



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

DANIEL AUGUSTO FERRARI

**USABILIDADE APLICADA AO ERGODESIGN DE ROÇADEIRAS LATERAIS
MOTORIZADAS: PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO E PROJETO DE
SISTEMAS DE SUSTENTAÇÃO MAIS CONFORTÁVEIS**

BAURU

2018

DANIEL AUGUSTO FERRARI

**USABILIDADE APLICADA AO ERGODESIGN DE ROÇADEIRAS LATERAIS
MOTORIZADAS: PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO E PROJETO DE
SISTEMAS DE SUSTENTAÇÃO MAIS CONFORTÁVEIS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus de Bauru, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Design.

Orientador: Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos Santos

BAURU

2018

Ferrari, Daniel Augusto.
Usabilidade aplicada ao ergodesign de roçadeiras
laterais motorizadas: parâmetros para avaliação e
projeto de sistemas de sustentação mais confortáveis /
Daniel Augusto Ferrari, 2018
269 f. : il.

Orientador: João Eduardo Guarnetti dos Santos

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação,
Bauru, 2018

1. Design. 2. Ergonomia. 3. Usabilidade. 4.
Conforto. 5. Postura. 6. Roçadeiras laterais
motorizadas. I. Universidade Estadual Paulista.
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II.
Título.



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE DANIEL AUGUSTO FERRARI, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 06 dias do mês de julho do ano de 2018, às 09:00 horas, no(a) Auditório da Secretaria de Pós-Graduação/FAAC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. JOAO ROBERTO GOMES DE FARIA do(a) Departamento de Arq Urb e Paisagismo / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicacao de Bauru, Prof. Dr. BENTO RODRIGUES DE PONTES JUNIOR do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. JOSE CARLOS PLACIDO DA SILVA do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicacao de Bauru, Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO POLETTTO FILHO do(a) Engenharia de Produção / Faculdade de Tecnologia de Garça., sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de DANIEL AUGUSTO FERRARI, intitulada **USABILIDADE APLICADA AO ERGODESIGN DE ROÇADEIRAS LATERAIS MOTORIZADAS: PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO E PROJETO DE SISTEMAS DE SUSTENTAÇÃO MAIS CONFORTÁVEIS**. Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: Aprovado. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS

Prof. Dr. JOAO ROBERTO GOMES DE FARIA

Prof. Dr. BENTO RODRIGUES DE PONTES JUNIOR

Prof. Dr. JOSE CARLOS PLACIDO DA SILVA

Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO POLETTTO FILHO

*Dedico este trabalho aos meus pais: **Augusto** e **Josefina**.*

*Aos meus irmãos: **Gustavo** e **Priscila**.*

*Ao meu amor: **Talita**.*

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus orientadores, Prof. Guarnetti e Prof. Paschoarelli, por acreditarem em minhas potencialidades.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Design FAAC-UNESP.

Aos profissionais da Seção Técnica de Pós-Graduação em Design da FAAC – UNESP: Luiz, Silvio e Helder, pela presteza em atender e solucionar todas as minhas dúvidas.

A toda a equipe do Laboratório de Design e Usabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina, em especial ao Prof. Merino e Profa. Giselle.

A todos os colegas de doutorado, em especial ao Gabriel Henrique Cruz Bonfim, pela generosidade incondicional.

Ao amigo Prof. Dr. Luciano Maia Alves Ferreira e à Faculdade Anhanguera, pela cessão das dependências do Laboratório de Análise Física e Funcional e pelo auxílio na coleta dos dados eletromiográficos.

Ao Centro Estadual de Educação Tecnológica "Paula Souza" (CEETEPS), à Etec Antônio de Pádua Cardoso, à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) e à Fundação para o Desenvolvimento da Unesp (FUNDUNESP).

Finalmente, a todos os meus amigos, professores do Curso Técnico em Mecânica, alunos e trabalhadores do setor agrícola, jardinagem e manutenção paisagística.

“Pensar é o trabalho mais pesado que há, e, talvez, seja essa a razão para que tão poucas pessoas se dediquem a tal tarefa.”

Henry Ford

RESUMO

Uma Roçadeira Lateral Motorizada (RLM) consiste num equipamento manual destinado ao corte de vegetações. Entretanto, alguns desses equipamentos oferecidos no mercado não atendem aos requisitos de conforto e usabilidade em seus sistemas de sustentação, o que pode ocasionar problemas posturais aos utilizadores. O objetivo deste estudo foi investigar as relações entre a usabilidade de sistemas de RLMs com possíveis percepções de desconforto, geradas por montagens inadequadas, bem como projetar e avaliar um novo design do sistema, fundamentado em parâmetros ergonômicos. Para os registros de percepção de desconforto, foram utilizados protocolos de percepção subjetiva de desconforto; para os dados de satisfação, foram utilizados protocolos específicos de usabilidade, além de questionários específicos. Para os registros objetivos, realizou-se a análise das tarefas, cronometragem de tempos, bem como outras tecnologias, como: Captura por inércia 3D, eletromiografia e dinamômetros (dispositivo de mensuração). A coleta de dados ocorreu em fases experimentais: 1° – análise postural da atividade e utilização de captura por inércia 3D (n=1); 2° – Construção e validação de um dispositivo de mensuração de forças atuantes em usuários de RLMs (n=8); 3° – Análise da eficiência, eficácia, satisfação e níveis de percepção de desconforto no uso de sistemas de sustentação (n=50); 4° – Mensuração de forças atuantes em sistemas de sustentação de RMLs (n=50); 5° – Análise da percepção de desconforto no uso de cintos de sustentação (n=10); Design ergonômico (projeto de um novo sistema) (n=1); 6° – Análise da percepção de desconforto no uso de cintos de sustentação (Experimento com novo cinto) (n=10); 7° – Análise da eficiência, eficácia e satisfação no uso de sistemas de sustentação (Experimento com novo sistema) (n=30); 8° – Avaliação eletromiográfica aplicada à verificação dos níveis de atividade muscular através das simulações de movimentos com RLMs (n=3). Os resultados apontaram que dois sistemas de sustentação de RLMs oferecem interfaces que induzem seus usuários a empunharem a máquina de forma inadequada, ocasionando cargas assimétricas sobre o corpo. Também foram constatadas relações entre o aumento das impressões subjetivas de conforto, apresentadas nos questionários específicos, e a diminuição da percepção de desconforto, relatada nos diagramas de percepção subjetiva de desconforto, especialmente na região lombar, onde houve reduções significativas de apontamentos de desconforto. Assim, foi constatado que os sujeitos expressam menor percepção de desconforto e maior segurança quando se utilizam de cintos de sustentação providos de apoio para os quadris.

Palavras-chave: design, ergonomia, usabilidade, conforto, postura, roçadeiras laterais motorizadas.

ABSTRACT

A Gasoline Brush Cutter (GBC) consists of a manual motorized equipment for vegetation cutting. However, some of these equipments offered in the market do not meet the requirements of comfort and usability in their support systems, which can lead to postural problems for the users. The purpose of this study was to investigate the relationships between the usability of GBC systems with possible perceptions of discomfort generated by inadequate assemblies. Then, develop and evaluate a new design system, based on ergonomic parameters. For the subjective records of discomfort perception, the Corlett and Manenica (1980) diagram was used; for the satisfaction data, it was used the SUS protocol (BROOKE, 1996), as well as specific questionnaires. For the objective records, it was performed tasks analysis, time timing, as well as other technologies such as: 3D inertial capture, electromyography and dynamometers (measurement device). The data collection occurred in experimental phases: 1 - postural analysis of the activity and the use of 3D movement tracking (n = 1); 2 - Construction and validation of a device to measure forces acting on GBC users (n = 8); 3 - Analysis of the efficiency, effectiveness, satisfaction and levels of perception of discomfort in the use of support systems (n = 50); 4 - Measurement of forces acting on GBC support systems; 5 - Analysis of the perception of discomfort in the use of support belts (n = 10); Ergonomic design (design of a new system) (n=1); 6 - Analysis of the perception of discomfort in the use of support belts (Experiment with new belt) (n = 10); 7 ° - Analysis of efficiency, effectiveness and satisfaction in the use of support systems (Experiment with new system) (n = 30); 8 - Electromyographic evaluation applied to the verification of muscular activity levels through the simulations of movements with GBC (n = 3). The results pointed out that some GBC support systems offer interfaces that induce their users to handle the machine improperly, causing asymmetric loads on the body. It was also observed relationships between the increase of the subjective impressions of comfort, presented in the specific questionnaires, and the decrease of the perception of discomfort, reported in the Corlett and Manenica diagrams. Especially in the lumbar region, where there were significant reductions in the observation of discomfort. Finally, it was observed that the users express lower perception of discomfort and greater safety when using support belts provided with support for the hips.

Keywords: design, ergonomics, usability, comfort, posture, gasoline brush cutters

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspectos a serem considerados no design ergonômico de RLMS.	
Delimitação do tema da pesquisa.	27
Figura 2 – Fluxograma da estrutura da pesquisa.	33
Figura 3 – Operador, RLM e seus componentes.	35
Figura 4 – Usuários operando o equipamento sem o cinto de sustentação.	37
Figura 5 – Mosquetão ligando a RLM ao passante da calça.	39
Figura 6 – Procedimentos básicos para o balanceamento de RLMS.	43
Figura 7 – Coluna vertebral – visão geral.	46
Figura 8 – Fatores biomecânicos que podem influenciar na postura na atividade com RLMS.	48
Figura 9 – Forças de compressão sobre o disco L5/S1 estimadas para várias cargas e posturas.	49
Figura 10 – Torque na articulação vertebral L5-S1 criado pela carga e segmentos do corpo.	50
Figura 11 – Comparativo entre posturas adotadas em diferentes situações de equilíbrio.	51
Figura 12 – RLM modelo A. Configurações iniciais de fábrica (exceto sistema de corte).	61
Figura 13 – Sistema de sustentação do modelo A. (1. Empunhadura, 2. Suporte das empunhaduras, 3. Suporte de sustentação).	62
Figura 14 – RLM modelo B. Configurações iniciais de fábrica (exceto sistema de corte).	63
Figura 15 – Sistema de sustentação do modelo B. (1. Empunhadura, 2. Suporte das empunhaduras, 3. Suporte de sustentação fixo).	64
Figura 16 – RLM modelo C. Configurações iniciais de fábrica (exceto sistema de corte).	65
Figura 17 – Sistema de sustentação do modelo C. (1. Empunhadura, 2. Suporte das empunhaduras com 3. Suporte de sustentação integrado).	66
Figura 18 – RLM modelo D. Configurações iniciais de fábrica (exceto sistema de corte).	67
Figura 19 – Sistema de sustentação do modelo D. (1. Empunhadura, 2. Suporte das empunhaduras, 3. Suporte de sustentação fixo).	68

Figura 20 – Cinto de sustentação modelo A.	69
Figura 21 – Cinto de sustentação modelo B.	70
Figura 22 – Cinto de sustentação modelo C.	71
Figura 23 – Cinto de sustentação modelo D.	72
Figura 24 – Cinto de sustentação do modelo E.	73
Figura 25 – Tecnologia de captura de movimentos por inércia e instalação do equipamento ao corpo do operador.	77
Figura 26 – Observação da atividade de roçagem com RLMs.	78
Figura 27 – Etapas de montagem do sistema de sustentação da RLM e a acoplagem desta ao dispositivo de mensuração de forças, projetado conforme Apêndice 18.	79
Figura 28 – Sala adaptada para coleta de dados antropométricos e observação da atividade de montagem dos sistemas.	81
Figura 29 – Coleta de dados antropométricos.	84
Figura 30 – Sujeitos executando a simulação dos movimentos com a RLM. ...	85
Figura 31 – Sujeito utilizando os cintos (A, B, C, D, E).	89
Figura 32 – Metodologia de Intervenção Ergonomizadora do Sistema Homem-Máquina-Tarefa (SHTM).	90
Figura 33 – Sujeito utilizando os cintos (A, B, C, D, F).	93
Figura 34 – Variações de lâminas (pesos) utilizadas na RLM modelo C para o corte de diferentes tipos de vegetações.	96
Figura 35 – Posicionamento dos eletrodos e respectivas conexões ao módulo de aquisição de sinais.	98
Figura 36 – Simulação dos movimentos com uma RLM, exceto pernas e pés.	99
Figura 37 – Resultado do Questionário Nórdico – localização de dores/desconfortos nos últimos 7 dias. Postura em pé, vista posterior.	100
Figura 38 – Tarefas elementares realizadas pelo operador. Ausência do procedimento de balanceamento da máquina.	101
Figura 39 – Operador em atividade. Suporte de sustentação a 28cm de distância do suporte das empunhaduras.	102
Figura 40 – Leitura dos movimentos realizados pelo software e situação real de trabalho.	104

