operação das máquinas florestais, sem atenuação proporcionada pelo uso EPI.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um método para determinação de um Índice de Qualidade Ergonômica (IQE) para *Harvesters* e *Forwarders*.

2.1 Objetivos específicos

- a) Avaliar os fatores ergonômicos do ambiente e dos postos de trabalho nas operações com *Harvesters* e *Forwarders*.
- b) Desenvolver o Índice de Qualidade Ergonômica a partir dos fatores ergonômicos do ambiente e dos postos de trabalho.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Máquinas Florestais

Na colheita florestal mecanizada, cada sistema de colheita utiliza uma combinação de máquinas florestais para atender aos seus objetivos. No sistema de toras curtas (*short-wood*) os *Harvesters* e *Forwarders* atuam em conjunto. Nesse sistema, o abate e processamento da árvore em toras de menos de 6m de comprimento são realizados pelo *Harvester*. O transporte para a margem da estrada é feito pelo *Forwarder*.

O *Harvester* é constituído de uma máquina base de pneus ou esteira, uma lança hidráulica e um cabeçote. Essa máquina é capaz de realizar o abate, desgalhamento, descascamento, traçamento e empilhamento das toras. O *Forwarder* é uma máquina auto carregável utilizada no transporte da madeira até as margens da estrada. Possui chassis articulados e uma grua hidráulica utilizada para carregar e descarregar as toras.

Do ponto de vista da Ergonomia, o trabalho em *Harvesters* e *Forwarders* apresenta uma série de riscos à saúde e ao bem-estar dos trabalhadores, como exposição a ruído, vibração, ambiente térmico desfavorável, má qualidade do ar e posto de trabalho com dimensões inadequadas. A falta de treinamento adequado, o ritmo de trabalho determinado pela máquina e a

ausência de pausas de recuperação também são fatores de risco na colheita florestal mecanizada (HOLCROFT e PUNNET, 2009).

De acordo com Barron et al. (2005) a visibilidade do posto de trabalho tem grande importância na eficiência e segurança dos operadores de máquinas florestais, já que cerca de 90% da percepção do operador é visual. Os autores afirmam que um campo de visão ruim pode implicar em subutilização das funções e capacidades da máquina, além de representar risco a saúde e segurança dos operadores devido à necessidade de adoção de posturas inadequadas. Gerasimov e Sokolov (2014) corroboram a informação de que a visibilidade deficiente e a adoção de posturas inadequadas estão entre os principais problemas nas atividades de colheita florestal mecanizada, mas concluem que essas condições são ligeiramente superiores no módulo formado por *Harvesters* e *Forwarders*, quando comparado a outros módulos, como o formado por *Feller Buncher* e *Skidder*.

Para Fontana e Seixas (2007), a localização dos comandos e controles apresenta deficiências em relação às características antropométricas da população de trabalhadores brasileiros. Além disso, dimensões deficientes do posto de trabalho e a presença de ruído e vibração no interior da cabine contribuem para as más condições ergonômicas das máquinas florestais (MESSINGEROVA et al., 2005; MINETTE et al., 2008)

Os riscos ergonômicos citados contribuem para que nestas atividades as queixas de dor e desconforto musculoesquelético sejam frequentes entre os operadores, especialmente aqueles com maior tempo na função (SILVA et al., 2014). De acordo com Hagen et al. (1998), as dores lombares não estão relacionadas apenas aos fatores físicos, mas possuem também forte relação com os fatores psicossociais presentes no trabalho da colheita florestal mecanizada. Isso se deve ao fato de que a exigência por elevados níveis de produção, pagamento por produção e a baixa autonomia na tomada de decisões elevam o nível de stress entre os trabalhadores, o que contribui para o surgimento ou agravamento das dores lombares.

3.2 Fatores ergonômicos

Os fatores ergonômicos influenciam diretamente a produtividade dos trabalhadores e a manutenção do sistema ser humano/máquina em funcionamento.

De acordo com Sant'Anna e Malinovski (2002), a importância do conhecimento dos fatores humanos e das condições de trabalho é fundamental para possibilitar que a área de trabalho, o seu arranjo, os equipamentos e as ferramentas sejam bem adaptados às capacidades psicofisiológicas, antropométricas e biomecânicas dos trabalhadores. Os fatores ergonômicos abordados neste trabalho foram divididos em Agentes Ambientais e Fatores do Posto de Trabalho.

3.2.1 Agentes Ambientais

Neste estudo consideram-se agentes ambientais os agentes físicos, químicos ou biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

3.2.1.1 Ruído

O ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações capazes de sensibilizar o ouvido humano, entendido como um estímulo auditivo que não contém informações úteis para a tarefa em execução (IIDA, 2005).

O principal efeito relacionado a exposição excessiva ao ruído é a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIR). Os mecanismos envolvidos no desenvolvimento dessa doença ainda não são completamente conhecidos, mas sabe-se que a exposição a doses elevadas de ruído causa diminuição do fluxo sanguíneo e formação de radicais livres na cóclea (LE PRELL et al., 2007). De acordo com Fernandes e Morata (2002), mesmo utilizando Equipamentos de Proteção Individual, operadores de tratores apresentaram

PAIR, além de efeitos extra-auditivos, como nervosismo, ansiedade, cefaleia, zumbido e problemas de estômago.

A perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) relacionada ao trabalho é uma diminuição gradual da acuidade auditiva, decorrente da exposição continuada a elevados níveis de pressão sonora. De acordo com Ogido et al. (2009), a PAIR é passível de prevenção e pode ter como consequências prejuízos de diferentes naturezas, podendo levar à incapacidade auditiva, disfunções auditivas – zumbidos e alterações vestibulares, como vertigem – e mesmo dificultar a inserção no mercado de trabalho.

Os prejuízos do ruído podem ser agravados pela interação com outros agentes nocivos a saúde humana, como vibração ou produtos químicos. Em estudo sobre trabalhadores expostos a ruído e pesticida, Guida et al. (2010) constataram que entre trabalhadores expostos apenas a ruído a ocorrência de PAIR foi de 42,5% e entre os trabalhadores expostos a ruído e pesticidas a ocorrência de PAIR foi de 60%. Segundo Ferreira et al. (2012), o tabagismo e a exposição a monóxido de carbono podem potencializar os efeitos negativos do ruído.

Além da perda auditiva, a exposição prolongada ao ruído pode causar alterações cardiovasculares, psicológicas e respiratórias, distúrbios do sono, disfunções no sistema imunológico, irritabilidade e fadiga, além de diminuir o desempenho do trabalhador nas suas funções, aumentando a possibilidade de ocorrerem acidentes de trabalho (MASSA et al., 2012).

De acordo com a NR-15, o limite de exposição ocupacional ao ruído é de 85 dB(A) para uma jornada de trabalho de 8 horas diárias. Acima desse valor o trabalho passa a ser considerado insalubre. No entanto, para manutenção do conforto o valor máximo de exposição ao ruído é de 65 dB(A), de acordo com a NR-17, que trata da Ergonomia no ambiente de trabalho.

Na Norma de Higiene Ocupacional 01 (FUNDACENTRO, 2001), é introduzido o conceito de incremento de duplicação da dose (q). Este é o incremento em decibéis, que quando adicionado a um determinado nível, implica a duplicação da dose de exposição ou a redução para a metade do tempo máximo permitido. De acordo com a NHO 01 o valor de q é igual a 3 dB(A), pois ao somar esse valor a determinado nível de ruído, duplica-se o nível de pressão sonora.

O ruído no interior das cabines de máquinas florestais, em condições normais de operação, é inferior aos limites de exposição ocupacional, mas superior aos valores recomendados para manutenção do conforto e da eficiência do operador. Num estudo em que avaliaram a exposição ocupacional ao ruído durante a operação de *Harvesters* e *Forwarders* na colheita de Pinus, Messingerová et al. (2005) encontraram nível de ruído equivalente de 69,9 dB(A) para *Harvesters* e de 74,0 dB(A) para *Forwarders*. De acordo com os autores a diferença se deve ao fato de os *Forwarders* permanecerem maior tempo em deslocamento, que é a fase da operação que gera mais ruído na cabine. Minette et al. (2007) avaliaram a exposição ocupacional ao ruído entre operadores de máquinas de três empresas florestais no Brasil e observaram que em apenas uma das empresas os limites de tolerância, equivalentes a 85 dB(A), foram ultrapassados. Nas demais empresas, apesar de os níveis de ruído estarem abaixo do limite de tolerância, os valores encontrados foram altos o suficiente para serem considerados fonte de desconforto para os operadores, já que o nível de ruído para fins de conforto não deve ser superior a 65 dB(A).

3.2.1.2 Vibração

Nas atividades de colheita florestal mecanizada, os operadores são expostos a Vibração de Corpo Inteiro, que pode trazer inúmeros prejuízos a saúde e ao conforto dos trabalhadores. Em longo prazo os indivíduos expostos podem sofrer efeitos adversos nos sistemas gastrointestinal e urogenital, além dos distúrbios lombares (WIKSTROM et al., 1994).

Os níveis de vibração variam de acordo com o terreno e de acordo com as fases da operação. Numa pesquisa sobre a exposição de operadores de *Forwarders* a vibração de corpo inteiro, Rehn et al. (2005) concluíram que os maiores níveis de vibração ocorrem durante as viagens, especialmente durante a viagem sem carga. Esses mesmos autores detectaram variações significativas nos níveis de vibração de *Forwarders* de diferentes marcas e entre terrenos de características diferentes, sugerindo que as avaliações de vibração devem ser realizadas nas várias situações ocupacionais existentes,

para se retratar melhor a realidade dos trabalhadores. Resultados semelhantes foram obtidos por Cation et al. (2008), em trabalho no qual avaliaram a exposição a vibração e corpo inteiro durante a operação de *Skidders*, tratores florestais utilizados no arraste de madeira em toras longas. Nesta pesquisa os resultados indicaram haver diferença significativa entre os níveis de vibração durante a viagem com carga e a viagem sem carga. Além disso, foi constatado que os níveis de vibração são maiores no assento do que no chassi, o que demonstra que o assento não é capaz de atenuar a vibração de forma satisfatória.

A vibração transmitida aos trabalhadores durante a operação pode ser amenizada pela suspensão dos tratores florestais. Nesse sentido, Fleury e Mistrot (2006) desenvolveram um modelo computacional para auxiliar no design de suspensões para o assento de tratores pesados de forma a diminuir os níveis de vibração e reduzir a intensidade dos choques sentidos durante a operação.

Apesar das pesquisas realizadas sobre os efeitos da exposição ocupacional a vibração de corpo inteiro, ainda há pouca informação em relação a dose-resposta e a mecanismos envolvidos no desenvolvimento das dores e doenças associadas. Por isso a melhor forma de prevenção é a redução da vibração ao menor nível possível (LINGS e LEBOEUF-YDE, 2000).

3.1.2.3 Qualidade do ar

Um ambiente laboral com boa qualidade do ar é aquele no qual a atmosfera no posto de trabalho está livre de contaminantes. A presença de gases, poeira e microrganismos no ar pode ser uma fonte de doenças para os operadores de máquinas florestais, além de afetar as condições de conforto durante a operação. Em estudo sobre a exposição de operadores de máquinas florestais a esses fatores de risco, KALLUNKI et al. (2004) chegaram a conclusão de que a exposição em condições normais de operação é baixa, desde que a cabine seja mantida fechada e os filtros sejam limpos e trocados periodicamente. Apesar de os riscos respiratórios serem baixos, a exposição a

óleos e solventes pode levar a contaminação da pele, especialmente durante reparos e manutenções.

3.2.1.4 Ambiente térmico

Uma das características intrínsecas ao trabalho florestal é que ele é realizado a céu aberto, de forma que os trabalhadores estão constantemente expostos às condições climáticas e às intempéries do tempo. O ambiente térmico é um fator determinante na produtividade dos trabalhadores. O setor florestal carece de estudos que relacionem a produtividade de trabalhadores com o ambiente térmico no trabalho. No entanto, Mohamed e Srinavin (2002) desenvolveram uma equação de regressão linear relacionando as condições térmicas do ambiente com a produtividade de trabalhadores da construção civil e observaram que a produtividade cai à medida que as condições térmicas do ambiente se afastam do seu ponto ótimo.