Figura 41 – Peça de madeira presa à lâmina da RLM e operador utilizando o cinto com apenas uma alça. Ambos os equipamentos sem o dispositivo de proteção da lâmina.	108
Figura 42 – Equipamento modelo “A”. Tentativa de ajustagem para balanceamento da RLM. Regulagem do suporte de sustentação com chave do tipo fenda.	110
Figura 43 – Montagem incorreta das empunhaduras. A angulação provocou uma pega inadequada.	111
Figura 44 – Montagem e vestimenta do equipamento do lado inverso. Pega inadequada.	112
Figura 45 - Vestimenta do cinto com espuma das alças e pad de proteção invertidos.	112
Figura 46 – RLM Modelo B. Suporte das empunhaduras montado de maneira invertida.	114
Figura 47 – Montagem das empunhaduras em região divergente da proposta pelo manual de instruções.	114
Figura 48 – Desgaste de um suporte de sustentação decorrente de sucessivos movimentos em contato com a perna do usuário.	115
Figura 49 – Pad de proteção da perna direita em local inadequado.	116
Figura 50 – Ajuste inadequado. Angulação das empunhaduras acima de 130°.	117
Figura 51 – Empunhadura de aceleração montada em posição invertida (lado esquerdo).	117
Figura 52 – Modelo “D”. Montagem inadequada. Componentes do suporte das empunhaduras de cabeça para baixo.	119
Figura 53 – Ângulo incorreto das empunhaduras. Postura de trabalho inadequada. Pad de proteção em posição inadequada.	119
Figura 54 – Vestimenta do lado inverso (pad de proteção posicionado na perna esquerda).	120
Figura 55 – Alça direita do cinto demasiadamente frouxa. Peso total do equipamento suportado apenas por uma alça.	121
Figura 56 – Fatores que influenciaram o aumento do tempo de montagem e regulagem dos suportes das empunhaduras e sustentação.	125

Figura 57 – Suporte de sustentação modelo C, integrado com base elevada.	126
Figura 58 – Cinto A – presilha frontal com desenho pouco usual.	128
Figura 59 – Cinto B – prováveis pontos que facilitaram a compreensão da vestimenta.	129
Figura 60 – Cinto C – pontos positivos e negativos que provavelmente influenciaram o tempo de vestimenta.	130
Figura 61– Cinto D – as fivelas de regulação das alças ocasionaram confusão no momento da vestimenta.	131
Figura 62 – Cinto D – o sistema de engate apresentou-se confuso para a maioria dos participantes.	131
Figura 63 – Cinto E – presilhas frontal e lateral com desenhos pouco usuais.	132
Figura 64 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo A – cinto A). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).	143
Figura 65 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo B – cinto B). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).	144
Figura 66 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto C). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).	145
Figura 67 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo D – cinto D). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).	146
Figura 68 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo A – Cinto E). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).	147
Figura 69 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto A). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).	156
Figura 70 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – Cinto B). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).	157

Figura 71 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – Cinto C). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).....	157
Figura 72 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto D). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).....	158
Figura 73 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto E). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).....	159
Figura 74 – Sketches de algumas propostas para o novo suporte de sustentação.	168
Figura 75 – Imagem 3D do novo design de suporte.....	169
Figura 76 – Projeto iconográfico do novo sistema de ajuste para balanceamento	169
Figura 77 – Projeto iconográfico do novo sistema de ajuste das empunhaduras.	170
Figura 78 – Alguns processos de fabricação envolvidos no desenvolvimento do novo suporte de sustentação.....	170
Figura 79 – Protótipo do novo suporte de sustentação (modelo F).	171
Figura 80 – Sketches da nova proposta de cinto de sustentação.	173
Figura 81 – Algumas etapas do processo de modelagem do cinto de sustentação.	174
Figura 82 – Algumas etapas do processo de confecção do novo cinto de sustentação.	174
Figura 83 – Protótipo do novo cinto de sustentação (modelo F).....	175
Figura 84 – Indivíduo realizando vestimenta do cinto e ajustes para balanceamento.	177
Figura 85 – Teste de funcionalidade.	177
Figura 86 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto A). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Inclusão do novo modelo (F).	179
Figura 87 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto B). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Inclusão do novo modelo (F).	179

Figura 88 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto C). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Inclusão do novo modelo (F).	180
Figura 89 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto D). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Inclusão do novo modelo (F).	181
Figura 90 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C - cinto F). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto.....	181
Figura 91 – Sistema C/E. Montagem das empunhaduras em angulação inadequada.	188
Figura 92 – Sistema C/E. Empunhaduras montadas simetricamente em relação à haste principal do equipamento.....	189
Figura 93 – Sistema C/E. Tentativa de movimentação do suporte de sustentação/empunhaduras com o equipamento empunhado ao corpo.	190
Figura 94 – Sistema C/E. Dificuldades em encontrar os encaixes da presilha da alça lateral.	190
Figura 95 – Sistema F/F – Montagem correta das empunhaduras.....	191
Figura 96 – Sistema F/F. Vestimenta da alça de quadril. Empunhaduras montadas de maneira correta.	192
Figura 97 – Sistema F/F. Realização de ajuste fino para balanceamento.	193
Figura 98 – Representação humana empunhado uma RLM, dispositivo de mensuração e forças atuantes no sistema.	258
Figura 99 – Dispositivo de mensuração de forças e seus ajustes.	259
Figura 100 – RLM acoplada ao dispositivo de mensuração de forças e dinamômetros.....	260

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais tarefas de montagem e manutenção com foco na usabilidade e no correto funcionamento de RLMS. Síntese da leitura de 25 manuais de instruções.	36
Tabela 2 – Exemplo de medidas de usabilidade propostas pela ISO 9241-11.	57
Tabela 3 – Síntese dos materiais e dimensões empregados nos cinco modelos de cintos avaliados.	74
Tabela 4 – Amplitude de movimento (em graus) e percentual de tempo de exposição (em%): L5/articulação L4-L3.	104
Tabela 5 - Amplitude de movimento (em graus) e percentual de tempo de exposição (em%): Pelve/articulação L5-S1.	105
Tabela 6 – Forças e dimensões encontradas nas configurações de montagem dos 8 sujeitos avaliados.	108
Tabela 7 – Críticas e sugestões registradas pelos utilizadores após o uso de sistemas de sustentação de RLMS (preenchimento opcional).	141
Tabela 8 – Principais falhas de design encontradas nos sistemas de sustentação das RLMS e seus possíveis prejuízos.	166
Tabela 9 – Dados antropométricos coletados conforme apêndice 2. Amostra de 50 potenciais usuários de RLMS.	172
Tabela 10 – Síntese dos materiais e dimensões empregados no novo desenho de cinto de sustentação (modelo F).	176

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tempo gasto na leitura dos manuais de instruções (Eixo X = Modelos. Eixo Y = Tempo em minutos).	123
Gráfico 2 – Tempo gasto na montagem dos suportes e regulagem para balanceamento (Eixo X = Modelo. Eixo Y = Tempo em minutos).....	127
Gráfico 3 –Tempo gasto na vestimenta e ajustagem dos cintos (Eixo X = Modelo. Eixo Y = Tempo em minutos).	133
Gráfico 4 – Somatória dos tempos: vestimenta do cinto, montagem dos suportes e ajustagem para balanceamento (Eixo X= Modelo. Eixo Y = Tempo em minutos).....	134
Gráfico 5 – Síntese das respostas à afirmativa: “A montagem das empunhaduras é fácil.”	135
Gráfico 6 – Síntese das respostas à negativa: “Não é possível montar as empunhaduras sem o uso do manual de instruções.”	136
Gráfico 7 – Síntese das respostas à afirmativa: “O suporte de sustentação, que prende a roçadeira ao gancho do cinto de sustentação, oferece fácil regulagem.”	136
Gráfico 8 – Síntese das respostas à negativa: “Após montadas, as empunhaduras não permitem fácil regulagem para frente ou para trás, para à direita ou para à esquerda.”	137
Gráfico 9 – Síntese das respostas à afirmativa: “O suporte das empunhaduras e o suporte de sustentação, elementos responsáveis pelo equilíbrio do equipamento, são práticos.”	138
Gráfico 10 – Síntese das respostas à negativa: “Não consigo fazer o sistema de corte flutuar após soltar as duas mãos das empunhaduras.”	138
Gráfico 11 – Síntese das respostas à afirmativa: “O cinto de sustentação me oferece estabilidade e segurança.”	139
Gráfico 12 – Síntese das respostas à negativa: “O cinto de sustentação não é confortável.”	140
Gráfico 13 – Síntese das respostas à afirmativa: “As regulagens do cinto de sustentação são fáceis de utilizar.”	140
Gráfico 14 – Forças encontradas nos cintos de sustentação (Eixo X = Modelos de RLMS. Eixo Y = Forças em Kgf).	150

Gráfico 15 – Forças encontradas nas empunhaduras direitas (Eixo X = Modelos de RLMS. Eixo Y = Força em Kgf).	153
Gráfico 16 – Forças encontradas nas empunhaduras esquerdas (Eixo X = Modelos de RLMS. Eixo Y = Força em Kgf).	153
Gráfico 17 – Síntese das respostas: "Sobre o material que constitui as alças que se acomodam nos ombros e em outras partes do corpo." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).	161
Gráfico 18 – Síntese das respostas: "Sobre o material que constitui o pad, localizado entre a perna direita e a haste do equipamento." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).	161
Gráfico 19 – Síntese das respostas: "Sobre os elementos de fixação das alças ao corpo." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).	162
Gráfico 20 – Síntese das respostas: "Sua avaliação geral sobre o produto." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).	163
Gráfico 21 – Síntese das respostas: "Você se sentiu seguro ao usar este cinto?" (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).	163
Gráfico 22 – Síntese das observações positivas e negativas quanto ao conforto na experiência no uso de cintos de sustentação de RLMS (Eixo X = modelos. Eixo Y = nº de observações).	164
Gráfico 23 - Síntese das respostas: "Sobre o material que constitui as alças que se acomodam nos ombros e em outras partes do corpo." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos) (Experimento com cinto modelo F).	183
Gráfico 24 – Síntese das respostas: "Sobre o material que constitui o pad, localizado entre a perna direita e a haste do equipamento." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos) (Experimento com cinto modelo F).	184
Gráfico 25 – Síntese das respostas: "Sobre os elementos de fixação das alças ao corpo." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos) (Experimento com cinto modelo F).	185
Gráfico 26 – Síntese das respostas: "Sua avaliação geral sobre o produto." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos) (Experimento com cinto modelo F).	185
Gráfico 27 – Síntese das respostas: "Você se sentiu seguro ao usar este cinto?" (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos) (Experimento com cinto modelo F).	186

Gráfico 28 – Síntese das observações positivas e negativas quanto ao conforto na experiência no uso de cintos de sustentação de RLMs (Eixo X = modelos. Eixo Y = nº de observações). Experimento com cinto modelo F.	187
Gráfico 29 – Tempos de montagem dos suportes de sustentação/empunhaduras (Eixo X= Sistemas. Eixo Y= Tempo em minutos).	194
Gráfico 30 – Tempos de vestimenta dos cintos de sustentação (Eixo X = Sistemas. Eixo Y = Tempo em minutos).	195
Gráfico 31 – Tempos de ajustagem para balanceamento (Eixo X = Sistemas. Eixo Y = Tempo em minutos).	196
Gráfico 32 – Somatória dos tempos de cada tarefa (Eixo X = Sistema. Eixo Y = Tempo em minutos).	197
Gráfico 33 – Pontuações finais dos protocolos SUS quanto à usabilidade dos sistemas de sustentação (Eixo X = Sistemas. Eixo Y = médias das pontuações finais).	199
Gráfico 34 – Atividade muscular – longuíssimo do dorso direito (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Média do sinal retificado RMS).	201
Gráfico 35 – Atividade muscular – Longuíssimo do dorso esquerdo (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Média do sinal retificado RMS).	202
Gráfico 36 – Atividade muscular – braquiorradial direito (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Média do sinal retificado RMS).	203
Gráfico 37 – Atividade muscular – braquiorradial esquerdo (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Média do sinal retificado RMS).	204
Gráfico 38 – Eficiência dos sistemas – somatória das atividades eletromiográficas encontradas nos 4 grupos musculares (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Porcentagem de eficiência).	205

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AET – Análise Ergonômica do Trabalho

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CNC – Computer Numeric Control

DORT – Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho

GBC – Gasoline Brush Cutter

HDPE – High-Density PolyEthylene

LER – Lesões por Esforços Repetitivos

RLM – Roçadeira Lateral Motorizada

RMS – Root Mean Square

SAC – Serviço de Informação ao Consumidor

SENIAM – Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles

SUS – System Usability Scale

SBR – Styrene Butadiene Rubber

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
Apresentação	25
Delimitação do tema.....	26
Justificativa.....	27
Questão da pesquisa.....	28
Hipótese da pesquisa.....	28
Objetivos.....	29
Objetivo Geral	29
Objetivos Específicos	29
Metodologia de pesquisa	30
Estrutura da pesquisa.....	32
2 REVISÃO DE LITERATURA	34
2.1 A postura no trabalho agrícola e paisagístico.....	34
2.3 A postura no trabalho com RLMs e demais equipamentos agrícolas costais	37
2.4 Postura e distúrbios musculoesqueléticos envolvendo cintos de sustentação, arneses e similares	40
2.5 Problemas e recomendações no estudo das interfaces de sustentação de RLMs: vestimenta do cinto, montagem e regulação para balanceamento	42
2.6 Anatomia da coluna vertebral, antropometria, biomecânica ocupacional, transporte manual de cargas e suas relações com o objeto da pesquisa	44
2.7 Percepção de conforto no vestuário: conceitos elementares a serem considerados na modelagem de cintos de sustentação de RLMs	51
2.8 Ergodesign e Usabilidade	54
2.8.1 Parâmetros de usabilidade	56
2.8.1.1 Objetivos e subobjetivos	58
2.8.1.2 Características dos usuários.....	58
2.8.1.3 Contexto do uso	59
3 MATERIAIS E MÉTODOS	60
3.1 Materiais.....	60
3.1.1 RLM modelo A	60
3.1.1.1 Sistema de sustentação – A.....	61
3.1.2 RLM modelo B	62
3.1.2.1 Sistema de sustentação – B.....	63

3.1.3 RLM modelo C	64
3.1.3.1 Sistema de sustentação – C.....	65
3.1.4 RLM modelo D	66
3.1.4.1 Sistema de sustentação – D.....	67
3.1.5 Cintos de sustentação de apoio duplo nos ombros	68
3.1.5.1 Cinto modelo A	68
3.1.5.2 Cinto modelo B	69
3.1.5.3 Cinto modelo C	70
3.1.5.4 Cinto modelo D	71
3.1.5.5 Cinto modelo E	72
3.1.6 Materiais que compõem os cintos de sustentação	73
3.2 Métodos	74
3.2.1 Primeiro experimento – análise postural da atividade de roçagem e a utilização de tecnologia de rastreamento de movimentos 3D	76
3.2.1.1 Objetivos do experimento	76
3.2.1.2 Materiais	76
3.2.1.3 Procedimentos metodológicos	76
3.2.2 Segundo experimento – observação da atividade de roçagem e validação de um dispositivo de mensuração de forças atuantes em usuários de RLMs ..	77
3.2.2.1 Objetivos do experimento	77
3.2.2.2 Materiais	77
3.2.2.3 Procedimentos metodológicos	78
3.2.2.4 Critérios de inclusão	80
3.2.3 Terceiro experimento – análise da eficiência, eficácia, satisfação e níveis de percepção de dor/desconforto no uso de sistemas de sustentação de RLMs	80
3.2.3.1 Objetivos do experimento	80
3.2.3.2 Materiais	80
3.2.3.3 Procedimentos metodológicos	81
3.2.3.3.1 Objetivo principal e subobjetivo do produto.....	82
3.2.3.3.2 Características dos usuários e critérios de inclusão	82
3.2.3.3.3 Contexto do uso.....	83
3.2.3.3.4 Procedimentos do experimento.....	83
3.2.4 Quarto experimento – mensuração de forças atuantes em sistemas de sustentação de RLMs.....	86
3.2.4.1 Objetivos do experimento	86
3.2.4.2 Materiais	86

3.2.4.3 Procedimentos metodológicos	87
3.2.5 Quinto experimento – análise da percepção de dor/desconforto no uso de cintos de sustentação de RLMS	87
3.2.5.1 Objetivos do experimento	87
3.2.5.1 Materiais.....	88
3.2.5.2 Procedimentos metodológicos.....	88
3.2.6 Design ergonômico com foco no redesenho dos sistemas de sustentação de uma RLM: etapas metodológicas	90
3.2.7 Sexto experimento – análise da percepção de dor/desconforto no uso de cintos de sustentação de RLMS: experimento com cinto redesenhado	91
3.2.7.1 Objetivos do experimento.....	91
3.2.7.2 Materiais.....	92
3.2.7.3 Procedimentos metodológicos.....	92
3.2.8 Sétimo experimento – análise da eficiência, eficácia e satisfação no uso de sistemas de sustentação de RLMS: experimento incluindo sistema redesenhado.....	93
3.2.8.1 Objetivos do experimento.....	93
3.2.8.2 Materiais	93
3.2.8.3 Procedimentos metodológicos	94
3.2.8.3.1 Objetivo principal e subobjetivo do produto.....	94
3.2.8.3.2 Características dos usuários e critérios de inclusão	94
3.2.8.3.3 Contexto do uso.....	95
3.2.8.3.4 Procedimentos do experimento.....	95
3.2.9 Oitavo experimento – avaliação eletromiográfica aplicada à verificação dos níveis de atividade de 4 grupos musculares através das simulações de movimentos com RLMS.....	96
3.2.9.1 Objetivos do experimento.....	96
3.2.9.2 Materiais	97
3.2.9.3 Procedimentos metodológicos	97
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	100
4.1 Primeiro experimento	100
4.1.1 Entrevista estruturada e Questionário Nórdico	100
4.1.2 Observação direta da atividade de roçagem.....	101
4.1.3 Montagem do sistema de rastreamento 3D.....	103
4.1.4 Análise dos dados obtidos pelo rastreador de movimentos 3D.....	103
4.1.5 Considerações acerca do experimento	105
4.2 Segundo experimento	107

4.2.1 Observação da atividade de roçagem de funcionários do setor de limpeza e manutenção de vias públicas	107
4.2.2 Resultados e discussão das forças atuantes encontradas no dispositivo de mensuração	108
4.3 Terceiro experimento	109
4.3.1 Observação da atividade de montagem com vistas à eficácia dos sistemas de sustentação de RLMS	109
4.3.1.1 Usuários montando o modelo – A	110
4.3.1.2 Usuários montando o modelo – B	113
4.3.1.3 Usuários montando o modelo – C	116
4.3.1.4 Usuários montando o modelo – D	118
4.3.1.5 Usuários montando o modelo – A (cinto de sustentação modelo E)	121
4.3.2 Análise da eficiência dos sistemas – Tempos	121
4.3.2.1 Tempo gasto e observações a serem consideradas na leitura dos manuais de instruções	122
4.3.2.2 Tempo gasto e observações a serem consideradas na montagem dos suportes de sustentação e empunhaduras	123
4.3.2.2.1 Usuários do suporte modelo A	124
4.3.2.2.2 Usuários dos suportes modelo C	125
4.3.2.2.3 Testes estatísticos – tempo de montagem dos suportes	126
4.3.2.3 Tempo gasto e observações a serem consideradas na vestimenta e ajustagem dos cintos de sustentação	127
4.3.2.3.1 Usuários do cinto modelo A	127
4.3.2.3.2 Usuários do cinto modelo B	128
4.3.2.3.3 Usuários dos cinto modelo C	129
4.3.2.3.4 Usuários do cinto modelo D	130
4.3.2.3.5 Usuários do cinto modelo E	132
4.3.2.3.6 Testes estatísticos – tempo de vestimenta e ajustagem dos cintos	132
4.3.2.4 Somatória dos tempos de vestimenta dos cintos, montagem, ajuste dos suportes e regulagem para balanceamento	133
4.3.2.4.1 Testes estatísticos – somatória dos tempos de vestimenta dos cintos, montagem dos suportes e ajustagem para balanceamento	134
4.3.3 Análise da satisfação dos usuários através da aplicação de protocolo específico de satisfação	134
4.3.4 Resultados dos níveis de percepção de dor/desconforto após a simulação do uso de RLMS em laboratório	141
4.3.4.1 Usuários do modelo A	142

4.3.4.2 Usuários do modelo B	143
4.3.4.3 Usuários do modelo C	144
4.3.4.4 Usuários do modelo D	145
4.3.4.5 Usuários do modelo A (cinto E)	146
4.3.5 Considerações acerca da eficácia, eficiência, satisfação e percepção de dor/desconforto no pós-uso dos sistemas analisados.....	147
4.4 Quarto experimento	148
4.4.1 Forças encontradas nos cintos de sustentação	149
4.4.1.1 Testes estatísticos – forças encontradas nos cintos de sustentação	150
4.4.2 Forças encontradas nas empunhaduras	151
4.4.2.1 Testes estatísticos – forças encontradas nas empunhaduras	154
4.4.3 Considerações acerca dos dados obtidos pelo dispositivo de mensuração de forças atuantes em sistemas de sustentação de RLMS.	154
4.5 Quinto experimento	155
4.5.1 Diagrama de desconforto postural	155
4.5.1.1 Cinto modelo A	155
4.5.1.2 Cinto modelo B	156
4.5.1.3 Cinto modelo C	157
4.5.1.4 Cinto modelo D	158
4.5.1.5 Cinto modelo E	158
4.5.1.6 Considerações acerca dos apontamentos de dor/desconforto	159
4.5.2 Protocolo estruturado sobre conforto subjetivo no pós-uso de cintos de sustentação de RLMS.....	160
4.5.2.1 Questão: “Sobre o material que constitui as alças que se acomodam nos ombros e em outras partes do corpo.”	160
4.5.2.2 Questão: “Sobre o material que constitui o pad, localizado entre a perna direita e a haste do equipamento.”	161
4.5.2.3 Questão: “Sobre os elementos de fixação das alças ao corpo.” ...	162
4.5.2.4 Questão: “Sua avaliação geral sobre o produto.”	162
4.5.2.5 Questão: “Você se sentiu seguro ao usar este cinto?”	163
4.5.2.6 Questão: “Caso deseje, deixe alguma observação”	164
4.5.3 Considerações acerca dos resultados do protocolo estruturado sobre percepção de conforto.....	164
4.6 Resultados do processo de design ergonômico com foco no redesenho dos sistemas de sustentação de uma RLM: resultados e discussão	165
4.6.1 Identificação das falhas	165
4.6.2 Briefing do projeto	166