As condições de desconforto térmico não são causadas apenas pelas variáveis ambientais, mas o vestuário, a taxa metabólica do trabalhador e até mesmo seu gênero irão influenciar a sensação de conforto térmico durante o trabalho (ASHLEY et al., 2008). Os fatores ambientais devem ser constantemente monitorados para garantir um ambiente de trabalho seguro e confortável. Os fatores pessoais dos trabalhadores também podem ser trabalhados através de programas de apoio psicológico e econômico (DOLLARD et al., 2000)

Quando o organismo está desenvolvendo uma atividade fora da zona de conforto térmico, a velocidade de reação do trabalhador nas tarefas diminui; ocorre perda de precisão, perda de continuidade e diminuição da vigilância, o que torna o ambiente impróprio para o trabalho mental e, ainda, aumenta a incidência de acidentes, principalmente aqueles sem maior gravidade (ALVES et al., 2002). No caso das atividades de colheita florestal mecanizada, a carga mental é elevada, já que as atividades têm que ser realizadas com qualidade e o risco de acidentes é alto.

Na operação de máquinas florestais com cabines fechadas, o operador fica mais protegido das intempéries e de fatores externos, no entanto o trabalho não é isento de riscos. As cabines que possuem grande área de vidro podem ter comportamento térmico semelhante a estufas e concentrar o calor em seu interior (RUZIC e CASNJI, 2012). Segundo esses autores, as principais formas de se manter o interior da cabine em condições térmicas adequadas são: prevenir o ganho de calor pela cabine, usando as técnicas de reflexão da luz solar; diminuir a transferência de calor para o corpo do operador por radiação térmica e resfriando o corpo do operador com o uso de ar condicionado.

No caso de máquinas de cabine fechada, a manutenção adequada do sistema de condicionamento de ar é fundamental. Quando as máquinas trabalham com defeito no ar condicionado, o problema deixa de ser de conforto térmico e passa a ser de sobrecarga térmica. De acordo com Wasterlund (1998), o stress térmico provoca fadiga ao trabalhador e reduz sua produtividade. Quando o organismo encontra dificuldades para dissipar o excesso de calor para o meio ambiente o trabalhador pode sofrer insolação, câimbras e até exaustão provocada pelo calor. As medidas adotadas pelo corpo humano, como vaso dilatação, aumento da frequência cardíaca e sudorese dependem de características individuais, tais como idade, sexo, grau de obesidade e sensibilidade individual.

As consequências da incidência de radiação solar sobre a pele podem ser agudas, como eritema ou queimadura, espessamento, elevação da temperatura, bronzeamento e pigmentação imediata; ou crônicas, como fotoenvelhecimento ou câncer (SCHALKA et al., 2014). Além disso, a situação de desconforto causada pela exposição excessiva aos raios solares faz com que o trabalhador diminua sua percepção sobre os riscos do ambiente de trabalho e fique mais susceptível a acidentes. A cabine das máquinas florestais pode fornecer proteção adequada, mas para isso é importante que a área do corpo do operador atingida pelos raios solares seja a menor possível.

3.3 Fatores do Posto de Trabalho

Neste estudo considera-se posto de trabalho o local onde o trabalhador realiza as atividades rotineiras de um dia típico de trabalho, durante a maior parte da jornada. Lida (2005) afirma que postos de trabalho inadequados provocam estresses musculares, dores e fadiga que, às vezes, podem ser resolvidas com providências simples, como adequação das características antropométricas, melhoria do *layout* ou concessão de pausas no trabalho.

As dimensões do posto de trabalho e a postura adotada durante o trabalho são fatores determinantes na sensação de conforto dos trabalhadores. Para os operadores de máquinas florestais, o acesso à cabine, as dimensões da cabine e do assento e a localização dos comandos e controles são elementos do posto de trabalho que exercem influência na postura de trabalho e na sensação de segurança e conforto durante a operação. A maior parte das máquinas florestais utilizadas no Brasil apresenta deficiências ergonômicas em relação a esses itens, no entanto, algumas máquinas têm um número de Não Conformidades maior que outras, conforme verificado por Minette et al. (2008).

Em pesquisa realizada com operadores de máquinas pesadas, o fator considerado mais importante para o conforto dos trabalhadores foi o conforto do assento, seguido do controle do clima no interior da cabine (KUIJT-EVERS et al., 2003). Um dos fatores que exercem maior influência na sensação e conforto de motoristas é a distribuição do peso no assento (DE LOOZE et al., 2003). Como os operadores de máquinas florestais permanecem a maior parte do tempo sentados no posto de trabalho, as dimensões do assento devem permitir uma boa distribuição de peso para operadores de diferentes estaturas. Os resultados encontrados por Fontana e Seixas (2007) indicam que as máquinas florestais possuem diversos comandos fora da área de ótimo alcance, no entanto a maior parte desses comandos é pouco acionada durante a jornada de trabalho.

O campo de visão do operador é de fundamental importância para o desenvolvimento de uma atividade eficiente, segura e confortável, já que uma parte significativa da percepção do operador sobre o ambiente que o cerca se

dá de forma visual. Em tratores florestais com boas condições de visibilidade, o operador poderá manter uma postura de trabalho mais adequada durante a operação. Entre outros fatores, a visibilidade no interior de tratores é influenciada pela quantidade e disposição de janelas, pelas dimensões do trator, pelo sistema de iluminação do trator e pela presença de obstáculos, como braços hidráulicos ou guias. Barron et al. (2005) desenvolveram um método simples para a avaliação do campo de visão de operadores de tratores no que diz respeito a ergonomia e segurança das atividades desenvolvidas.

Em estudo sobre as condições de segurança dos acessos e saídas de máquinas agrícolas, Mattar et al. (2010) observaram que todos os tratores analisados possuíam deficiências nestes aspectos, no entanto havia tendência de maiores condições de segurança nos tratores de maior potência nominal do motor, que são os tratores de maior valor econômico.

3.4 Desenvolvimento e Uso de Índices

A principal vantagem no uso de índices é sua capacidade de síntese em comparações que envolvem diversos elementos de um conjunto, permitindo inclusive o monitoramento de indicadores ao longo do tempo. Os índices expressam em um só valor resultados obtidos de investigações e análises detalhadas da realidade. São dependentes delas na medida em que objetivam traduzir numericamente certos fenômenos por meio de valores que expressam uma posição relativa em relação a determinado ponto tomado como parâmetro (VAITSMAN et al., 2003). Estes autores desenvolveram o Índice de Percepções Organizacionais com a aplicação de questionários para cujas perguntas foram atribuídos escores. O peso que cada variável teve no valor final do índice foi atribuído pelos autores de acordo com seu julgamento sobre a relevância desses aspectos.

No desenvolvimento de um método de construção do índice de desenvolvimento local sustentável, Silva et al. (2009) analisaram vários critérios de indicadores de sustentabilidade, comparando-os com o uso de

uma escala de importância. A ponderação dos indicadores utilizou pesos atribuídos por colaboradores locais.

Em trabalho que tratou da elaboração e validação de escala de depressão para idosos, Giavoni et al. (2008) utilizaram escalas associadas a frases que buscavam exprimir nuances de componentes causadores de depressão, pedindo aos participantes da pesquisa para indicar na escala visual o quanto cada item aplicava-se a si mesmo. Em seguida foram utilizadas análises de regressão para verificar o quanto cada variável influenciava na incidência da depressão.

No Butão, país localizado no sul da Ásia, foi desenvolvido o índice de Felicidade Interna Bruta como uma forma de avaliar o nível de felicidade da população e orientar as políticas públicas do país. Este índice é composto por 33 indicadores divididos em nove domínios, para os quais foram atribuídos pesos iguais na composição do índice final. Os nove domínios considerados na determinação do índice são: Padrão de vida, bem-estar psicológico, saúde, uso do tempo, educação, diversidade cultural, bom governo, vitalidade da comunidade e diversidade ecológica e resiliência. Desta forma, uma pessoa pode ser considerada feliz se alcançar suficiência em pelo menos 70% dos domínios. O índice de Felicidade Interna bruta é determinado pela seguinte equação, onde: U = % de pessoas infelizes e I = % média de privações entre os infelizes: $GNH = 1 - (U \times I)$ (URA et al., 2011). Esse índice é questionado pela comunidade científica por conter indicadores subjetivos.

No ramo da Higiene Ocupacional, um dos exemplos do uso de índices é o Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG), utilizado na avaliação de sobrecarga térmica. Este índice foi criado na década de 1950 para avaliar condições de sobrecarga térmica durante treinamentos do Exército e da Marinha norte americanos.

De acordo com Budd (2008) as principais limitações desse método são as respostas inadequadas a variações na umidade e velocidade do ar, subestimando o stress térmico em situações de evaporação restrita. Isso se deve a demora do resfriamento do termômetro de globo, que demora cerca

de 30 minutos para se estabilizar, e ao fato de a Temperatura de Bulbo Úmido Natural ter um peso constante de 0,7 na determinação do índice, considerado excessivo para temperaturas baixas e inadequado para temperaturas muito elevadas. Alternativas ao uso do termômetro de globo vêm sendo testadas para simplificar a avaliação da temperatura radiante. Entre elas destaca-se de um sensor luminoso de fácil uso e 5 mm de diâmetro, com boa correlação com os resultados obtidos com o uso do termômetro de globo (Moran et al., 2001a).

O IBUTG não é o único índice utilizado na avaliação do ambiente térmico. O índice de Temperatura Efetiva considera a temperatura, velocidade e umidade do ar e é utilizado para avaliação de conforto térmico. Outro índice foi proposto por Moran et al. (2001b), como um substituto para o IBUTG. De acordo com os autores, o Índice de Stress Ambiental (ESI) considera a temperatura do ar, a umidade do ar e a radiação solar de forma direta, enquanto o IBUTG considera alguns desses fatores de forma indireta.

Os índices também são utilizados em avaliações ergonômicas, especialmente na avaliação do risco de LER/DORT. O uso de índices pode ter grande valia no sentido de identificar as tarefas ou postos de trabalho que mais expõem os trabalhadores a riscos de lesões e priorizar as melhorias nestes postos de trabalho. Dane et al. (2002) desenvolveram índices de exposição ergonômica a partir do relatos de 92 trabalhadores de escritórios com sintomas de LER/DORT, utilizando um questionário estruturado que abordava questões relacionadas a variáveis demográficas, constrangimentos ergonômicos do trabalho, dor, stress e limitações funcionais. Esses autores observaram que os relatos de constrangimentos ergonômicos tinham alta associação com a ocorrência de dor nos membros superiores, com a severidade dos sintomas e com as limitações funcionais.

O Índice TOR-TOM, desenvolvido por COUTO (2012) é utilizado em avaliações ergonômicas de tarefas repetitivas. Na determinação desse índice são considerados os fatores repetitividade, força, peso movimentado, postura em desvio, esforço estático, carga mental, dispêndio energético, ambiente físico e postura básica. Esse índice indica a Taxa de Ocupação Máxima para o trabalhador em determinada atividade e sua relação com a

Taxa de Ocupação Real do trabalhador. Quando a Taxa de Ocupação Real é maior que a Taxa de Ocupação Máxima, o trabalho deve ser reorganizado com a inclusão de pausas de recuperação para os trabalhadores.