4.6.3 Desenvolvimento do suporte de sustentação/empunhaduras	167
4.6.3.1 Conceituação	167
4.6.3.2 Processos de fabricação do protótipo	170
4.6.4 Desenvolvimento do cinto de sustentação	171
4.6.4.1 Conceituação	171
4.6.4.2 Processos de fabricação do protótipo	173
4.6.5 Teste de eficácia do novo sistema de sustentação	176
4.7 Sexto experimento	178
4.7.1 Diagrama de desconforto postural com inclusão do cinto reprojetoado	178
4.7.1.1 Cinto modelo A	178
4.7.1.2 Cinto modelo B	179
4.7.1.3 Cinto modelo C	180
4.7.1.4 Cinto modelo D	180
4.7.1.5 Cinto modelo F	181
4.7.1.6 Considerações acerca dos apontamentos de dor/desconforto: experimento com o cinto reprojetoado modelo (F)	182
4.7.2 Protocolo estruturado sobre conforto subjetivo no pós-uso de cintos de sustentação de RLMS: experimento com cinto redesenhado modelo F	182
4.7.2.1 Questão: “Sobre o material que constitui as alças que se acomodam nos ombros e em outras partes do corpo.”	183
4.7.2.2 Questão: “Sobre o material que constitui o pad, localizado entre a perna direita e a haste do equipamento.”	183
4.7.2.3 Questão: “Sobre os elementos de fixação das alças ao corpo.” ...	184
4.7.2.4 Questão: “Sua avaliação geral sobre o produto.”	185
4.7.2.5 Questão: “Você se sentiu seguro ao usar este cinto?”	185
4.7.2.6 Questão: “Caso deseje, deixe alguma observação”	186
4.7.3 Considerações acerca dos resultados do questionário estruturado sobre conforto: experimento com o cinto redesenhado modelo F	187
4.8 Sétimo experimento	188
4.8.1 Observação da atividade de montagem com vistas à eficácia dos sistemas de sustentação de RLMS: análise dos modelos C/E e F/F	188
4.8.1.1 Usuários do sistema C/E	188
4.8.1.2 Usuários do sistema F/F (sistema reprojetoado)	191
4.8.1.3 Considerações acerca das observações da atividade	193
4.8.2 Análise da montagem dos suportes e vestimenta dos cintos com vistas à eficiência dos sistemas: tempos de execução da atividade	193

4.8.2.1 Tempos de montagem dos suportes de sustentação/empunhaduras: modelos C e F	193
4.8.2.2 Tempos de vestimenta dos cintos de sustentação: modelos E e F	195
4.8.2.3 Tempos de ajustagem para balanceamento: sistemas C e F.....	196
4.8.2.4 Somatória dos tempos de cada tarefa: sistemas C/E e F/F.....	196
4.8.3 Análise da satisfação no uso de sistemas de sustentação de RLMS: sistemas C/E e F/F.....	198
4.8.4 Considerações acerca da eficácia, eficiência e satisfação dos usuários dos sistemas C/E e F/F	199
4.9 Oitavo experimento.....	200
4.9.1 Níveis de atividade muscular encontrados na região lombar direita...	200
4.9.2 Níveis de atividade muscular encontrados na região lombar esquerda ...	201
4.9.3 Níveis de atividade muscular encontrados na região braquiorradial direita	202
4.9.4 Níveis de atividade muscular encontrados na região braquiorradial esquerda	203
4.9.5 Somatória das atividades eletromiográficas com vistas à eficiência dos sistemas	204
4.9.6 Considerações acerca do experimento.....	205
5 CONCLUSÃO.....	206
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	209
APÊNDICES	216
1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE	216
2 – Ficha de coleta para levantamento antropométrico estático – posição ereta.....	217
3 – Ficha de coleta para levantamento das variações dimensionais de regulagem do equipamento.....	219
4 – Protocolo – Usabilidade de Sistemas de Sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas	220
5 – Protocolo – Conforto no pós-uso de cintos de sustentação em atividade com RLMS.....	221
6 – Teste estatístico – tempo de gasto na leitura dos manuais de instruções .	222
7 – Teste estatístico – tempo de montagem e regulagem dos suportes de sustentação e empunhaduras: modelos A e C	223
8 – Teste estatístico – tempo de vestimenta e ajustagem dos cintos.....	227
9 – Teste estatístico – somatória dos tempos de vestimenta dos cintos, montagem e regulagem dos suportes de sustentação e empunhaduras.....	230

10 – Teste estatístico – forças encontradas no dispositivo de mensuração (cintos de sustentação)	234
11 – Teste estatístico – forças encontradas no dispositivo de mensuração (empunhaduras direitas)	240
12 – Teste estatístico – forças encontradas no dispositivo de mensuração (empunhaduras esquerdas)	244
13 – Teste estatístico – tempos de montagem dos suportes C e F	248
14 – Teste estatístico – tempos de vestimenta dos cintos de sustentação: modelos E e F.....	250
15 – Teste estatístico – tempos de ajustagem para balanceamento: sistemas E e F	252
16 – Teste estatístico – somatória dos tempos de cada tarefa: sistemas C/E e F/F	254
17 – Teste estatístico – médias finais dos protocolos SUS: sistemas C/E e F/F ..	256
18 – Projeto e construção do dispositivo de mensuração de forças.....	258
ANEXOS	261
1 – Parecer consubstanciado do CEP	261
2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido TCLE	264
3 – Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos	265
4 – Procedimento de ajustagem do cinto e balanceamento de RLMS	266
5 – Diagrama de desconforto postural	268
6 – Protocolo SUS – System Usability Scale	269

1 INTRODUÇÃO

Apresentação

O atual modelo econômico neoliberal, vigente na maioria dos países ocidentais, herdou severos resquícios da sociedade industrial moderna do século 20. A busca incessante por um ideal de conforto e comodidade, representados por um padrão de consumo inconsciente, se contrasta com ritmos quase frenéticos de alcance por altas demandas de produtividade. Isto não somente anula, mas contribui para o ofuscamento da visão de um verdadeiro ideal de qualidade de vida, tão almejado pela sociedade contemporânea. Longas jornadas de trabalho, cumprimento de metas, estresse físico e psíquico são temas cada vez mais discutidos no mundo do trabalho.

Diariamente, milhares de indústrias de bens de produção, consumo e serviços desenvolvem produtos focando maior ênfase na eficiência econômica e financeira. Por outro lado, empregam menor importância aos aspectos humanos, como sustentabilidade social, ambiental, condições relativas à segurança e aos fatores humanos, esse último, referindo-se à Ergonomia.

Estudos inerentes à Ergonomia, que utilizam de diversas áreas da ciência com foco no bem-estar humano, caminham a passos largos no sentido de corrigir e, até mesmo, antecipar possíveis falhas entre o complexo sistema homem x tecnologia, visando proporcionar conforto e segurança, tanto nas atividades cotidianas quanto em ambientes de trabalho.

Especificamente no mercado brasileiro de ferramentas manuais agrícolas, tem-se notado um vertiginoso crescimento a cada ano e, atualmente, nunca foi tão fácil adquirir um produto portátil, que corta, fura, lixa, serra, apara etc. Tão amplo que abrange praticamente todos os ramos da economia, desde setores da indústria e construção civil, passando pelo agrícola e de serviços e culminando nas residências através das ferramentas *hobby*.

Em ambientes agrícolas, onde se nota um aumento expressivo no número de utilizadores de roçadeiras, Pereira et al. (2010) comenta que a intensa utilização de máquinas agrícolas fez com que se ampliasse consideravelmente os riscos a que estão sujeitos os trabalhadores rurais, já que mais de 60% das

mortes ocorridas em acidentes no trabalho do setor rural são consequências da mecanização.

Em iguais proporções crescem os números de reclamações aos Serviços de Informações ao Consumidor (SACs), muitas vezes decorrentes do uso indevido do equipamento, ora pela não leitura ou incompreensão dos manuais de instruções, ora por falta de treinamento ou por falhas no projeto da interface do desenho do produto. Os prováveis resultados são: usuários insatisfeitos, doenças ocupacionais e, em alguns casos, acidentes graves e até mesmo fatais.

Ainda que aparentemente sugira uma fácil utilização, a Roçadeira Lateral Motorizada (RLM) demanda uma considerável carga de informações, atenção e destreza do usuário para que possa ser manuseada com conforto e segurança.

Apesar de não haver dados precisos e oficiais sobre acidentes relacionados especificamente a essa atividade, é possível comprovar, através de informações em revistas especializadas e mídia eletrônica, as frequentes ocorrências de acidentes com esse tipo de equipamento (ZONA DE RISCO, 2011; PROTEÇÃO, 2014).

Em suma, é possível observar um considerável número de estudos que enfatizam os diversos riscos físicos que o equipamento oferece, dentre eles o ruído e as vibrações. Entretanto, a grande maioria das pesquisas realiza abordagens que se concentram apenas no âmbito organizacional da atividade. Estudos específicos que correlacionem a atividade do operador de RLMs ao desconforto, má postura, riscos musculoesqueléticos e a possíveis falhas no design do próprio equipamento não foram realizados.

Dentro desse contexto, o tema desta pesquisa consistiu no estudo das relações entre usabilidade das interfaces de sustentação de RLMs e um provável aumento nos níveis de percepção de dor/desconforto, decorrentes do uso inadequado do equipamento e, conseqüentemente, da má distribuição da carga ao corpo dos usuários.

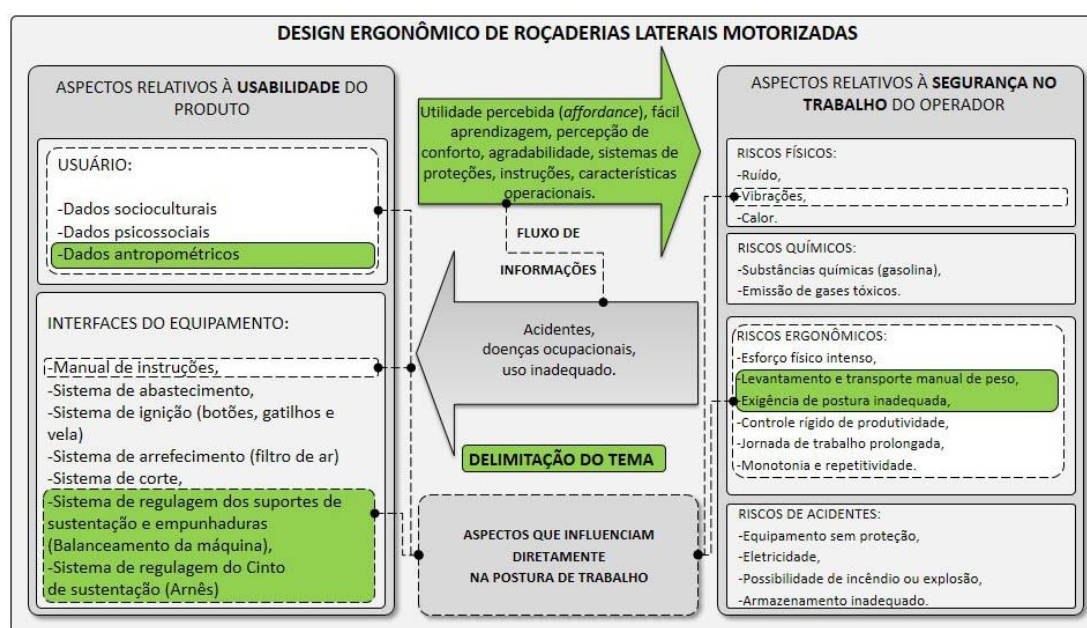
Delimitação do tema

Sabe-se que uma RLM consiste em um equipamento cujo uso é relativamente complexo. Apresenta diversas interfaces de controle que devem ser totalmente compreendidas por quem a utiliza, do contrário, os níveis de

segurança e conforto na execução da atividade diminuem consideravelmente. Em consequência disso, são inúmeras as possibilidades de estudos que poderiam ser dedicados à saúde e segurança no trabalho com esse tipo de equipamento.

Sendo assim, utilizando-se da Ergonomia, disciplina científica que se usufrui dos conhecimentos relativos à compreensão entre aspectos humanos, tecnologias e suas relações com as atividades diárias, o tema desta pesquisa delimitou-se ao: estudo das interfaces de sustentação de RLMS com foco na usabilidade do processo de montagem e ajustagem desses sistemas, na busca de se investigar como esses elementos podem influenciar sobre os diferentes níveis de percepção de desconforto postural no pós-uso do equipamento.

Figura 1 – Aspectos a serem considerados no design ergonômico de RLMS. Delimitação do tema da pesquisa.



Fonte: autor.

Justificativa

É altamente reconhecível que o design ergonômico, fundamentado em bases científicas, caracteriza-se em um conceito decisivo para a melhoria dos aspectos ergonômicos e de usabilidade de equipamentos manuais. Entretanto, as correlações entre o design e as interfaces de sustentação de máquinas manuais direcionadas ao setor agrícola e paisagístico são pouco conhecidas.

No que se refere às interfaces de sustentação de RLMs, nota-se a ocorrência de estudos ergonômicos direcionados a aspectos corretivos da atividade, no sentido de apontar, essencialmente, para as falhas humanas e as consequências geradas pelo uso inadequado do equipamento. Porém, pesquisas que buscam realizar investigações sobre a usabilidade das interfaces de sustentação do equipamento e suas relações com a má postura e o desconforto no sentido de reprojeter e corrigir possíveis falhas em seu design ainda são pouco exploradas.

Sendo assim, faz-se necessário uma visão aprofundada da interação entre o modo operatório de potenciais usuários e as interfaces de sustentação de RLMs. Com isso, torna-se relevante avaliar e, simultaneamente, entender as correlações entre as variáveis envolvidas na atividade com esse equipamento. Esse conhecimento pode contribuir para a melhoria das qualidades ergonômicas e de usabilidade no design dessa classe de produtos.

Questão da pesquisa

A questão da pesquisa partiu da compreensão da seguinte problemática: como correlacionar testes de usabilidade de sistemas de sustentação de RLMs, má distribuição das cargas do equipamento ao corpo, percepção e localização de possíveis desconfortos musculoesqueléticos em seus usuários e como essas informações podem fornecer parâmetros para que seja possível redesenhar o sistema, de forma a apresentar um design de fácil uso, que contribua para uma melhor distribuição do peso do equipamento e a diminuição da percepção de desconforto nos usuários?

Hipótese da pesquisa

A hipótese desta pesquisa (H_1) é de que alguns designs de sistemas de sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas oferecem interfaces que levam seus usuários a empunharem a máquina de forma inadequada, provocando aumento assimétrico das cargas devido à má distribuição do peso do equipamento sobre ombros e braços.

Como sub-hipóteses, tem-se:

H₂ – O projeto de um sistema de sustentação de RLM, que, fundamentado sob parâmetros de ergonomia e usabilidade, traz, além de eficácia, maiores níveis de eficiência, conforto e proporciona maior satisfação aos usuários.

H₃ – Usuários de RLMs expressam menor percepção de desconforto e maior segurança quando utilizam cintos de sustentação providos de apoio para os quadris, contrapondo suas opiniões em relação aos demais cintos que não dispõem desse acessório.

Objetivos

Objetivo Geral

O referido estudo teve como objetivo investigar níveis de usabilidade e satisfação na montagem de diferentes sistemas de sustentação de RLMs, de modo a verificar possíveis falhas que possam resultar numa empunhadura inadequada. Buscou, também, averiguar os níveis de percepção de desconforto postural no pós-uso desses sistemas, decorrentes de prováveis sobrecargas distribuídas assimetricamente nos ombros e braços, as quais podem levar a uma postura de trabalho incorreta. Enfim, projetar e avaliar um novo sistema de sustentação, baseado nas informações ergonômicas fornecidas pelos resultados das avaliações.

Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram:

1. Realizar revisão de literatura concernente aos temas que envolvem: características funcionais do equipamento em estudo, a postura de trabalho com equipamentos similares e seus possíveis distúrbios, antropometria, biomecânica ocupacional, conceitos subjetivos de conforto, ergodesign e parâmetros de usabilidade.
2. Analisar, em campo, a atividade e a postura de trabalho de um profissional operador de RLM, por meio da aplicação de tecnologia

de rastreamento de movimentos 3D e da aplicação do questionário nórdico de Kuorinka (1986).

3. Desenvolver um dispositivo de mensuração de forças atuantes no sistema de sustentação das RLMS.
4. Analisar a eficácia, eficiência e satisfação de usuários em potencial, quanto ao uso de sistemas de sustentação de 4 diferentes modelos de RLMS e 5 diferentes cintos de sustentação, bem como inquerir sobre possíveis relatos de desconforto.
5. Mensurar níveis de percepção de desconforto no pós-uso de sistemas de sustentação de 4 diferentes modelos de RLMS e 5 diferentes cintos de sustentação.
6. Medir as forças atuantes em 4 tipos de sistemas de sustentação resultantes de diferentes maneiras de montagem proporcionadas por usuários em potencial.
7. Analisar, em campo, a percepção de dor/desconforto de usuários na atividade real com RLMS.
8. Desenhar um novo sistema de sustentação, com base em parâmetros obtidos nos experimentos anteriores.
9. Analisar, em campo, a percepção de dor/desconforto de usuários na atividade real com RLMS, incluindo o modelo redesenhado.
10. Analisar a eficácia, eficiência e a satisfação de usuários de 2 diferentes sistemas de sustentação de RLMS, incluindo o novo sistema.
11. Avaliar, através da aplicação de métodos eletromiográficos, níveis de atividade em 4 grupos musculares, através de simulações dos movimentos com 2 modelos de RLMS, dentre eles, o novo sistema.

Metodologia de pesquisa

Este estudo se caracterizou como uma investigação de caráter quali-quantitativo, experimental e com características transversais (HERNÁNDEZ SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2013).

Na etapa bibliográfica foram realizadas buscas em bases de dados acadêmicos (Periódicos Capes, *Scopus* etc.), além de pesquisas em páginas eletrônicas de instituições públicas e privadas, nacionais e internacionais, que abordavam conteúdos correlatos ao objeto do estudo, utilizando-se de palavras-chaves (sustentação de roçadeiras; cintos de sustentação; arneses; desconforto no uso de equipamentos agrícolas; biomecânica ocupacional; percepção de conforto no vestuário) em língua vernácula e suas traduções para o inglês, realizando uma revisão sistemática dos conteúdos relevantes, onde os referidos dados foram tratados qualitativamente.

Nas etapas experimentais, foram levantados dados de 113 potenciais utilizadores. Todos homens, com faixa etária igual ou superior a 18 anos, autodeclarados isentos de distúrbios musculoesqueléticos por um período inferior a 1 ano. A participação deles foi voluntária e individual, não ocorrendo qualquer risco ou constrangimento aos participantes. Os métodos de pesquisa incluíram a aprovação por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) (ANEXO 1) e o aceite prévio da participação nos procedimentos por meio de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO 2).

As coletas dos dados em “laboratório” foram realizadas em uma sala de aula da Etec Antônio de Pádua Cardoso. As coletas e observações em campo foram produzidas em uma área recoberta por vegetação gramínea e demais vias públicas localizadas na cidade de Batatais – SP.

Na busca de alcançar o objetivo proposto foram realizadas, além de observações da atividade de roçagem, investigações qualitativas e quantitativas de diferentes interfaces de sustentação de RLMS, sendo 4 diferentes sistemas de sustentação e 5 diferentes cintos, com foco na compreensão sobre o comportamento dos potenciais usuários diante de procedimentos de montagem e ajustagem destes sistemas e seus níveis de satisfação em relação ao uso. Além disso, o estudo buscou inferir sobre como e em quais regiões corporais os sujeitos percebiam o desconforto. Mediante informações obtidas, obteve-se algumas demandas, que auxiliaram no desenho de um novo sistema de sustentação. Esse novo sistema também foi submetido a novos testes relacionados ao conforto, usabilidade e também a experimentos eletromiográficos.

Uma parte dos materiais, equipamentos e instrumentos de medição encontrava-se disponível, sendo disponibilizada pelo programa de pós-graduação, outra parte foi cedida através de instituições parceiras, e uma terceira parcela foi desenvolvida e adquirida pelo pesquisador.

As variáveis desta pesquisa incluíram: as diferentes interfaces dos sistemas de sustentação de RLMS, o tempo de montagem e ajustagem das referidas interfaces, os níveis de satisfação na pós-montagem do sistema, as componentes de forças atuantes nesses sistemas, ao empunhar os equipamentos, e a percepção de dor/desconforto após a tarefa de roçagem.

Os dados subjetivos foram explanados sob uma ótica qualitativa. Já os dados objetivos de ordem quantitativa foram tratados através de estatística descritiva e inferencial:

- Paramétrica, para grupos de dados que se apresentavam homogêneos e com distribuição normal (ANOVA, “T” student), e testes Post Hoc de Tukey e Scheffe, quando aplicáveis.

- Não paramétrica, para grupos de dados não homogêneos com distribuição não normal (Kruskal-Wallis, Mann-Whitney “U”) e testes Post Hoc de Tukey e Scheffé, quando aplicáveis.

Estrutura da pesquisa

A estrutura da pesquisa pode ser entendida por meio das fases que compreenderam as abordagens teórica e empírica, que entraram em consonância com as etapas ergonômicas do método de intervenção ergonomizadora proposto por Moraes e Mont’alvão (2009). Sendo assim, a estrutura pode ser compreendida em fases de: apreciação, diagnose, projeção e avaliação. Terminou em etapas conclusivas de corroboração ou negação e publicação. A estrutura está apresentada na Figura 2, a seguir.

Figura 2 – Fluxograma da estrutura da pesquisa.



Fonte: autor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A postura no trabalho agrícola e paisagístico

A multiplicidade de tarefas realizadas por trabalhadores rurais e profissionais do paisagismo faz com que a manutenção da postura no trabalho se torne um dos elementos mais desafiadores para estudiosos da Ergonomia.

A escassez de estudos específicos torna o trabalho dos pesquisadores ainda mais difícil. Segundo Iida (2005), estudos e aplicações da ergonomia na agricultura são relativamente recentes em comparação com a indústria. Isso se dá pelo fato de que, na agricultura, o trabalho é classificado como uma atividade não estruturada, se comparado às atividades de indústria. Estende-se essa afirmativa aos trabalhadores do setor operacional do ramo de paisagismo.

Carvalho et al. (2014) afirma que as atividades que exigem do trabalhador posturas inadequadas, manuseio incorreto e o levantamento de cargas excessivas podem provocar a degeneração dos discos articulares. Para Rio e Pires (2001), a coluna lombar normalmente é a que sofre maior quantidade de carga em função da sustentação do tronco, apresentando maior incidência de dor.

Para Mackie (2003), o peso total transportado, a duração, a frequência, bem como a maneira pela qual a carga é carregada comprometem o sistema músculoesquelético, o que pode ocasionar a incidência de dores músculoesqueléticas ou desconforto. Esses fatores são responsáveis pelo aumento da prevalência de doenças relacionadas a atividades laborais, denominadas de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), que se caracterizam por sintomas como dor, fadiga nos membros superiores, pescoço e coluna lombar (MOCCELLIN et al., 2007; IIDA, 2005; KROEMER & GRANDJEAN, 2005).

Fathallah (2010) alerta sobre a necessidade de mais estudos sobre os problemas que relacionam o desempenho humano aos riscos posturais no trabalho, às questões econômicas e de produtividade, de forma a buscar uma melhoria no conforto do trabalhador atuante nos empreendimentos da produção agrícola.

Após ser ligada, é possível controlar a velocidade da rotação através de um cabo flexível, que liga o motor a um gatilho acelerador, localizado na empunhadura direita da máquina.

A priori, a tarefa de roçagem com esse equipamento sugere ser muito simples para qualquer sujeito adulto provido de condições físicas e psicomotoras normais, pois exige apenas que o indivíduo suporte o peso da máquina, em posição ereta, e realize movimentos de rotação do tronco e/ou braços, mantendo o sistema em constante aceleração. Entretanto, foi possível constatar, através da intensa observação da atividade e consultas a inúmeros manuais de instruções (Tabela 1), a existência de diversos procedimentos pré e pós-tarefa de roçagem que são de fundamental importância para que a máquina cumpra sua função e, ao mesmo tempo, proporcione segurança e o mínimo de conforto ao usuário no momento da operação.

Tabela 1 – Principais tarefas de montagem e manutenção com foco na usabilidade e no correto funcionamento de RLMS. Síntese da leitura de 25 manuais de instruções.