O WAI - *Work Ability Index* foi desenvolvido em 1981 como uma forma de avaliar o quanto um trabalhador é capaz de realizar seu trabalho, no que diz respeito às exigências da tarefa, as suas condições de saúde física e mental. De acordo com Ilmarinem et al. (2005), os fatores que mais afetam a capacidade laboral são a idade e as condições de saúde do trabalhador, suas condições físicas e os constrangimentos mentais impostos pela atividade. No entanto, Goedhard e Goedhard (2005) afirmam que o resultado final do WAI é determinado de forma mais significativa por fatores relacionados ao ambiente de trabalho e as condições de trabalho. Em pesquisa sobre os aspectos do trabalho florestal na Croácia, Landekic et al. (2013) utilizaram o WAI – como ferramenta de auxílio na análise ergonômica do trabalho em máquinas florestais. Para isso foi utilizado um questionário no qual os próprios trabalhadores avaliavam as condições de trabalho respondendo a questões de Sim/Não e questões que se utilizavam da escala Likert. A escala Likert é utilizada em pesquisas de opinião nas quais os participantes indicam seu nível de concordância com determinada afirmação, sendo composta por cinco itens, variando de “concordo totalmente” a “discordo totalmente”. No referido trabalho, para cada resposta era atribuída uma pontuação e o somatório dos pontos equivalia ao WAI referido anteriormente.

Com o intuito de avaliar as condições ergonômicas de tratores agrícolas utilizados no sul do Brasil, Debiasi et al. (2004) trabalharam no desenvolvimento de um coeficiente parcial de ergonomia e segurança para tratores agrícolas. Neste trabalho foi criada uma lista de itens para verificação, de forma que a ausência de um item determinava nota zero e a presença determinava nota 10. Na composição do valor final do índice, cada fator tinha um peso diferente, atribuído de maneira subjetiva pelos autores. Concluiu-se com o estudo que que grande parte dos tratores avaliados apresentava más condições de ergonomia, principalmente entre as máquinas mais antigas.

Os índices ergonômicos foram utilizados por Fernandes et al. (2011) na avaliação ergonômica de tratores florestais. Neste trabalho foram analisados os aspectos ergonômicos de um *Feller Buncher*, trator florestal capaz de abater e acumular árvores, formando feixes e depositando-os sobre o solo. As dimensões da cabine, do assento do operador e do acesso a cabine foram comparadas com as dimensões recomendadas pelas diretrizes ergonômicas para máquinas florestais do guia Skogforsk (1999). Este trabalho, no entanto, não ofereceu como resultado um valor único que permitisse a comparação entre diferentes modelos do referido trator florestal.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Máquinas florestais avaliadas

Neste trabalho foi realizada avaliação ergonômica de *Harvesters* e *Forwarders* utilizados nas atividades de colheita e extração de madeira de eucalipto para a indústria de celulose. Os *Harvesters* realizavam as operações de derrubada, desgalhamento, descascamento e traçamento das árvores. Os *Forwarders* realizavam o baldeio das toras de madeira processadas pelos *Harvesters* até as margens da estrada. Foram avaliados *Harvesters* de quatro marcas, identificados como HV1, HV2, HV3 e HV4. Foram avaliados *Forwarders* de duas marcas, identificados como FW1 e FW2. Todas as máquinas florestais atuavam simultaneamente em um mesmo sítio, de forma que as características do terreno e a organização do trabalho não foram consideradas na avaliação e na determinação do índice de Qualidade Ergonômica. As avaliações foram realizadas durante dias típicos de trabalho, ou seja, dias em que era realizado trabalho rotineiro, representativo dos demais dias de trabalho. As coletas de dados foram realizadas em dias ensolarados, em terreno plano, com poucos restos culturais. As características das máquinas florestais avaliadas são apresentadas na Tabela 01:

Tabela 01: Especificações técnicas dos *Harvesters* e *Forwarders* avaliados

Características	<i>Harvesters</i>				<i>Forwarders</i>	
	HV1	HV2	HV3	HV4	FW1	FW2
Massa (kg)	23.500	20.000	21.000	21.000	21.800	19.100
Largura (mm)	3.180	3.085	3.090	2.900	3.300	3.170
Tanque de combustível (L)	550	380	350	350	270	210
Rodado	Pneus 6x6	Pneus 6x6	Esteiras	Esteiras	Pneus 8x8	Pneus 8x8
Potência (kW)	210	205	123	155	205	170
Torque (Nm)	1.300	1.100	730	750	1.100	1.000
Capacidade máxima de carga (kg)	-	-	-	-	18.000	18.000
Ano fabricação	2014	2010	2012	2013	2012	2013
Horas de uso	1.300	14.500	10.400	8.700	9.300	7.200

4.2 Seleção dos fatores ergonômicos

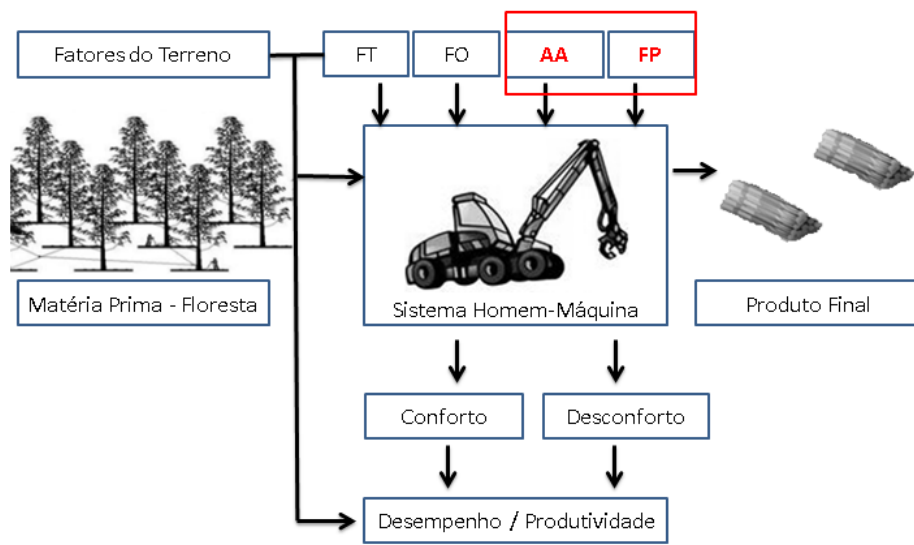
Os principais fatores ergonômicos presentes na operação de máquinas florestais são: fatores pessoais dos trabalhadores, fatores do terreno, fatores organizacionais, agentes ambientais e fatores do posto do trabalho.

Em primeiro lugar, destacam-se os fatores pessoais dos operadores, como idade, sexo, condições de saúde, condições socioeconômicas, habilidade em operar a máquina, tempo de operação, entre outros. Esses fatores são inerentes a cada trabalhador e não podem ser controlados pelas empresas, no entanto deve ser dada atenção especial eles, de acordo com os princípios da Ergonomia, de adaptação do trabalho as condições físicas e psicológicas do trabalhador.

Os fatores do terreno, como inclinação, tipo de solo, cobertura vegetal e restos culturais devem ser considerados no planejamento das operações florestais no sentido de diminuir esforços desnecessários e melhorar o rendimento do trabalho. Como o trabalho florestal é realizado em diferentes tipos de terrenos, as máquinas florestais utilizadas devem ser capazes de proporcionar conforto aos operadores durante a maior parte possível das operações.

Os fatores organizacionais, como organização dos turnos de trabalho e das pausas de recuperação, as metas de produção, o relacionamento do operador com seus colegas e com seus superiores, o stress e a monotonia, exercerão influência na sensação de bem estar e conforto durante o trabalho. Dessa forma, a duração dos turnos de trabalho, a duração e a distribuição das pausas ao longo da jornada e todos os outros fatores organizacionais citados devem ser objeto de avaliação criteriosa, no sentido de se proporcionar um ambiente de trabalho saudável, onde se possa obter os melhores resultados dos trabalhadores.

Apesar de constituírem elementos que exercem influência na sensação de bem estar e conforto durante o trabalho, os fatores pessoais dos trabalhadores, os fatores do terreno e os fatores organizacionais não foram considerados na metodologia de determinação do Índice de Qualidade Ergonômica (IQE) proposto neste trabalho, pois seu objetivo é incluir apenas fatores relacionados às máquinas florestais. Dessa forma, os fatores selecionados para compor o IQE foram os Agentes Ambientais e os Fatores do Posto de Trabalho. Na Figura 3 estão apresentados os fatores que afetam o conforto dos operadores de máquinas florestais.



FT = Fatores pessoais dos trabalhadores; FO = Fatores Organizacionais; AA = Agentes Ambientais; FP = Fatores do Posto de Trabalho.

Figura 3: Fatores ergonômicos das atividades de colheita florestal, com destaque para os fatores selecionados para compor o IQE.

Tanto os Agentes Ambientais como os Fatores do Posto de Trabalho estão relacionados a características das máquinas florestais avaliadas. A denominação “Agentes Ambientais” foi adotada neste trabalho por ser esse o termo técnico utilizado na Ergonomia e na Higiene Ocupacional para designar os agentes físicos, químicos ou biológicos que estão presentes no ambiente de trabalho e podem afetar a saúde dos trabalhadores.

Os Agentes Ambientais considerados na determinação do IQE proposto neste trabalho foram o ruído, a vibração, o ambiente térmico e a qualidade do ar no interior da cabine. Foram considerados como Fatores do Posto de Trabalho: dimensões dos acessos e do interior da cabine, dimensões do assento do operador e visibilidade.

4.3 Avaliação dos fatores ergonômicos

Os fatores ergonômicos foram avaliados e a eles foram atribuídas pontuações, de acordo com o atendimento aos critérios descritos anteriormente. Um Índice de Qualidade Ergonômica parcial (IQEp) foi calculado para cada fator de acordo com a Equação 1.

$$\text{IQEp} = 1 - \text{NC} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

IQEp = Índice de Qualidade Ergonômica parcial

NC = Valor atribuído à Não Conformidade

4.3.1 Agentes ambientais

4.3.1.1 Ruído

A avaliação de ruído contínuo foi feita com uso de um dosímetro 01dB-Metravib Wed007 operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta. As leituras foram realizadas com o instrumento fixado próximo ao ouvido do trabalhador, durante todo o turno de trabalho. A Norma Regulamentadora número 15 (NR 15) regulamenta o nível de exposição do trabalhador ao ruído, para fins de insalubridade. Para uma jornada de 8 horas de trabalho, o máximo estabelecido é de 85 dB(A) e o tempo máximo de exposição permitido diminui progressivamente com o aumento do nível de ruído. A Norma Regulamentadora número 17 (NR 17) regulamenta o nível de exposição do trabalhador ao ruído, para fins de conforto no local de trabalho. Neste caso o valor máximo de ruído para atividades que exigem solicitação intelectual e atenção constante é de 65 dB(A).

Para as máquinas que apresentaram nível de ruído equivalente (L_{eq}) menor ou igual a 65 dB(A), o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 0 (NC = 0). Para as máquinas com nível de ruído entre 65 dB(A) e 68 dB(A), o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 1/7 (NC = 1/7). Para as máquinas com nível de ruído entre 68 e 71 dB(A), o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 2/7 (NC = 2/7). Para as máquinas com nível de ruído entre 71 e 74 dB(A), o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 3/7 (NC = 3/7). Para as máquinas com nível de ruído entre 74 e 77 dB(A), o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 4/7 (NC = 4/7). Para as máquinas com nível de ruído entre 77 e 80 dB(A), o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 5/7 (NC = 5/7). Para as máquinas com nível de ruído entre 80 e 83 dB(A), o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 6/7 (NC = 6/7). Para as máquinas com nível de ruído superior a 83 dB(A), o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 7/7 (NC = 7/7).

Dessa forma, máquinas com nível de ruído inferior ao valor estabelecido para fins de conforto obtiveram o maior IQE parcial para ruído ($IQE_{pr} = 1$). A cada incremento de 3 dB(A), o IQE_{pr} sofreu uma penalização de 1/7. O valor de 3 dB(A) foi escolhido como referência com base no conceito de duplicação da dose presente na NHO 01 (FUNDACENTRO, 2001). De acordo com esse

conceito, sempre que houver um incremento de 3 db(A) em determinado nível de ruído, o tempo de exposição deve ser reduzido pela metade, ou a dose será duplicada.