ITEM	TAREFAS	EQUIPAMENTO	FREQUÊNCIA	RESPONSABILIDADE
1	MONTAGEM DA HASTE (TUBO) PRINCIPAL	NOVO	MONTADO EM FÁBRICA	ASSISTÊNCIA TÉCNICA
		USADO	EVENTUALMENTE	
2	MONTAGEM OU DESMONTAGEM DO SUPORTE DAS EMPUNHADURAS E EMPUNHADURAS (GUIDON)	NOVO	NO PRIMEIRO USO	AMBOS*
		USADO	EVENTUALMENTE	
3	MONTAGEM E REGULAGEM DO CABO DO ACELERADOR	NOVO	MONTADO EM FÁBRICA	ASSISTÊNCIA TÉCNICA
		USADO	EVENTUALMENTE	
4	MONTAGEM DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO DA MÁQUINA	NOVO	NO PRIMEIRO USO	ASSISTÊNCIA TÉCNICA
		USADO	EVENTUALMENTE	
5	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FERRAMENTA DE CORTE (LÂMINA OU FIO DE NYLON)	NOVO	NO PRIMEIRO USO	AMBOS*
		USADO	FREQUENTEMENTE	
6	VERIFICAÇÃO DA AFIADAÇÃO DA FERRAMENTA DE CORTE	NOVO	AFIADA EM FÁBRICA	USUÁRIO
		USADO	SEMPRE	
7	MISTURA DO COMBUSTÍVEL (GASOLINA + ÓLEO)	NOVO	SEMPRE	USUÁRIO
		USADO		
8	ABASTECIMENTO DO TANQUE DE COMBUSTÍVEL	NOVO	SEMPRE	USUÁRIO
		USADO		
9	VESTIMENTA E REGULAGEM DO CINTO DE SUSTENTAÇÃO	NOVO	SEMPRE	USUÁRIO
		USADO		
10	VESTIMENTA DOS EPI'S (CANELEIRA, ÓCULOS, PROTETOR AURICULAR, LUVAS ANTI-VIBRAÇÃO)	NOVO	SEMPRE	USUÁRIO
		USADO		
11	REGULAGEM PARA BALANCEAMENTO DO EQUIPAMENTO (REGULAGEM DO SUPORTE DAS EMPUNHADURAS E EMPUNHADURAS).	NOVO	SEMPRE	USUÁRIO
		USADO		
12	IGNIÇÃO	NOVO	SEMPRE	USUÁRIO
		USADO		
13	VERIFICAÇÃO DA INTEGRIDADE DA VELA DE IGNIÇÃO	NOVO	ÍNTEGRA DE FÁBRICA	AMBOS
		USADO	EVENTUALMENTE	
14	VERIFICAÇÃO DA INTEGRIDADE DO CARBURADOR	NOVO	ÍNTEGRO DE FÁBRICA	ASSISTÊNCIA TÉCNICA
		USADO	EVENTUALMENTE	
15	LUBRIFICAÇÃO DA TRANSMISSÃO	NOVO	LUBRIFICADO DE FÁBRICA	AMBOS
		USADO	EVENTUALMENTE	

* As responsabilidades descritas nos itens 2 e 5 podem variar de acordo com cada fabricante, pois algumas não incluem a "Entrega Técnica"

Fonte: autor.

Possivelmente, seja esta uma das razões pela qual ocorram diversas queixas de ordem postural a esse equipamento, uma vez que grande parte de seus utilizadores subestimam a atividade, reduzindo e definindo o trabalho a um simples movimento de zigue-zague.

2.3 A postura no trabalho com RLMs e demais equipamentos agrícolas costais

Especificamente no trabalho com RLMs foram encontrados poucos estudos que relataram sobre a análise postural da atividade de um modo mais específico; destacando, assim, o ruído como um dos fatores de riscos mais relevantes nessa atividade (POLETTTO FILHO, 2013; YANAGI JUNIOR et al., 2012; ALONÇO, 2006; CUNHA; TEODORO, 2006). Nesses achados, os distúrbios na postura eram apenas um dos fatores de risco encontrados nas investigações.

Esses equipamentos, além de oferecerem diversos riscos, exigem resistência e habilidade dos operadores, pois, além de possuírem peso considerável, variando de 6 a 13 Kgf, demandam destreza na tarefa de “vestir”, “balancear” e operar o equipamento. Dentre os tópicos relevantes a serem considerados, a utilização incorreta ou não utilização do cinto de sustentação, acessório que liga a máquina ao usuário, pode permitir com que se trabalhe em uma postura inadequada. A Figura 4 demonstra algumas dessas situações.

Figura 4 – Usuários operando o equipamento sem o cinto de sustentação.



Fonte: autor.

Para Alonço (2004), operar com esse tipo de equipamento exige a consideração de parâmetros ligados à máquina, como funcionamento, conformação e adaptabilidade às diferentes condições de operação e trabalho. Contudo, é importante considerar a interação homem-máquina, como, por exemplo, a temperatura de trabalho, o intervalo de tempo de utilização ininterrupta e a utilização de dispositivos de segurança, devendo sempre considerar o operador como principal elemento do sistema.

Considerando a postura de trabalho como foco principal das investigações, foram encontrados alguns experimentos.

Fiedler et al. (2011) avaliaram a atividade agrícola com foco em posturas adotadas em áreas declivosas e concluíram que, dentre várias atividades exercidas por agricultores, a tarefa com RLMS necessitava de correções, pois esse trabalho, segundo autores, poderia gerar problemas na coluna vertebral, dentre outras doenças laborais que podem afetar o bem-estar físico do trabalhador.

Vergara et al. (2012), que realizaram um estudo da atividade de jardinagem e paisagismo, classificaram a tarefa de roçagem como pouco dinâmica, ou seja, na maior parte do tempo, o trabalhador executava movimentos repetitivos e com força constante. Os mesmos autores salientaram que, dentro dos parâmetros do método RULA¹, a pontuação da atividade executada pelo trabalhador observado foi de 6, o que indicou, no método avaliado, a investigação imediata e a aplicação de mudanças no ambiente de trabalho. Os mesmos autores ainda salientaram que dores nos ombros e pescoços dos operadores foram evidenciadas. Dessa forma, orientaram, como principal medida corretiva, o ajuste do equipamento, de modo a se adaptar melhor à postura do trabalhador, sugerindo, também, melhorias no cinto de sustentação da máquina, com a inserção de acolchoamento na região de contato com os ombros. A Figura 5 demonstra um usuário de RLM que substituiu o cinto de sustentação por um mosquetão preso ao passante da calça, pois alegava dores nas costas.

¹ O método RULA (Rapid Upper Limb Assessment), foi desenvolvido por Lynn McAtamney e Nigel Corlett, em 1993, na Universidade de Nottingham (Reino Unido), para ser usado em investigações ergonômicas de postos de trabalho nos quais existe a possibilidade de desenvolvimento de doenças osteomusculares em membros superiores (MCATAMNEY; CORLETT, 1993).

Figura 5 – Mosquetão ligando a RLM ao passante da calça.



Fonte: autor.

Em um estudo realizado por Poletto Filho (2013), que analisou riscos físicos e ergonômicos em RLMs, aplicou-se o questionário nórdico e o método EWA² em 13 indivíduos. Verificou que todos os usuários consideraram a atividade física ruim, com posturas e movimentos incômodos, e 25% consideraram o levantamento de carga ruim, enquanto as respostas ao questionário nórdico musculoesquelético indicaram dores no pescoço, ombro, coluna e nas mãos. O autor concluiu que a análise dos questionários ergonômicos demonstrou que a atividade de roçagem traz risco, pois todos colaboradores relataram algum tipo de desconforto.

Corroborando com os estudos de Poletto Filho (2013), Ferreira et al. (2017), que investigaram 51 operadores de roçadeiras do setor de manutenção paisagístico de parques e jardins, através da aplicação de questionário nórdico, apontaram uma elevada ocorrência de sintomas musculoesqueléticos nos membros superiores, sobretudo na região lombar e nos ombros.

² O método EWA (Ergonomic Workplace Analysis) é utilizado para identificar riscos ergonômicos e psicofísicos do local de trabalho, de ferramentas e de relacionamento interpessoal, tendo como princípios fundamentais a biomecânica, fisiologia do trabalho, higiene do trabalho, organização do trabalho e aspectos psicológicos na prevenção de doenças ocupacionais (PACOLLA et al, 2008; SHIDA & BENTO, 2012).

Pereira Júnior et al. (2013), que buscaram também identificar riscos ergonômicos no trabalho com RLMS, concluíram que 24% dos trabalhadores se queixaram de dores na coluna e 20% indicaram dores no ombro. Dentre os que relataram algum tipo de desconforto, 28% relataram apresentar os sintomas a mais de seis meses.

Esses achados não só reafirmam a problemática recorrente entre equipamentos manuais agrícolas e distúrbios musculoesqueléticos, mas também apontam para a realização de estudos mais precisos sobre atividades com RLMS e o aparecimento de prováveis disfunções na coluna vertebral. Também foi possível inferir que, mais importante que as consequências das diversas e prováveis patologias musculoesqueléticas, estão as diversas e possíveis causas preexistentes a esses distúrbios. Dentre algumas das prováveis soluções, está a investigação da interface de sustentação da máquina, sob a luz do design ergonômico.

2.4 Postura e distúrbios musculoesqueléticos envolvendo cintos de sustentação, arneses e similares

Estudos que tratam de experimentos que relatam conclusões sobre conforto ou usabilidade de cintos de sustentação projetados para RLMS são desconhecidos até o momento. Dessa forma, pesquisas sobre experimentos com produtos e sistemas análogos foram necessários para que fosse possível obter alguns parâmetros.

Alguns experimentos realizados sobre tensões no dorso e coluna vertebral, ocasionados pela utilização de mochilas de uso militar foram evidenciados por Knapik et al. (2004); Lafiandra et al. (2004a); Lafiandra et al. (2004b); Quesada et al. (2000) e Holewun e Lotens (1992). Dentre os pontos a serem considerados, está a forma geométrica com que os cintos de sustentação são projetados.

Southard e Mirka (2007) avaliaram propostas de melhorias em arneses de mochilas utilizadas por funcionários da NASA, onde suas atividades eram realizadas em posturas não neutras. Os resultados possibilitaram que propusessem algumas recomendações, como: manter o centro da massa da mochila junto ao corpo, bem como equilibra-la, além de buscar direcionar as

forças verticais para arneses ou hastes projetadas lateralmente, de modo a transferir as cargas para a pélvis. Concluíram que, ao transferir mais carga da mochila diretamente para a bacia, as forças musculares necessárias para suportar a carga são reduzidas.

Holewun e Lotens (1992) também observaram que um “cinto de anca” diminui a atividade muscular na cintura escapular, uma vez que a pélvis é menos sensível à pressão de contato do que os ombros. Além disso, esses autores verificaram que um sistema de suspensão mais rígido melhora o controle da carga, pois o sistema move-se em resposta ao movimento do dorso do indivíduo, que transfere mais carga vertical para os quadris.

Em um estudo realizado por Golriz et al. (2015), que avaliaram a postura corporal com o uso de mochilas universitárias, concluiu-se que o esforço percebido e medido no pescoço, ombro, parte superior e extremidade inferior das costas diminuiu com o uso de um cinto de quadril. Certificaram-se, também, de que a pressão das alças foi reduzida nas regiões do ombro e na parte superior das costas.

Em um experimento com roçadeiras costais motorizadas, Bo e Shusen (2017) relataram que a pressão das alças sobre os ombros do operador é constante. Concluíram que o aumento na área de contato nessa região pode diminuir a pressão do equipamento sobre os ombros. Sendo assim, os autores propõem que esses elementos devam possuir entre 5,5 a 6,9 centímetros de largura.

Em um estudo que relacionou postura e conforto no uso de mochilas escolares, Ramadan e Al-shayea (2013) constataram que, apesar de efeitos com mochilas pesadas utilizadas a longo prazo ainda serem desconhecidos, seu peso excessivo pode causar pressão sobre os nervos da nuca, podendo, assim, levar a espasmos musculares. Nesse mesmo estudo, os autores desenvolveram um novo modelo de mochila, provido de material estofado na região dos ombros e que, ao mesmo tempo, proporcionava em seu design compartimentos, tanto na região costal como na frontal, movimentando o centro gravitacional do acessório para próximo do corpo. Os resultados apontaram que os participantes do experimento se demonstraram mais satisfeitos com o novo design, além de apresentarem diminuição do esforço nos músculos reto abdominal, músculo

erector espinhal e redução dos custos cardíacos, se comparados aos sujeitos que realizaram o experimento com uma mochila escolar convencional.

2.5 Problemas e recomendações no estudo das interfaces de sustentação de RLMS: vestimenta do cinto, montagem e regulagem para balanceamento

No que se refere à busca de instruções sobre procedimentos padronizados que se demonstrem adequados à utilização menos prejudicial à postura de trabalho com esses equipamentos, foram encontradas informações dispersas em manuais de instruções e, na maioria das vezes, direcionadas a cada modelo em específico.

A norma ISO 11806-1 – 2011³ (Agricultural and forestry machinery – Safety requirements and testing for portable, hand-held, powered brush-cutters and grass-trimmers – Part 1: machines fitted with an integral combustion engine) recomenda que o balanceamento da máquina consiste em: permitir que o operador, através de sistemas de regulagens, possa ajustar o equipamento de modo que este fique em equilíbrio, proporcionando a correta altura do mecanismo de corte em relação ao solo e, conseqüentemente, uma postura confortável. Esse procedimento deve ser feito com o tanque de combustível na metade de sua capacidade total, mas com o equipamento desligado.

As informações sobre instruções de vestimenta e balanceamento que se apresentaram mais adequadas e em consonância com a ISO 11806-1-2011 foram apresentadas por Government South Australia (2000) (ANEXO 4), a seguir:

- O primeiro passo consiste na ajustagem do “gancho” do cinto de sustentação, que deve ficar a aproximadamente 15 centímetros abaixo do osso ilíaco (Figura 6-1).
- Em um segundo momento, o operador deverá soltar as empunhaduras de modo que o equipamento adquira equilíbrio

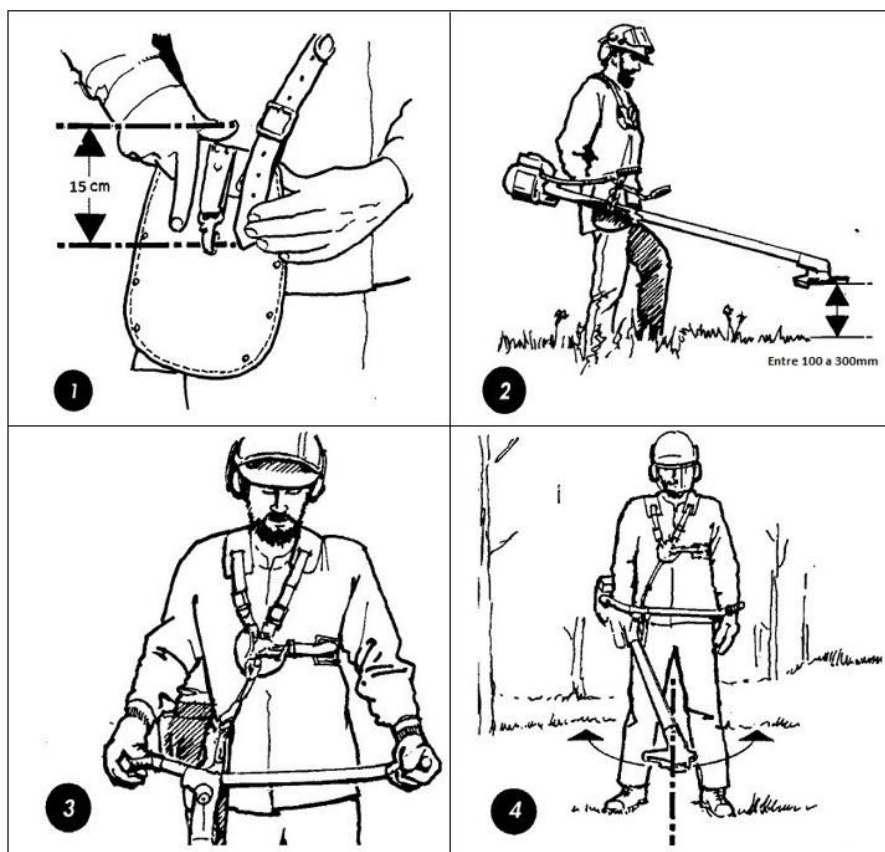
³ Norma que apresenta os requisitos de segurança e medidas para a sua verificação, concepção e construção de portáteis alimentados, roçadeiras portáteis e aparadores de relva (doravante denominados máquinas) com um motor de combustão integral e sua unidade de potência e transmissão de energia mecânica entre a fonte de energia e equipamento de corte.

suficiente para que a lâmina, dependendo do tipo de vegetação a ser roçada, fique entre 10 e 30 centímetros do solo (Figura 6-2).

- A terceira etapa compreende a regulação das empunhaduras, de modo que haja distribuição do peso entre os braços (Figura 6-3).
- A quarta e última etapa consiste em novamente soltar as empunhaduras, de maneira que a lâmina paire e centralize coplanarmente ao plano sagital do operador (Figura 6-4).

Esse simples procedimento, dependendo da interface oferecida, pode permitir que a carga total do equipamento fique igualmente distribuída sobre os ombros, deixando os braços livres para realizar apenas a movimentação lateral.

Figura 6 – Procedimentos básicos para o balanceamento de RLMs.



Fonte: adaptado de Government South Australia (2000).

Fernandes (2014) acrescenta sobre a importância da angulação formada entre braços e antebraços no momento da empunhadura, estes devendo posicionar-se entre 120° e 130° . O autor enfatiza que, além de proporcionar uma

posição de trabalho mais adequada, tal procedimento permite o controle dos comandos, com movimentos mais simples.

A questão central permeia em torno da problemática de que é provável que nem todos os modelos de roçadeiras possuem um design em seu sistema de sustentação que proporcione o correto balanceamento. É notório também que nem todos os modelos oferecem, em seus manuais de instruções, informações sobre tal procedimento.

Sabe-se, também, que é plenamente possível adquirir esse tipo de produto através da compra via internet, sem que se faça exigência de qualquer treinamento específico, podendo, assim, ser caracterizado como um produto de simples consumo.

Por questões de logística e integridade do produto, algumas peças, dentre elas o sistema de sustentação (empunhaduras e suportes), são acondicionadas desmontadas dentro das embalagens, o que leva os usuários a se submeterem à realização da montagem por conta própria.

Algumas empresas incorporam a exigência da entrega técnica em suas políticas de qualidade, sob a pena da perda da garantia do produto, caso o consumidor opte por não participar desse procedimento. Tais ações podem trazer expressivas melhorias no que se refere a possíveis problemas que futuros usuários possam vir a adquirir quanto ao correto uso do equipamento, mas nem sempre as instruções iniciais de utilização podem suprir totalmente as dúvidas do consumidor em plena a atividade de trabalho.

Portanto, a hipótese de que nem todos os utilizadores têm pleno conhecimento sobre esse procedimento de regulagem para balanceamento torna-se contundente, ou por não haverem recebido treinamento adequado ou por não fazerem a leitura ou interpretação correta dos manuais de instruções, ou, ainda, por não compreenderem uma possível interface equivocada no design do produto.

2.6 Anatomia da coluna vertebral, antropometria, biomecânica ocupacional, transporte manual de cargas e suas relações com o objeto da pesquisa

Para uma maior compreensão das demandas necessárias com foco numa possível elaboração do redesenho de um sistema de sustentação de RLM, fez-se necessário compreender e considerar conceitos elementares sobre a anatomia da coluna vertebral, antropometria e biomecânica ocupacional.

Segundo o vocabulário da anatomia, campo científico da biologia que estuda os sistemas do corpo humano, o dorso se define como a região posterior do tronco (SBA, 2001). É considerado uma região de vital importância na postura, sustentação do peso, locomoção e na proteção das estruturas envolvidas pela coluna vertebral (GARDNER; GRAY; RAHILLY, 1988).

O esqueleto humano do dorso é constituído de vários ossos articulados, que formam uma estrutura central e vertical denominada coluna vertebral. Os ossos dessa estrutura são compostos por segmentos ósseos chamados vértebras. Estas são unidas entre si através dos discos intervertebrais anteriormente e posteriormente pelas articulações interapofisárias (zigo-apofisárias)⁴ direita e esquerda. Sendo assim, a coluna vertebral, assim como os músculos e articulações que a envolvem, é o sustentáculo central do corpo.

O crânio humano se articula com o início da coluna vertebral e gira sobre ela. Os membros superiores são ligados à coluna pelo cingulo dos membros superiores⁵ (direito e esquerdo). A estrutura também contém completamente a medula espinhal, parcialmente os nervos raquidianos, além de ajudar a proteger a região das vísceras, do pescoço, tórax e abdome. Finalmente, transmite o peso do resto do corpo aos membros inferiores e ao chão, quando o indivíduo está em pé (GARDNER; GRAY; RAHILLY, 1988; MOORE; DALLEY, 2001).

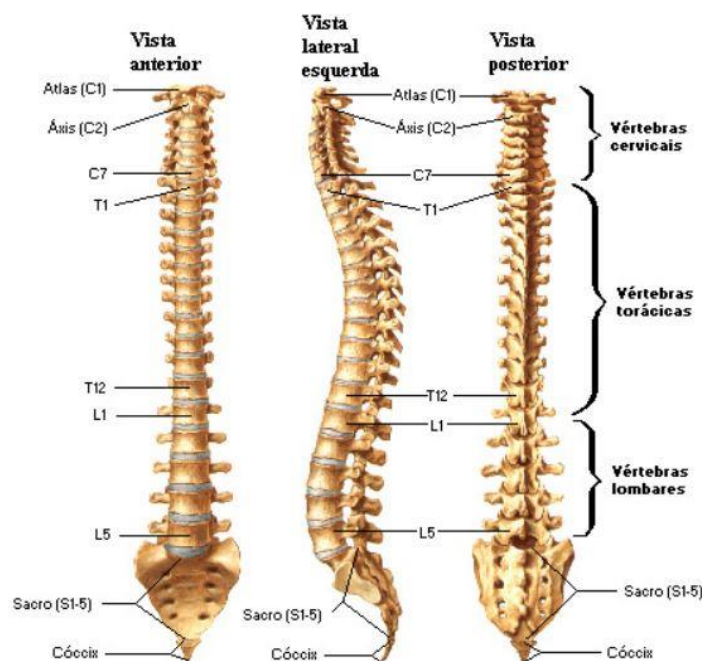
Devido a sua forma, segmentada pelas unidades vertebrais, a estrutura da coluna é flexível, sendo assim, sua estabilidade depende de ligamentos e músculos que mantêm articuladas as unidades ósseas. Uma parte da estabilidade, entretanto, é proporcionada pela forma da coluna e suas partes constituintes. Da cabeça até a bacia, onde termina, a coluna suporta, gradativamente, mais peso e, por isso, as vértebras estão adaptadas, tornando-se progressivamente maiores até o osso sacro (WINTER; BRADFORD;

⁴ São articulações sinoviais ocorrentes entre os processos articulares inferiores de uma vértebra superior e os articulares superiores de uma vértebra inferior.

⁵ É a conexão do esqueleto apendicular com o esqueleto axial.

LONSTEIN, 1987; GRAY, 1988). A Figura 7 apresenta a coluna vertebral humana e suas vértebras.

Figura 7 – Coluna vertebral – visão geral.



Fonte: Netter (2000).

A antropometria é, basicamente, uma disciplina científica que busca utilizar-se das dimensões corporais humanas para auxiliar no design de diversos sistemas que interagem com seus utilizadores.

Segundo Boueri (1991), a antropometria é a aplicação dos métodos científicos de medidas físicas nos seres humanos e busca determinar diferenças dimensionais entre sujeitos, com o propósito de se obter informações utilizadas em projetos de desenho industrial, arquitetura, urbanismo, comunicação visual e de engenharia.

Para Schoenardie et al. (2011) um produto só poderá exercer plenamente sua função (eficácia) caso seja bem dimensionado, tanto técnica quanto antropometricamente. O autor acrescenta que, juntamente com sua funcionalidade, o produto poderá oferecer maior desempenho (eficiência) se forem adotados dados antropométricos corretos em sua execução.

Sendo assim, a inserção eficaz e eficiente da antropometria, tanto na etapa de concepção quanto em fases de correção, é fundamental para bons resultados no processo de design.

Sabe-se que os conhecimentos que concernem a antropometria dividem-se, essencialmente, em duas subáreas: antropometria estática e dinâmica.

A antropometria estática estuda as dimensões físicas do corpo humano em posição estática, investiga as dimensões do corpo extraídas com os sujeitos em posições fixas e padronizadas. Em contrapartida, a antropometria dinâmica dedica-se ao estudo das medidas dinâmicas e descreve o indivíduo em movimento, pois envolve o estudo de dimensões funcionais do corpo humano, como, por exemplo, ângulos de conforto, braços e pernas funcionando como alavancas (MORAES, 1983).

Dessa forma, o conceito de antropometria dinâmica se relaciona estreitamente com o de biomecânica.