4.3.1.2. Vibração

A avaliação de vibração foi feita com uso de um acelerômetro da marca 01dB-Stell Maestro, de acordo com procedimentos técnicos estabelecidos pela Norma de Higiene Ocupacional 09 (FUNDACENTRO, 2013). Foram avaliados os níveis de vibração de corpo inteiro, obtendo-se a aceleração resultante de exposição normalizada (aren) em cada caso. Cada máquina avaliada era operada por um trabalhador diferente nos dias de coleta.

A norma regulamentadora que trata da vibração é a NR15, cujo Anexo nº 8 determina que caso seja superado o limite de exposição ocupacional diária de Vibração de Corpo Inteiro correspondente a um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de $1,1 \text{ m s}^{-2}$, o trabalho é considerado insalubre. Nesse caso devem ser tomadas medidas preventivas e corretivas no sentido de preservar a saúde e segurança dos trabalhadores. De acordo com a diretiva 2002/44/EC da comunidade europeia, o limite de tolerância é igual a $1,15 \text{ m s}^{-2}$ e o nível de ação é igual a $0,5 \text{ m s}^{-2}$.

Para todas as máquinas que apresentaram um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) menor ou igual a $0,5 \text{ m s}^{-2}$, o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 0 (NC = 0). Para as máquinas que apresentaram um valor de vibração entre $0,5$ e $0,9 \text{ m s}^{-2}$, o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 1/3 (NC = 1/3). Para as máquinas que apresentaram um valor de vibração entre $0,9$ e $1,1 \text{ m s}^{-2}$, o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 2/3 (NC = 2/3). Para as máquinas que apresentaram um valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) superior a $1,1 \text{ m s}^{-2}$, o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 3/3 (NC = 3/3). As pontuações adotadas foram baseadas nos critérios de julgamento e tomada de decisão da NHO 09 (FUNDACENTRO, 2013).

4.3.1.3. Qualidade do ar

A qualidade do ar no interior da cabine foi avaliada de acordo com 3 parâmetros qualitativos. Para cada parâmetro parcialmente atendido foi atribuído valor de Não Conformidade igual a 1/6 (NC = 1/6). Para cada parâmetro não atendido o valor atribuído a Não Conformidade foi igual a 2/6 (NC = 2/6). A pontuação final para o item “Qualidade do ar” foi obtida pela soma dos valores de A, B e C, atribuídos aos parâmetros avaliados. Os parâmetros qualitativos para avaliação da qualidade do ar encontram-se na Tabela 02:

Tabela 02: Parâmetros qualitativos para avaliação da qualidade do ar no interior da cabine de *Harvesters* e *Forwarders*.

NC	A) Filtro de ar
0	Filtro de ar presente, íntegro e com indicação de troca.
1/6	Filtro ausente, com defeito ou sem indicação de troca.
2/6	Cabine aberta.
B) Substituição do filtro	
0	Filtro de fácil acesso e pode ser trocado sem uso de ferramentas.
1/6	Fácil acesso, mas ferramentas necessárias.
2/6	Difícil de substituir e ferramentas necessárias.
C) Percepção do operador	
0	No interior da cabine não há influência de gases de escape e/ou poeira.
1/6	Em condições especiais pode haver influência momentânea de gases de escape e/ou poeira.
2/6	Existem problemas óbvios com gases de escape e/ou poeira.

4.3.1.4. Ambiente Térmico

O ambiente térmico no interior da cabine foi avaliado de acordo com 3 parâmetros qualitativos.

Foram analisados aspectos como: capacidade de manter a temperatura interna adequada mesmo nos dias mais quentes; uniformidade na distribuição da temperatura e porcentagem do corpo do operador atingida pela luz solar incidente, de acordo com avaliação visual realizada durante a operação. Para cada parâmetro não atendido foi atribuído valor de Não Conformidade igual a 1/6 (NC = 1/6), quando o parâmetro foi parcialmente atendido e quando o parâmetro não foi atendido, o valor atribuído a Não Conformidade foi igual a 2/6 (NC = 2/6). A pontuação final para o item “Ambiente Térmico” foi obtida pela soma dos valores de A, B e C, atribuídos aos parâmetros avaliados. Os parâmetros qualitativos para avaliação do ambiente térmico encontram-se na Tabela 03:

Tabela 03: Parâmetros qualitativos para avaliação do ambiente térmico no interior de cabines de *Harvesters* e *Forwarders*.

Situação	A) Temperatura da cabine
0	Temperatura adequada em quaisquer condições climáticas.
1/6	Dificuldade para manter temperatura adequada em dias mais quentes ou muito frios.
2/6	Dificuldade de manter temperatura adequada durante a maior parte do tempo.
B) Uniformidade de temperatura	
0	O fluxo de ar é bem distribuído e não causa incômodo.
1/6	Gradiente de temperatura na cabine.
2/6	Diferenças claras de temperatura na cabine. Correntes de ar inconvenientes.

C) Proteção contra o sol

0 Luz solar incidindo em uma pequena área do operador (até 10% do corpo, por exemplo: braços e mãos)

1/6 Luz solar incidindo sobre até 40% do corpo (por exemplo: peito, abdome e coxas)

2/6 Luz solar incidindo sobre mais que 40% do corpo do operador

4.3.2. Fatores do Posto de Trabalho

Além dos Fatores Ambientais, o IQE proposto neste trabalho leva em consideração fatores relacionados às dimensões e características das máquinas florestais. Nesse sentido, foram incluídas como variáveis o acesso à cabine, as dimensões internas da cabine, a visibilidade durante a operação e assento do operador. Os valores antropométricos adotados como referência nas avaliações foram os presentes no *Checklist* Ergonômico para Máquinas Florestais (ALMQVIST et al., 2006). A altura da cabine e os valores relacionados ao assento do operador foram baseados em publicação técnica da Agência Nacional de Aviação Civil (SILVA, 2009). Essa publicação apresenta um levantamento antropométrico de 5.305 homens brasileiros entre 15 e 87 anos de idade. Na avaliação dos fatores da máquina, foram obtidos Índices de Qualidade Ergonômica parciais para cada fator analisado. Para isso foram realizadas avaliações quantitativas e qualitativas. Os resultados das avaliações quantitativas deram origem aos valores atribuídos às Não Conformidades. Os resultados das avaliações qualitativas deram origem aos valores atribuídos para o Peso das Não Conformidades (PNC). Os IQE parciais para cada fator foram obtidos de acordo com a Equação 2:

$$\text{IQEp}' = 1 - \text{NC} \times \text{PNC} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

IQEp' = Índices de Qualidade Ergonômica parciais que compõe o item “posto de trabalho”.

NC = Valor atribuído à Não Conformidade

PNC = valor atribuído ao Peso da Não Conformidade

A pontuação final do item posto de trabalho foi obtida pela média aritmética dos 4 itens considerados na avaliação, de acordo com a Equação 3:

$$IQEpt = \frac{IQEac + IQEdc + IQEvs + IQEao}{4} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

IQEpt = IQE parcial para o posto de trabalho

IQEac = IQE parcial para o acesso à cabine

IQEdc = IQE parcial para dimensões internas da cabine

IQEvs = IQE parcial para visibilidade

IQEao = IQE parcial para assento do operador

4.3.2.1 Acesso à cabine

O item “Acesso à cabine” é composto por 12 parâmetros quantitativos e três qualitativos. Os valores utilizados na avaliação quantitativa foram determinados utilizando dados de levantamento antropométrico realizado pela ANAC (SILVA, 2009) e valores recomendados por SKOGFORSK (1999). Foram escolhidos os valores mais favoráveis ao trabalhador em cada caso. Para cada um dos parâmetros quantitativos não atendidos foi atribuído valor de Não Conformidade igual a 1/36 (NC = 1/36). O valor final de Não Conformidade para este item foi calculado pela soma dos valores de Não Conformidade atribuídos durante a avaliação. As variáveis consideradas na avaliação do acesso à cabine das máquinas florestais são apresentadas no Tabela 04.

Tabela 04: Variáveis consideradas na avaliação do acesso a cabine de *Harvesters* e *Forwarders*.

Item	Valor
A) Distância vertical do piso ao corrimão	85 – 130 cm
B) Distância vertical último degrau ao corrimão	85 – 100 cm
C) Piso ao primeiro degrau	< 40 cm
D) Inclinação máxima	< 50°
E) Distância entre degraus	20 - 30 cm
F) Profundidade do degrau	> 24 cm
G) Distância horizontal do último degrau ao piso da cabine	< 15 cm
H) Distância entre o primeiro degrau e a inserção do corrimão	< 63 cm
I) Largura do degrau	> 40 cm
J) Largura da porta na parte inferior	> 45 cm
K) Largura da porta no centro	> 65 cm
L) Altura da porta	> 170 cm

Os valores atribuídos aos parâmetros qualitativos atuaram como pesos a serem multiplicados pelo valor final das Não Conformidades. Para cada parâmetro qualitativo atendido o valor atribuído foi de 1/3 (PNC = 1/3). Para cada parâmetro parcialmente não atendido o valor atribuído para o Peso da Não Conformidade foi igual a 2/3 (PNC = 2/3). Para cada parâmetro não atendido, foi atribuído valor do Peso da Não Conformidade igual a 3/3 (PNC =

3/3). O valor final do PNC foi obtido pela soma dos valores de A, B e C, atribuídos aos parâmetros avaliados. Os parâmetros qualitativos para avaliação do acesso à cabine encontram-se na Tabela 05:

Tabela 05: Parâmetros qualitativos para avaliação do acesso à cabine de *Harvesters* e *Forwarders*.

PNC	A) Risco de escorregar
1/3	Degraus com boa aderência e mínimo risco de escorregamento.
2/3	Dificuldades em manter degraus limpos.
3/3	Pneus ou esteiras sendo utilizados.
B) Porta da cabine	
1/3	Porta da cabine fácil de manusear e permanece aberta quando a máquina está inclinada ou exposta a ventos.
2/3	Porta da cabine não é suficientemente fácil e manusear ou não pode ficar sempre aberta quando necessário. Não há risco de esmagar membros.
3/3	Porta pesada e difícil de lidar, não permanece aberta quando necessário.
C) Saída de emergência	
1/3	Além da entrada principal da cabine há pelo menos uma saída de emergência com suficiente espaço para escape.
3/3	Saída de emergência com espaço limitado ou ausente.

4.3.2.2 Dimensões internas da cabine

O item “Dimensões internas da cabine” é composto por sete parâmetros quantitativos e dois qualitativos. Os valores utilizados na avaliação quantitativa foram determinados utilizando dados de levantamento antropométrico realizado pela ANAC (SILVA, 2009) e valores recomendados por SKOGFORSK (1999). Os valores considerados na avaliação quantitativa do interior da cabine encontram-se na Tabela 06.

Tabela 06: Variáveis consideradas na avaliação das dimensões internas da cabine de *Harvesters* e *Forwarders*.

Item	Valor (cm)
A) Altura da cabine	185
B) Largura da cabine	100
C) Espaço para movimentação do assento	172
D) Espaço atrás do assento	55
E) Espaço entre assento e painel dianteiro na altura da cabeça	65
F) Espaço para os joelhos	82
G) Espaço para os pés	115

Para cada um dos parâmetros quantitativos não atendidos foi atribuído valor de Não Conformidade igual a 1/14 (NC = 1/14). O valor final de Não Conformidade para este item foi calculado pela soma dos valores de Não Conformidades atribuídos durante a avaliação. Os valores atribuídos aos parâmetros qualitativos atuaram como pesos a serem multiplicados pelo valor final das Não Conformidades. Para cada parâmetro qualitativo atendido o valor atribuído foi de 1/2 (PNC = 1/2). Para cada parâmetro qualitativo não atendido o valor atribuído para o Peso da Não Conformidade foi igual a 2/2 (PNC = 2/2). O valor final do PNC foi obtido pela soma dos valores de A e B, atribuídos aos parâmetros avaliados. Os parâmetros qualitativos para avaliação das dimensões internas da cabine encontram-se no Tabela 07:

Tabela 07: Parâmetros qualitativos considerados na avaliação das dimensões internas das cabines de *Harvesters* e *Forwarders*.

PNC	A) Proteção do operador
1/2	O operador é protegido contra objetos que poderiam penetrar a cabine.
2/2	Falta proteção adequada.
B) Espaço para objetos	
1/2	Há espaço suficiente para kit de primeiros socorros, manuais e itens pessoais.
2/2	Não é plenamente adequado.

4.3.2.3 Visibilidade

O item “Visibilidade” é composto por quatro parâmetros qualitativos. Para os parâmetros que estavam em conformidade foi atribuído valor de Não Conformidade igual a 0. Para cada um dos parâmetros parcialmente não atendidos foi atribuído valor de Não Conformidade igual a 1/8 (NC = 1/8). Para cada um dos parâmetros não atendidos, o valor atribuído foi igual a 2/8 (NC = 2/8). O valor final de Não Conformidade para este item foi calculado pela soma dos valores de Não Conformidades A, B, C e D, atribuídos durante a avaliação. Os parâmetros qualitativos para avaliação da visibilidade do trabalhador no interior da cabine encontram-se no Tabela 08:

Tabela 08: Parâmetros qualitativos considerados na avaliação da visibilidade dos trabalhadores no interior das cabines de *Harvesters* e *Forwarders*.

NC	A) Visibilidade do chão
0	Boa visibilidade frontal e lateral a partir do posto de trabalho.
1/8	Visibilidade frontal e lateral a partir do posto de trabalho prejudicadas pelo <i>design</i> da máquina.

2/8 Obstruções nítidas impedem a visualização de objetos próximos à máquina.

B) Visibilidade vertical

0 Boa visibilidade vertical a partir do posto de trabalho.

1/8 Área limitada de visão vertical.

2/8 Problemas óbvios com visibilidade vertical.

C) Visibilidade operacional

0 Visibilidade livre em todas as direções utilizadas. Operador não precisa mudar de posição para enxergar a área de trabalho.

2/8 Ocasionalmente, obstruções forçam o operador a utilizar posturas desfavoráveis.

D) Limpeza das janelas

0 Todas as janelas estão equipadas com um sistema de limpeza.

1/8 Limpeza das janelas com pequenos problemas.

2/8 Limpeza das janelas muito deficiente. Deficiências em relação à limpeza manual.

4.3.2.4 Assento do operador

O item “Assento do operador” é composto por 12 parâmetros quantitativos. Para cada parâmetro não atendido foi atribuído valor de Não Conformidade igual a 1/12 ($NC = 1/12$). Os valores utilizados na avaliação quantitativa foram determinados com base em dados de levantamento antropométrico realizado pela ANAC (SILVA, 2009) e valores recomendados por SKOGFORSK (1999) e são apresentados na Tabela 09.

Tabela 09: Variáveis consideradas na avaliação do assento de *Harvesters* e *Forwarders*.

Item	Valor indicado
Amplitude de ajuste horizontal do assento	> 24 cm
Amplitude de ajuste vertical do assento	39 a 51 cm
Rotação lateral do assento	+/- 10° a 15°
Inclinação do conjunto assento + encosto	> 20 °
Inclinação do assento	-15° a 8°
Inclinação do encosto	-5° a 30°
Distância entre apoios para os braços	31 a 47 cm
Giro horizontal do apoio para os braços	30° para dentro 15° para fora
Amplitude de ajuste de altura do apoio para os braços	12 a 27 cm
Ajuste de inclinação do apoio para os braços	- 30° a 0°
Comprimento do apoio para os braços	20 a 30 cm
Inclinação lateral do assento	+/- 10°

4.4 Desenvolvimento do Índice de Qualidade Ergonômica

Os fatores ergonômicos considerados na determinação do Índice de Qualidade Ergonômica (IQE) foram os seguintes: Agentes Ambientais (ruído, vibração, qualidade do ar e ambiente térmico) e Fatores do Posto de Trabalho (acesso à cabine, dimensões da cabine, visibilidade do operador e assento do operador).

O Índice de Qualidade Ergonômica (IQE) foi obtido de uma média aritmética dos IQEp de todos os fatores considerados, de acordo com a Equação 4:

$$IQE = \frac{IQEpr + IQEpv + IQEpg + IQEpat + IQEppt}{5} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

IQEpr = Índice de qualidade Ergonômica parcial para ruído

IQEpv = Índice de qualidade Ergonômica parcial para vibração

IQEpq = Índice de qualidade Ergonômica parcial para qualidade do ar

IQEpat = Índice de qualidade Ergonômica parcial para ambiente térmico

IQEpt = Índice de qualidade Ergonômica parcial para o posto de trabalho

4.4.1 Distribuição dos Índices em Classes

De acordo com a metodologia proposta, índices com valores mais próximos de zero representam condições ergonômicas inferiores, enquanto índices mais próximos de 1 representam melhores condições ergonômicas. Para se estabelecer uma melhor comparação entre as máquinas florestais avaliadas, os valores dos IQE foram divididos em cinco classes. O critério estabelecido para determinar o valor de IQE correspondente a cada Classe considerou que:

- ✓ Na Classe 1 – Excelente, o valor mínimo de IQE deveria ser correspondente ao de uma máquina cujo ruído fosse menor ou igual a 65 dB(A); a vibração fosse menor ou igual a 0,3 m s⁻²; o ambiente térmico, a qualidade do ar e o posto de trabalho apresentassem apenas uma Não Conformidade parcial cada.
- ✓ Na Classe 2 - Bom, o valor mínimo de IQE deveria ser correspondente ao de uma máquina cujo ruído fosse menor ou igual a 70 dB(A); a vibração fosse menor ou igual a 0,5 m s⁻²; o ambiente térmico, a qualidade do ar e o posto de trabalho apresentassem apenas duas Não Conformidades parciais cada.
- ✓ Na Classe 3 - Regular, o valor mínimo de IQE deveria ser correspondente ao de uma máquina cujo ruído fosse menor ou igual a 75 dB(A); a vibração fosse menor ou igual a 0,7 m s⁻²; o ambiente térmico, a qualidade do ar e o posto de trabalho apresentassem apenas três Não Conformidades parciais cada.
- ✓ Na Classe 4 - Ruim, o valor mínimo de IQE deveria ser correspondente ao de uma máquina cujo ruído fosse menor ou igual a 80 dB(A); a vibração fosse menor ou igual a 0,9 m s⁻²; o ambiente térmico, a qualidade do ar e o posto de trabalho apresentassem apenas quatro Não Conformidades parciais cada.

- ✓ Na Classe 5 – Péssimo constariam os valores compreendidos entre zero e o valor mínimo determinado para a Classe 4.

Os valores compreendidos nas Classes 1 e 2 foram considerados satisfatórios e os valores compreendidos nas Classes 3, 4 e 5 foram considerados insatisfatórios.

Na Tabela 10 são apresentados os critérios adotados para a determinação dos valores mínimos referentes a cada Classe de IQE.

Tabela 10: Critérios adotados para a determinação dos valores mínimos referentes a cada Classe de IQE.

Classe	Ruído	Vibração	Ambiente Térmico	Qualidade do ar	Posto de Trabalho
1 Excelente	< 65,0	< 0,3	1 Não Conformidade leve		
2 Bom	< 70,0	< 0,5	2 Não Conformidades leves		
3 Regular	< 75,0	< 0,7	3 Não Conformidades leves		
4 Ruim	< 80,0	< 0,9	4 Não Conformidades leves		
5 Péssimo	Valores de IQE entre zero e o IQE da Classe 4				

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Fatores Ergonômicos

5.1.1 Agentes Ambientais

A avaliação dos agentes ambientais durante dias típicos de trabalho permitiu a determinação do Nível de Ruído Equivalente (LA_{Eq}), da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e dos aspectos qualitativos relacionados ao ambiente térmico e a qualidade do ar no interior das cabines das máquinas florestais analisadas. Os resultados das avaliações são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Agentes ambientais presentes nos *Harvesters* e *Forwarders*.

MÁQUINA		HV1	HV2	HV3	HV4	FW1	FW2
Ruído (Leq)	dB(A)	77,4	78,6	76,2	78,9	75,0	82,6
Vibração (aren)	m s ⁻²	0,33	0,37	0,37	0,27	0,70	0,38
Ambiente Térmico	NC	0	0	2/6	2/6	1/6	1/6
Qualidade do ar	NC	0	1/6	3/6	4/6	3/6	1/6

HV1 = *Harvester* 1; HV2 = *Harvester* 2; HV3 = *Harvester* 3; HV4 = *Harvester* 4; FW1 = *Forwarder* 1; FW2 = *Forwarder* 2; Leq = nível de ruído equivalente; aren = aceleração resultante da exposição normalizada; NC = valor atribuído a Não Conformidade.

Os valores das Não Conformidades relacionadas aos agentes ambientais foram determinados a partir dos resultados das avaliações ambientais realizadas em cada máquina, presentes na Tabela 12.

Tabela 12: Valores das Não Conformidades dos *Harvesters* e *Forwarders* avaliados.

MÁQUINA	HV1	HV2	HV3	HV4	FW1	FW2
Ruído	5/7	5/7	4/7	5/7	4/7	6/7
Vibração	0	0	0	0	1/3	0
Ambiente Térmico	0	0	2/6	2/6	1/6	1/6
Qualidade do ar	0	1/6	3/6	4/6	3/6	1/6

HV1 = *Harvester* 1; HV2 = *Harvester* 2; HV3 = *Harvester* 3; HV4 = *Harvester* 4; FW1 = *Forwarder* 1; FW2 = *Forwarder* 2.

Os Índices de Qualidade Ergonômica Parciais para cada agente ambiental foram determinados a partir dos valores encontrados para suas respectivas Não Conformidades. Estes resultados são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13: Índices de Qualidade Ergonômica parciais para os agentes ambientais nos *Harvesters* e *Forwarders* avaliados.

MÁQUINA	HV1	HV2	HV3	HV4	FW1	FW2
IQEpr	2/7	2/7	3/7	2/7	3/7	1/7
IQEpv	1,0	1,0	1,0	1,0	2/3	1,0
IQEpat	1,0	1,0	4/6	4/6	5/6	5/6
IQEpqa	1,0	5/6	3/6	2/6	3/6	5/6

IQEpr = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o ruído; IQEpv = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para a vibração; IQEpat = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o ambiente térmico; IQEpqa = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para a qualidade do ar.

Os níveis de ruído contínuo variaram entre 75,0 e 82,6 dB(A). Todos os valores encontrados estão abaixo do limite de exposição permitido pela legislação brasileira, que é de 85 dB(A) para uma exposição de 8 horas

diárias, porém acima do limite estabelecido para fins de conforto, que é de 65 dB(A). Resultados semelhantes são descritos por outros autores em pesquisas realizadas com os mesmos tipos de máquinas analisados neste trabalho, como Messingerová et al. (2005) e Minette et al. (2007). Nessas condições de trabalho, o operador pode ter sua produtividade e desempenho reduzidos, além do risco de efeitos auditivos e extra auditivos.

Os níveis de vibração a que estavam expostos os trabalhadores variaram entre 0,27 e 0,70 $m s^{-2}$. Todos os *Harvesters* analisados apresentaram valor de vibração inferior ao nível de ação proposto pela diretiva 2002/44/EC da comunidade europeia e apenas o FW1 apresentou vibração superior a 0,50 $m s^{-2}$. O valor elevado de vibração fez com que o FW1 obtivesse o menor IQEv entre as máquinas analisadas. A redução da vibração depende de medidas de engenharia, como as suspensões estudadas por Fleury e Mistrot (2006).

Os *Harvesters* e *Forwarders* avaliados possuíam cabine climatizada. Todos os fatores relacionados ao ambiente térmico do HV1 e HV2 estavam de acordo com os padrões desejados. No HV3 foi constatado maior aquecimento na região das pernas do operador devido a presença de uma mangueira para circulação de óleo hidráulico. No HV4, além de a temperatura não ser uniforme em toda a cabine, havia elevada incidência de luz solar no corpo do operador. No FW1 verificou-se incidência de luz solar em até 40% do corpo do operador e no FW2 o sistema de refrigeração não era capaz de manter a temperatura adequada nos dias mais quentes.

A única máquina que apresentou conformidade com todos os parâmetros qualitativos de qualidade do ar foi o HV2. No HV1 o sistema de filtragem do ar apresentava deficiências, no HV3 e no FW1 todos os itens apresentaram Não Conformidades parciais, no HV4 verificou-se influência dos gases de escape e poeira durante parte da operação e no FW2 a troca do filtro só era possível com o uso de ferramentas específicas.

Na avaliação dos Agentes Ambientais, as máquinas florestais que obtiveram os IQE parciais mais elevados foram o HV1 e o HV2. O diferencial nessas máquinas é o baixo nível de vibração e o ambiente térmico favorável no interior da cabine. O único fator que penalizou o HV1, máquina de IQE parcial mais elevado, foi o ruído. Para obter o IQEpr máximo, igual a 1, o

ruído nessa máquina deveria ser inferior a 65 dB(A), como preconiza a NR 17. Essa, no entanto, é uma situação difícil de ser alcançada, já que na literatura especializada não há indicação que máquinas florestais com nível de ruído inferior a 65 dB(A).

5.1.2. Fatores do Posto de Trabalho

5.1.2.1 Acesso à cabine

Quanto ao acesso à cabine, o HV1 apresentou 4 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. A distância do piso ao corrimão foi superior a distância máxima indicada, assim como a distância entre o primeiro degrau e a inserção do corrimão. A profundidade e a largura dos degraus foram inferiores a 24 e 40 cm, respectivamente, assim como a altura da porta, inferior a 170 cm. Dessa forma, o valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 4/36 (NC = 4/36). Entre os parâmetros utilizados para atribuir o peso da Não Conformidade, o único que apresentou deficiência foi o risco de escorregamento, já que os degraus permaneciam sujos durante a maior parte do dia. A porta da cabine era fácil de manusear e tinha sistema que permitia permanecer aberta mesmo com a máquina inclinada. Havia uma saída de emergência com suficiente espaço para escape, além da entrada principal. O valor atribuído ao peso das Não Conformidades foi igual a 4/3 (PNC = 4/3). O Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o acesso à cabine foi igual a 92/108 (IQEac = 92/108).

O HV2 apresentou 5 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. A distribuição dos degraus não era uniforme e os mesmos apresentavam diferentes dimensões. A distância entre os degraus e o corrimão era inferior ao estabelecido, assim como a distância entre degraus, a profundidade dos degraus e a largura da porta na sua parte inferior. A distância entre o primeiro degrau e a inserção do corrimão era superior ao valor estabelecido. O valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 5/36 (NC = 5/36). O risco de escorregamento estava presente, já que havia dificuldade em manter os degraus limpos. A porta da cabine era pesada e não era suficientemente fácil de manusear. Havia saída de emergência com suficiente

espaço para escape. O valor atribuído ao peso da Não Conformidade foi igual a 5/3 (PNC = 5/3). O IQEac deste *Harvester* foi igual a 83/108.

O HV3 apresentou 6 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. Neste *Harvester* a esteira era utilizada para acessar a cabine. A distância do degrau ao corrimão foi inferior ao estabelecido, assim como a distância entre degraus, a distância entre o primeiro degrau e a inserção do corrimão, a profundidade e a largura dos degraus. A inclinação da escada apresentou deficiências, pois o segundo degrau estava mais a frente em relação ao primeiro, formando uma inclinação negativa. Esta deficiência no acesso a máquina representa um risco de acidente ao operador. O valor atribuído a Não Conformidade foi igual a 6/36 (NC = 6/36). Entre os parâmetros qualitativos estava presentes o risco de escorregamento elevado, já que havia necessidade de se utilizar a esteira como meio de acesso, e a mesma permanecia suja durante a maior parte do dia. A porta da cabine não era fácil de manusear e não havia saída de emergência com espaço suficiente para escape. O valor atribuído ao peso da Não Conformidade foi igual a 8/3 (PNC = 8/3). O IQEac deste *Harvester* foi igual a 60/108.

O HV4 apresentou 7 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. As distâncias entre o piso e o corrimão, entre o degrau e o corrimão entre o piso e primeiro degrau e entre degraus foram superiores aos valores recomendados, assim como a inclinação máxima da escada. A profundidade dos degraus foi inferior ao valor recomendado. O valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 7/36 (NC = 7/36). Neste *Harvester* havia risco de escorregamento do operador, pois a esteira era utilizada como meio de acesso à cabine e permanecia suja durante a maior parte do dia. A porta era fácil de manusear e permanecia aberta sempre que necessário. Não havia saída de emergência com suficiente espaço para escape. O valor atribuído para o peso da Não Conformidade foi igual a 7/3 (PNC = 7/3). O IQEac deste *Harvester* foi igual a 59/108.

O FW1 apresentou 7 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. As distâncias entre o piso e o corrimão e entre o primeiro degrau e a inserção do corrimão foram superiores aos valores recomendados. A

distância dos degraus ao corrimão, a profundidade e a largura dos degraus e a largura da porta na sua parte inferior foram menores do que os valores recomendados. A inclinação da escada de acesso à cabine era maior do que a inclinação máxima indicada. O valor atribuído a Não Conformidade foi igual a 7/36 (NC= 7/36). Os degraus tinham boa aderência e o risco de escorregamento era mínimo. A porta da cabine era fácil de manusear e havia saída de emergência com espaço suficiente para escape. O valor atribuído ao Peso das Não Conformidades foi igual a 3/3 (PNC = 3/3). O IQEac deste *Forwarder* foi igual a 87/108.

O FW2 apresentou 7 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. As distâncias entre o piso e o corrimão e entre o primeiro degrau e a inserção do corrimão foram superiores aos valores recomendados. A distância dos degraus ao corrimão, a profundidade e a largura dos degraus e a largura da porta foram inferiores aos valores recomendados. O valor atribuído para a não conformidade foi igual a 7/36 (NC = 7/36). Neste *Forwarder* o risco de escorregamento era mínimo, pois os degraus permaneciam limpos durante a maior parte do dia. A porta da cabine era fácil de manusear e permanecia aberta sempre que necessário. Havia saída de emergência com espaço suficiente para escape. O valor atribuído ao peso das Não Conformidades foi igual a 3/3. O IQEac deste *Forwarder* foi igual a 87/108.

5.1.2.2 Dimensões internas da cabine

As dimensões internas das máquinas florestais foram avaliadas e os índices de conformidade ergonômica parciais para este item foram determinados de acordo com a metodologia proposta.

O HV1 apresentou uma Não Conformidade entre os parâmetros quantitativos. O espaço para os pés do operador era menor do que o recomendado. O valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 1/14. No posto de trabalho o operador tinha proteção contra objetos que poderiam penetrar a cabine e havia espaço para guardar objetos pessoais, manuais e kit

de primeiros socorros. O valor atribuído para o Peso das Não Conformidades foi igual a 2/2 (PNC = 2/2). O IQEdc deste *Harvester* foi igual a 26/28.

O HV2 apresentou uma Não Conformidade entre os parâmetros quantitativos. O espaço para os joelhos do operador era menor do que o recomendado. O valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 1/14. No posto de trabalho o operador tinha proteção contra objetos que poderiam penetrar a cabine e havia espaço para guardar objetos pessoais, manuais e kit de primeiros socorros. O valor atribuído para o Peso das Não Conformidades foi igual a 2/2 (PNC = 2/2). O IQEdc deste *Harvester* foi igual a 26/28.

O HV3 apresentou 6 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. A altura do teto, a largura da cabine, o espaço livre atrás do assento do operador e os espaços para os pés, os joelhos e a cabeça eram menores do que o recomendado. O valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 6/14. No posto de trabalho o operador tinha proteção contra objetos que poderiam penetrar a cabine e havia espaço para guardar objetos pessoais, manuais e kit de primeiros socorros. O valor atribuído para o Peso das Não Conformidades foi igual a 2/2 (PNC = 2/2). O IQEdc deste *Harvester* foi igual a 16/28.

O HV4 apresentou 4 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. A altura do teto, a largura da cabine, o espaço livre atrás do assento do operador e os espaços para os joelhos eram menores do que o recomendado. O valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 4/14. No posto de trabalho o operador tinha proteção contra objetos que poderiam penetrar a cabine e havia espaço para guardar objetos pessoais, manuais e kit de primeiros socorros. O valor atribuído para o Peso das Não Conformidades foi igual a 2/2 (PNC = 2/2). O IQEdc deste *Harvester* foi igual a 20/28.

O FW1 apresentou 3 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. O espaço livre atrás do assento do operador e os espaços para os pés e os joelhos eram menores do que o recomendado. O valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 3/14 (NC = 3/14). No posto de trabalho o operador tinha proteção contra objetos que poderiam penetrar a cabine e havia

espaço para guardar objetos pessoais, manuais e kit de primeiros socorros. O valor atribuído para o Peso das Não Conformidades foi igual a 2/2 (PNC = 2/2). O Índice de Qualidade Ergonômica parcial para as dimensões internas da cabine (IQEdc) do FW1 foi igual a 22/28.

O FW2 apresentou 3 Não Conformidades entre os parâmetros quantitativos. A altura do teto da cabine, o espaço livre atrás do assento do operador e os espaços para os pés eram menores do que o recomendado. O valor atribuído para a Não Conformidade foi igual a 3/14 (NC = 3/14). No posto de trabalho o operador tinha proteção contra objetos que poderiam penetrar a cabine, mas não havia espaço suficiente para guardar objetos pessoais, manuais e kit de primeiros socorros. O valor atribuído para o Peso das Não Conformidades foi igual a 3/2 (PNC = 3/2). O IQEdc deste *forwarder* foi igual a 19/28.

5.1.2.3 Visibilidade

As variáveis relacionadas à visibilidade no posto de trabalho das máquinas florestais foram avaliadas e os índices de qualidade ergonômica parciais para este item foram determinados de acordo com a metodologia proposta.

O HV1 teve um dos parâmetros qualitativos parcialmente não atendido. Ocasionalmente, obstruções forçavam o operador a utilizar posturas desfavoráveis durante a operação. O valor atribuído a Não Conformidade foi igual a 1/8 (NC = 1/8). O Índice de Qualidade Ergonômica parcial para a visibilidade (IQEvs) do HV1 foi igual a 7/8.

No HV2 um dos parâmetros qualitativos não foi atendido e outro foi parcialmente atendido. Do posto de trabalho, o operador conseguia ver o chão a 4 m da lateral e a 7 m a frente da máquina. Para enxergar a área de trabalho, o operador tinha que utilizar posturas corporais desfavoráveis com frequência. O valor atribuído a Não Conformidade foi igual a 3/8 (NC = 3/8). O IQEvs do HV2 foi igual a 5/8.

No HV3 dois parâmetros qualitativos foram parcialmente atendidos e um não foi atendido. Do posto de trabalho, a visibilidade vertical era inferior a 40 graus e ocasionalmente obstruções forçavam o operador a utilizar posturas desfavoráveis durante a operação. O sistema de limpeza das janelas apresentava deficiências. O valor atribuído a Não Conformidade foi igual a 4/8 (NC = 4/8). O IQEvs do HV3 foi igual a 4/8.

No HV4 os três parâmetros qualitativos avaliados foram parcialmente atendidos. Do posto de trabalho, a visibilidade vertical era inferior a 65 graus e ocasionalmente obstruções forçavam o operador a utilizar posturas desfavoráveis durante a operação. O sistema de limpeza das janelas apresentava deficiências. O valor atribuído a Não Conformidade foi igual a 3/8 (NC = 3/8). O IQEvs do HV4 foi igual a 5/8.

O FW1 e o FW2 apresentaram as mesmas Não Conformidades entre os parâmetros qualitativos avaliados. Em ambos dois dos parâmetros foram parcialmente atendidos. Do posto de trabalho, o operador conseguia ver o chão a 4m da lateral e a 7m a frente da máquina. Ocasionalmente obstruções forçavam o operador a utilizar posturas desfavoráveis durante a operação. O valor atribuído a Não Conformidade foi igual a 2/8 (NC = 2/8). Os IQEvs do FW1 e do FW2 foram iguais a 6/8.

5.1.2.4 Assento do operador

O HV1 apresentou 3 Não Conformidades em relação as possibilidades de ajuste do assento. O ajuste horizontal do assento era limitado, pois ele se movia no máximo 12 cm para frente ou para trás. O ajuste do apoio para os braços tinha amplitude menor do que a recomendada. Não havia possibilidade de inclinação lateral do assento. O valor atribuído à Não Conformidade foi 3/12 (NC = 3/12). O Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o assento do operador (IQEao) do HV1 foi 9/12.

O HV2 apresentou 6 Não Conformidades em relação as possibilidades de ajuste do assento. O ajuste horizontal do assento era limitado, pois ele se movia no máximo 6 cm para frente ou para trás. A altura do assento em relação ao piso da cabine era de 42cm no ajuste inferior mínimo e 51 cm no

ajuste superior máximo. O assento não girava para os lados e não tinha possibilidade de inclinação vertical nem lateral. O comprimento do apoio para os braços era de 36 cm, maior do que o máximo recomendado. O valor atribuído à Não Conformidade foi 6/12 (NC = 6/12). O IQEao do HV2 foi 6/12.

O HV3 apresentou 6 Não Conformidades em relação as possibilidades de ajuste do assento. O ajuste horizontal do assento era limitado, pois ele se movia no máximo 20 cm para frente ou para trás. A altura do assento em relação ao piso da cabine era de 44 cm no ajuste inferior mínimo e 54 cm no ajuste superior máximo. Não havia possibilidade de inclinação lateral do assento. O apoio para os braços não permitia giro horizontal. Entre o apoio para os braços e o local do *joystick* havia um espaço vazio, de forma que o punho dos operadores ficava sem apoio durante a operação. O valor atribuído à Não Conformidade foi 6/12 (NC = 6/12). O IQEao do HV 3 foi 6/12.

O HV4 apresentou 7 Não Conformidades em relação as possibilidades de ajuste do assento. O ajuste horizontal do assento era limitado, pois ele se movia no máximo 13 cm para frente ou para trás. A altura do assento em relação ao piso da cabine era de 44 cm no ajuste inferior mínimo e 49 cm no ajuste superior máximo. Não havia possibilidade de inclinação lateral do assento. O apoio para os braços não permitia giro horizontal para fora, apenas para dentro. A distância entre os apoios para os braços era de 61 cm, superior ao recomendado. O valor atribuído à Não Conformidade foi 7/12 (NC = 7/12). O IQEao do HV4 foi 5/12.

O FW1 apresentou 2 Não Conformidades em relação as possibilidades de ajuste do assento. O encosto do assento não era reclinável e o assento não tinha possibilidade de rotação lateral. O valor atribuído à Não Conformidade foi 2/12 (NC = 2/12). O IQEao do FW1 foi 10/12.

O FW2 apresentou 4 Não Conformidades em relação as possibilidades de ajuste do assento. As amplitudes de ajuste horizontal e vertical do assento eram de apenas 16 cm e 13 cm, valores inferiores ao recomendado. O assento não girava para os lados. A amplitude de ajuste da altura do apoio

para os braços era de apenas 10 cm. O valor atribuído à Não Conformidade foi 4/12 (NC = 4/12). O IQEao do FW1 foi 8/12.

5.1.2.5 Índice de Qualidade Ergonômica do Posto de Trabalho (IQEppt)

O Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o posto de trabalho (IQEppt) das máquinas florestais analisadas foi determinado pelas médias dos fatores avaliados. Os índices parciais que compõe o posto de trabalho são apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Itens que compõe o Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o posto de trabalho.

Máquina	HV1	HV2	HV3	HV4	FW1	FW2
IQEac	92/108	83/108	60/108	59/108	87/108	87/108
IQEdc	26/28	26/28	16/28	20/28	22/28	19/28
IQEvs	7/8	5/8	4/8	5/8	6/8	6/8
IQEao	9/12	6/12	6/12	5/12	10/12	8/12
IQEppt	0,85	0,71	0,53	0,58	0,79	0,73

HV1 = *Harvester* 1; HV2 = *Harvester* 2; HV3 = *Harvester* 3; HV4 = *Harvester* 4; FW1 = *Forwarder* 1; FW2 = *Forwarder* 2; IQEac = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o acesso à cabine; IQEdc = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para as dimensões internas da cabine; IQEvs = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para a visibilidade; IQEao = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o assente do operador; IQEppt = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o posto de trabalho.

O HV1, que obteve a maior pontuação entre os *Harvesters*, apresentou o menor número de Não Conformidades em todos os itens que compõe este índice parcial, com exceção do acesso à cabine. O HV4, que obteve a menor pontuação entre os *Harvesters*, apresentou maior número de Não Conformidades do que os demais nos itens “acesso a cabine”, “dimensões internas da cabine” e “assento do operador”.

O FW1 obteve melhor pontuação devido ao menor número de Não Conformidades nos itens “dimensões internas da cabine” e “assento do operador”.

5.2 Índice de Qualidade Ergonômica

A partir da avaliação dos agentes ambientais e dos demais fatores relacionados às máquinas florestais, foi possível determinar os IQE parciais para cada fator. Os IQE das máquinas foram então determinados a partir da média dos índices parciais obtidos. Os mesmos são apresentados na Tabela 15.

Tabela 15: Índices de Qualidade parciais e Índice de Qualidade Ergonômica dos *Harvesters* e *Forwarders* avaliados.

MÁQUINA	HV1	HV2	HV3	HV4	FW1	FW2
IQEpr	2/7	2/7	3/7	2/7	3/7	1/7
IQEpv	1,00	1,00	1,00	1,00	2/3	1,00
IQEpat	1,00	1,00	4/6	4/6	5/6	5/6
IQEpqa	1,00	5/6	3/6	2/6	3/6	5/6
IQEppt	0,85	0,71	0,53	0,58	0,79	0,73
IQE	0,83	0,76	0,63	0,57	0,64	0,71

HV1 = *Harvester* 1; HV2 = *Harvester* 2; HV3 = *Harvester* 3; HV4 = *Harvester* 4; FW1 = *Forwarder* 1; FW2 = *Forwarder* 2; IQEpr = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o ruído; IQEpv = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para a vibração; IQEpat = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o ambiente térmico; IQEpqa = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para a qualidade do ar; IQEppt = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o posto de trabalho; IQE = Índice de Qualidade Ergonômica.

O HV1 foi a máquina que obteve o maior IQE entre as máquinas avaliadas. Essa foi a única máquina que atendeu a todos os parâmetros relacionados a qualidade do ar, obtendo o valor máximo no IQEpqa, igual a 1. Além disso, foi a máquina que apresentou menor número de Não

Conformidades nos aspectos relacionados ao posto de trabalho, obtendo o maior IQEppt.

O HV2 obteve índices parciais iguais ao HV1 para os fatores ruído, vibração e ambiente térmico. No entanto, as variáveis relacionadas à qualidade do ar e ao posto de trabalho apresentaram maior número de Não Conformidades que o HV1, o que fez com que fosse a máquina com segundo maior IQE.

O HV3 obteve índice parcial para ruído superior ao dos anteriores. O índice parcial para vibração foi igual ao do HV1 e do HV2. No entanto, as deficiências relacionadas ao posto de trabalho, ao ambiente térmico e à qualidade do ar fizeram com que o HV3 ficasse com o terceiro maior IQE entre os *Harvesters* avaliados, e com o quinto lugar geral entre todas as máquinas.

O HV4 foi a máquina que obteve menor IQE. Essa foi a única máquina cujo valor de vibração foi inferior a $0,30 \text{ ms}^{-2}$. No entanto, os aspectos relacionados ao ambiente térmico, à qualidade do ar e ao posto de trabalho foram decisivos na pontuação final, pois o IQEpat, o IQEpqa e o IQEppt foram os mais baixos entre as máquinas avaliadas.

O FW1 obteve um IQE inferior ao do FW2. O índice parcial para vibração foi o menor entre todas as máquinas avaliadas. Além disso, esse *Forwarder* não obteve o valor máximo para nenhum dos índices parciais.

O FW2 foi a máquina com maior IQE entre os *Forwarders* avaliados, e obteve o terceiro maior IQE entre todas as máquinas. O fator que mais contribuiu para a redução do IQE deste *Forwarder* foi o ruído elevado no interior da cabine.

5.2.1 Distribuição dos Índices em Classes

Para atender aos critérios estabelecidos para a distribuição dos Índices de Qualidade Ergonômica em Classes, os valores mínimos dos IQE parciais para cada fator são os apresentados na Tabela 16.

Tabela 16: Valores mínimos dos IQE parciais e do IQE de cada classe.

Classe	1	2	3	4
IQEpr	1,00	0,80	0,60	0,40
IQEpv	1,00	0,80	0,60	0,40
IQEpqa	0,83	0,67	0,50	0,33
IQEpat	0,83	0,67	0,50	0,33
IQEppt	0,91	0,82	0,73	0,64
IQEac	0,92	0,83	0,75	0,67
IQEdc	0,93	0,86	0,79	0,71
IQEvs	0,88	0,75	0,63	0,50
IQEao	0,92	0,83	0,75	0,67
IQE	0,92	0,75	0,59	0,42

IQEpr = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o ruído; IQEpv = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para a vibração; IQEpqa = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para a qualidade do ar; IQEpat = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o ambiente térmico; IQEppt = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o posto de trabalho; IQEac = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o acesso à cabine; IQEdc = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para as dimensões internas da cabine; IQEvs = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para a visibilidade; IQEao = Índice de Qualidade Ergonômica parcial para o assente do operador; IQE = Índice de Qualidade Ergonômica.

Dessa forma, os intervalos de IQE que compõe cada classe são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17: Intervalos de valores que compõe cada classe de IQE.

Classe	IQE
1 Excelente	0,92 a 1,00
2 Bom	0,75 a 0,91
3 Regular	0,59 a 0,74
4 Ruim	0,42 a 0,58
5 Péssimo	0,00 a 0,42

De acordo com os IQE obtidos para as máquinas florestais avaliadas, o HV1 e o HV2 pertencem a Classe 2 - Bom. O HV3, o FW1 e o FW2 pertencem a Classe 3 - Regular e o HV4 pertence a Classe 4 - Ruim.

6. CONCLUSÕES

Todas as máquinas florestais avaliadas apresentaram deficiências ergonômicas, tanto nos aspectos relacionados aos agentes ambientais como nos fatores do posto de trabalho.

O método desenvolvido neste trabalho foi eficiente na avaliação de máquinas florestais. A utilização do IQE para comparação de máquinas florestais se mostrou viável.

Apesar de o índice representar uma comparação simples e direta, uma análise dos índices parciais pode fornecer informações mais detalhadas dos itens responsáveis pelo valor do IQE final. O modelo do IQE pode ter outras variáveis incluídas. Dentre essas variáveis destacam-se os aspectos relacionados mais diretamente a repetitividade e a postura de trabalho.

A utilização do IQE em avaliações de outros tipos de máquinas florestais pode ser possível mediante pequenas adaptações no método desenvolvido.

7. RECOMENDAÇÕES

- 1) Utilizar o Índice de Qualidade Ergonômica (IQE) na avaliação de *Harvesters* e *Forwarders*;
- 2) Aprofundar os estudos sobre a possibilidade de inclusão de outras variáveis no método de determinação do IQE;
- 3) Aprofundar os estudos sobre a possibilidade de adaptação do método desenvolvido para a avaliação de outras máquinas florestais;
- 4) Aprofundar os estudos sobre a relação entre produtividade de *Harvesters* e *Forwarders* e os respectivos IQE;
- 5) Aprofundar os estudos sobre a relação entre custo operacional de *Harvesters* e *Forwarders* e os respectivos IQE.

8. REFERÊNCIAS

ALMQVIST, R.; GELLERSTEDT, S.; TOBISH, R. **Ergonomic checklist for forest machines**. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences; 2006.

ALVES, J. U.; MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; SILVA, K. R.; GOMES, J. M.; FIEDLER, N. C. Avaliação do ambiente de trabalho na propagação de *Eucalyptus spp*. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 481-486, 2002.

ASHLEY, C. D.; LUECKE, C. L.; SCHWARTZ, S. S.; ISLAM, M. Z.; BERNARD, T. E. Heat strain at the critical WBGT and the effects of gender, clothing and metabolic rate. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, p. 640-644, 2008.

BARRON, P. J.; OWENDE, P. M. O.; McDONNELL, K. P.; WARD, S. M. A method for assessment of degradation of task visibility from operator cabins of field machines. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 665-673, 2005.

BOLIS, I.; BRUNORO, C. M.; SZNELWAR, L. I. Mapping the relationships between work and sustainability and the opportunities for ergonomic action. **Applied Ergonomics**, v. 45, p. 1225-1239, 2014.

BUDD, G. M. Wet-bulb globe temperature (WBGT) - its history and its limitations. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 11, p. 20-32, 2008.

CATION, S.; JACK, R.; OLIVER, M.; DICKEY, J. P.; LEE-SHEE, N. K. Six degree of freedom whole-body vibration during forestry skidder operations. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, p. 739–757, 2008.

COUTO, H. A. **Índice Tor-Tom: indicador ergonômico da eficácia de pausas e outros mecanismos de regulação**. Belo Horizonte: ERGO Editora, 2012. 336p.

DANE, D.; FEUERSTEIN, M.; HUANG, G. D.; DIMBERG, L.; ALI, D. R. N.; LINCOLN, A. Measurement Properties of a Self-Report Index of Ergonomic Exposures for Use in an Office Work Environment. **Journal of Occupational & Environmental Medicine**, v. 44, p. 73-81, 2002.

DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F.; PINHEIRO, E. D. Desenvolvimento do coeficiente parcial de ergonomia e segurança em tratores agrícolas. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v. 24, n. 3, p. 727-735, 2004.

DE LOOZE, M. P.; KUIJT-EVERS, L. F. M.; VAN DIEEN, J. Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures. **Ergonomics**, v. 46, n. 10, p. 985 – 997, 2003.

DOLLARD, M. F.; WINEFIELD, H. R.; WINEFIELD, A. H.; JONGE, J. **Journal of Occupational and Organizational Psychology**, v. 73, n. 4, p. 501, 2000.

EUROPEAN COMISSION. Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety

requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration). **Official Journal of the European Communities**. v. 177, n. 13, 2002.

FERNANDES, M.; MORATA, T. C. Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. v. 68, n. 5, 705-13, 2002.

FERNANDES, H. C.; BRITO, A. B.; MINETTE, L. J.; LEITE, D. M.; LEITE, E. S. Aplicação de índices ergonômicos na avaliação da cabine de um trator florestal “*Feller-Buncher*”. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 90, p. 273-281, 2011.

FERREIRA, D. G.; OLIVEIRA, G. L.; MEIRA, A. L.; LACERDA, A. Efeitos aditivos da exposição combinada: interação entre monóxido de carbono, ruído e tabagismo. **Revista Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, v. 17, n. 4, p. 405-411, 2012.

FLEURY, G.; MISTROT, P. Numerical assessment of fore-and-aft suspension performance to reduce whole-body vibration of wheel loader drivers. **Journal of Sound and Vibration**, v. 298 p. 672–687, 2006.

FONTANA, G.; SEIXAS, F. Avaliação ergonômica do posto de trabalho de modelos de Forwarder e Skidder. **Revista Árvore**, v. 31, n. 1, p. 71-81, 2007.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243 p.

FUNDACENTRO. Norma de higiene ocupacional: NHO 01: **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. São Paulo, 2001.

FUNDACENTRO. Norma de higiene ocupacional: NHO 09: **Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro**. São Paulo, 2013.

GERASIMOV, Y.; SOKOLOV, A. Ergonomic Characterization of harvesting work in Karelia. **Croatian Journal of forest engineering**, v. 30, n. 2, p. 159-170, 2009.

GERASIMOV, Y.; SOKOLOV, A. Ergonomic evaluation and comparison of wood harvesting systems in Northwest Russia. **Applied Ergonomics**, v. 45, p. 318-338, 2014.

GIAVONI, A.; MELO, G. F.; PARENTE, I.; DANTAS, G. Elaboração e validação da Escala de Depressão para Idosos. **Cad. Saúde Pública**, v. 24, n. 5, p. 975-982, 2008.

GOEDHARD, R. G.; GOEDHARD, W. J. A. Work ability and perceived work stress. **International Congress Series**, v. 1280, p. 79– 83, 2005.

GOSCIANSKA, J.; RADNIECKI, J. Comfort of use and level of understanding of new equipment in agricultural tractors and machinery – analyses of questionnaires, **Efficient 20 IEE Report**, 2009.

GUIDA, H. L.; MORINI, R. G.; CARDOSO, A. C. V. Audiological evaluation in workers exposed to noise and pesticide. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 76, n. 4, p. 423-427, 2010.

HAGEN, K. B.; MAGNUS, P.; VETLESEN, K. Neck/ shoulder and low-back disorders in the forestry industry: relationship to work tasks and perceived psychosocial job stress. **Ergonomics**, v. 41, n. 10, p. 1510-1518, 1998.

HOLCROFT, C. A.; PUNNET, L. Work environment risk factors for injuries in wood processing. **Journal of Safety Research**, v. 40, p. 247-255, 2009.

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

ILMARINEM, J.; TUOMI, K.; SEITSMO, J. New dimensions of work ability. **International Congress Series**, v. 1280, p. 3-7, 2005.

KALLUNKI, H.; MAKINEN, M.; OJANEN, K.; LAITINEN, S.;KANGAS, J. Exposure to Biological Fungicides, Environmental Microorganisms and Oils in Forestry Harvesting. **Scandinavian Journal of Forest Reserach**, v. 19, p. 82-88, 2004.

KUIJT-EVERS, L. F. M.; KRAUSE, F.; VINK, P. Aspects to improve cabin comfort of wheel loaders and excavators according to operators. **Applied Ergonomics**, v. 34, p. 265–271, 2003.

LANDEKIC, M.; MARTINIC, I.; BAKARIC, M.; SPORCIC, M. Work ability index of forestry machine operators and some ergonomic aspects of their work. **Croatian Journal of Forestry Engineering**, v. 34, n. 2, p. 241-254, 2013.

LE PRELL, C. G.; YAMASHITA D.; MINAMI, S. B.; YAMASOBA T.; MILLER, J. M. Mechanisms of noise-induced hearing loss indicate multiple methods of prevention. **Hearing Research**, v. 226, p. 22-43, 2007.

LILLEY, R.; FEYER, A.; KIRK, P.; GANDER, P. A survey of forest workers in New Zeland. Do hours of work, rest, and recovery play a role in accidents and injury? **Journal of Safety Research**, v. 33, p. 53-71, 2002.

LINGS, S.; LEBOEUF-YDE, C. Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992-1999. **Int Arch Occup Environ Health**, v. 73, p. 290-297, 2000.

MATTAR, D. M. P.; DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, J. F.; DORNELLES, M. E. Conformidade de acessos e de saídas de postos de operação em tratores agrícolas segundo norma NBR/ISO 4252. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 30, n. 1, p. 74-81, 2010.

MASSA, C. G. P.; RABELO, C. M.; MOREIRA, R. R.; MATAS, C. G.; SCHOCHAT, E.; SAMELLI, A. G. P300 in workers exposed to occupational noise. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, v. 78, n. 6, p. 107-112, 2012.

MESSINGEROVA, V.; MARTINUSVA, L.; SLANCIK, M. Ergonomic parameters of the work of integrated Technologies at timber harvesting. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 831-842, 2005.

MINETTE, L. J.; SILVA, E. P.; SOUZA, A. P.; 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.

MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P.; SILVA, E. P.; MEDEIROS, N. M. Postos de trabalho e perfil de operadores de máquinas de colheita florestal. *Ceres*, v. 55, n. 1, p. 66-73, 2008.

MOHAMED, S.; SRINAVIN, K. Thermal environment effects on construction workers' productivity. **Work Study**, v. 51, n. 6, p. 297-302, 2002.

MORAN, D. S.; PANDOLF, K. B.; SHAPIRO, Y.; HELED, Y.; SHANI, Y.; MATHEW, W. T.; GONZALEZ, R. R. The role of global radiation measured by a light sensor on heat stress assessment. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, p. 433–436, 2001a.

MORAN, D. S.; PANDOLF, K. B.; SHAPIRO, Y.; HELED, Y.; SHANI, Y.; MATHEW, W. T.; GONZALEZ, R. R. An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). **Journal of Thermal Biology**, v. 26, p. 427-431, 2001b.

NORDJFELL, T.; BJÖRHEDEN, R.; THOR, M.; WÄSTERLUND, I. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 25, p. 382-389, 2010.

NR 15 – Atividades e operações insalubres. In: **SEGURANÇA e medicina do trabalho**. São Paulo: Atlas, 2002.

NR 17 – Ergonomia. In: **SEGURANÇA e medicina do trabalho**. São Paulo: Atlas, 2002.

OGIDO, R.; COSTA, E. A.; MACHADO, H. C. Prevalência de sintomas auditivos e vestibulares em trabalhadores expostos a ruído ocupacional. **Revista Saúde Pública**, v. 43, n. 2, p. 377-380, 2009.

REHN.; LUNDSTROM, R.; NILSSON, L. Variation in exposure to whole-body vibration for operators of forwarder vehicles—aspects on measurement strategies and prevention. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 831–842, 2005.

RUZIC, D.; CASNJI, F. Thermal interaction between a human body and a vehicle cabin. In: **Heat Transfer Phenomena and Applications**. 2012

SALIBA, T. M. **Curso básico de segurança e higiene ocupacional**. São Paulo: LTr Editora, 2016, 494 p.

SANT'ANNA, C. M.; MALINOVSKI J. R. Análise de fatores humanos e condições de trabalho de operadores de motosserra de Minas Gerais. **Cerne**, v. 8, n. 1, p. 115 - 121, 2002.

SCHALKA, S.; STEINER, D.; RAVELLI, F. N., STEINER, T.; TERENA, A. C.; MARÇON, C. R. Consenso Brasileiro de Fotoproteção. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, 2014; 89(6); 6-75.

SILVA, S. C. **Levantamento do perfil antropométrico da população brasileira usuária do transporte aéreo nacional: projeto conhecer**. Rio de Janeiro: Agência Nacional de Aviação Civil, 2009. 81 p.

SILVA, M. G.; CÂNDIDO, G. A.; MARTINS, M. F. Método de construção do índice de desenvolvimento local sustentável: uma proposta metodológica e aplicada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 55-72, 2009.

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**, v. 38, n. 4, p. 739-745, 2014.

SKOGFORSK. THE FOREST RESEARCH INSTITUTE OF SWEDEN. **Ergonomic guidelines for forest machines**. Uppsala, Sweden: Swedish National Institute for Working Life, 1999. 86 p.

URA, K.; ALKIRE, S.; ZANGMO, T. A short guide to Gross National Happiness Index. The centre for Buthan studies, 2011.

VAITSMAN, J.; FARIAS, L. O.; MATTOS, A. M.; CAMPOS FILHO, A. C. Metodologia de elaboração do Índice de Percepções Organizacionais. *Caderno de Saúde Pública*, v. 19, n. 6, p. 1631-1643, 2003.

WASTERLUND, D. S. A review of heat stress research with application to forestry. **Applied Ergonomics**, v. 29, n. 3, p. 179-183, 1998.

WIKSTROM, B. O.; KJELLBERG, A.; LANDSTROM, U. Health effects of long-term occupational exposure to whole body vibration: A review. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 14, p. 273-292, 1994.