Segundo Cacha (1999), os princípios da ergonomia, particularmente aqueles da biomecânica, são aplicados no projeto de vários sistemas homem/máquina para o controle de incidências de doenças musculoesqueléticas.

A biomecânica consiste na ciência que investiga o movimento sob os aspectos mecânicos, as causas e efeitos nos organismos vivos, na busca de inquirir sobre as origens de forças internas e externas que atuam no corpo humano, bem como seus efeitos (SACCO, 2001; HAY, 1978; DONSKOI, 1961).

Ao considerar que a maior parte da população mundial ativa ocupa-se, em grande parte do tempo, com a realização de tarefas e atividades físicas no trabalho, tem-se o surgimento da biomecânica ocupacional.

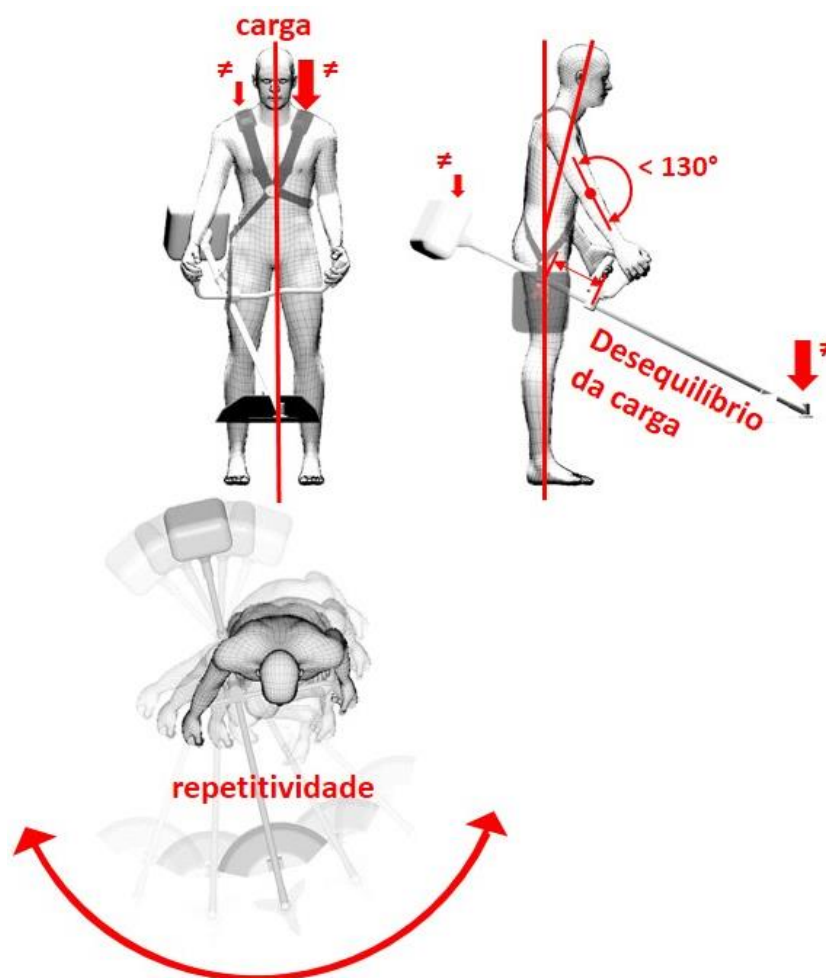
Segundo Sá (2002), a biomecânica ocupacional investiga as intervenções entre as atividades físicas no trabalho e o homem, sob o ponto de vista dos movimentos musculoesqueléticos envolvidos, forças, alcances e seus reflexos no indivíduo. Chaffin (1991) e Wilson (2000) complementam que tal especialidade consiste numa área multi e interdisciplinar em que os modelos, instrumentos para medição e cálculos em biomecânica são utilizados na busca de um entendimento mecânico de uma determinada atividade laboral.

Logo, os dados antropométricos são de fundamental importância para a biomecânica ocupacional, pois, sem esses valores, os modelos biomecânicos

que aferem as áreas de alcance, força e espaços, necessários para acomodar o corpo humano, não podem ser estabelecidos (CHAFFIN, 2001).

Partindo dessa perspectiva, Paluch (1996) atesta que as relações entre as medidas corporais e a postura no trabalho se refletem, principalmente, quando o trabalhador tem de se ajustar ao equipamento, pois assume posturas inadequadas; em contrapartida, quando o equipamento é acomodado ao trabalhador, em relação às suas dimensões corporais, permite-se a adoção de posturas adequadas. A Figura 8 apresenta, graficamente, alguns fatores biomecânicos que podem influenciar na postura com RLMs.

Figura 8 – Fatores biomecânicos que podem influenciar na postura na atividade com RLMs.



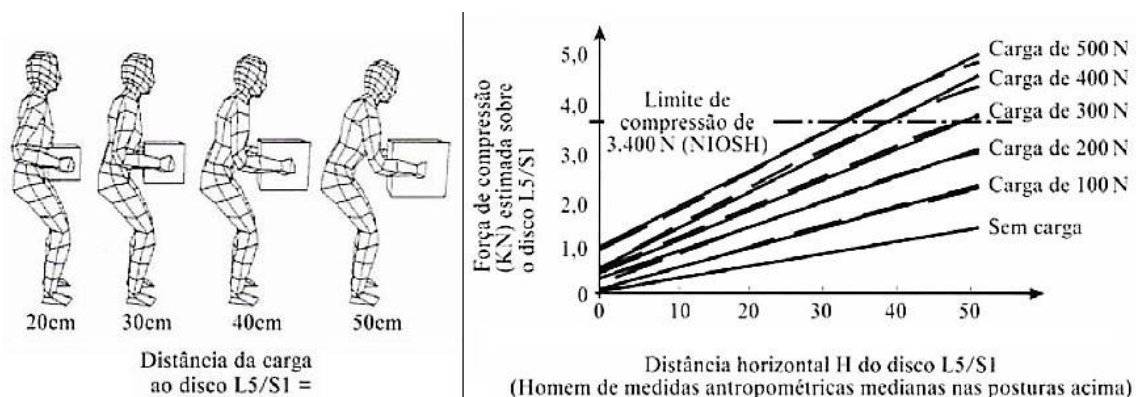
Fonte: autor.

A adoção de posturas inadequadas em atividades laborais é intensamente discutida entre os estudiosos da Ergonomia, pois, a cada nova interface tecnológica desenvolvida, surgem novos modos operatórios e,

consequentemente, a adoção de novas posturas. Estas, sendo adotadas errônea e prolongadamente, poderão ocasionar DORTs.

Segundo Codo (1997), as LER/DORT são ocasionadas pela utilização biomecânica incorreta dos membros superiores, que se transformam em dor, fadiga, baixa *performance* no trabalho e incapacidade temporária. A persistência da postura nessas condições pode evoluir para uma síndrome dolorosa crônica, que causa transtornos funcionais e mecânicos e, consequentemente, pode originar lesões de músculos, tendões, fáscias, nervos e/ou bolsas articulares nos membros superiores. A Figura 9 apresenta as relações entre: carga, distância e pressão gerada na região L5/S1 da coluna vertebral.

Figura 9 – Forças de compressão sobre o disco L5/S1 estimadas para várias cargas e posturas.



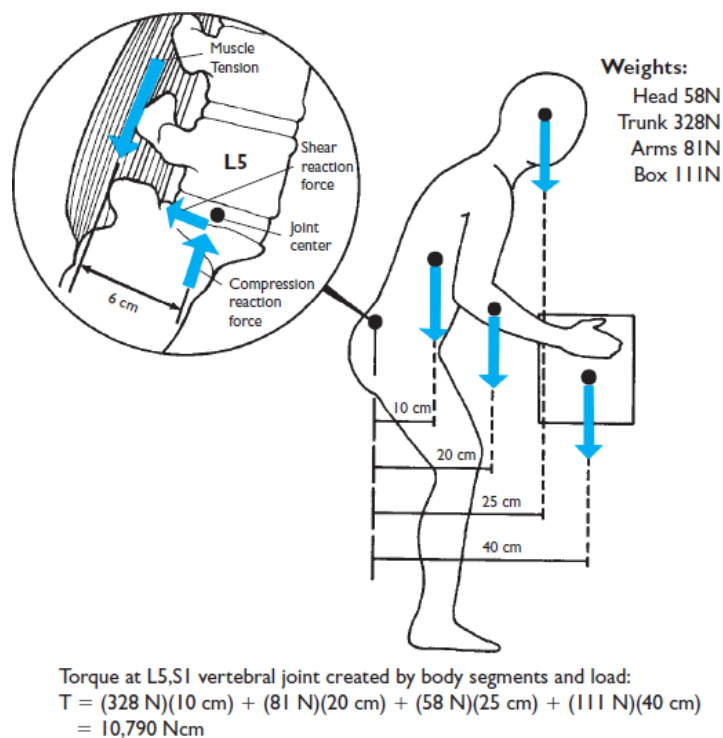
Fonte: adaptado de Chaffin (2001).

Particularmente, quando a sobrecarga ocorre nos discos intervertebrais, sabe-se que o aumento da pressão exercida no disco, para que se mantenha uma postura estática numa determinada tarefa, é um dos fatores que mais contribui para a degeneração discal.

Chaffin (1991) e Barreira (1989) afirmam que, nessa situação, o disco intervertebral fica exposto ao risco de perda ou diminuição da elasticidade e resistência, o que pode levar à degeneração prematura e aumentar as chances de ocorrência de hérnia discal. Os autores ainda complementam que as diferenças de pressão intradiscal, que se originam a partir de solicitações excessivas impostas à coluna vertebral, forças de flexão (levantamento e transporte), esforço excessivo na manipulação ou trabalho físico pesado

(empurrar, puxar, empilhar) e/ou esforço inadequado (rotação do tronco, inclinações laterais e outras), também são situações consideradas nocivas por oferecerem risco à coluna vertebral. A Figura 10 apresenta as relações entre as componentes de forças de cada membro do corpo e carga, empregando torque em diferentes distâncias sobre a região L5/S1.

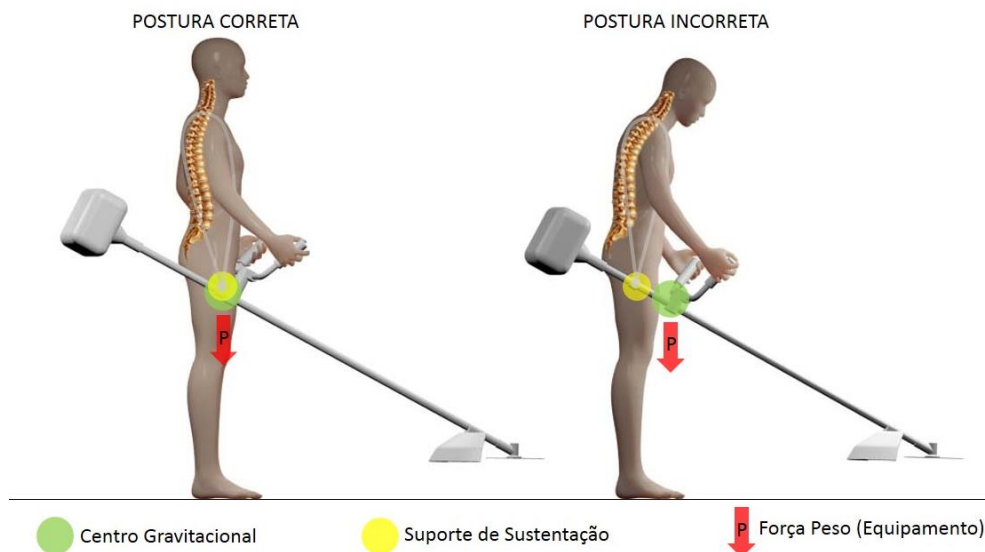
Figura 10 – Torque na articulação vertebral L5-S1 criado pela carga e segmentos do corpo.



Fonte: adaptado de Hall (1999).

Legg e Mahanty (1985) compararam diferentes métodos de transporte de carga e concluíram que devem ser usadas técnicas objetivas e subjetivas de análise dos experimentos sobre o transporte de pesos, visto que raramente há um consenso sobre a melhor maneira de se transportar uma carga, já que isso depende de diversos fatores. Entretanto, os autores indicam que o padrão comum prevalece, ou seja, a carga deve ser posicionada no corpo de forma simétrica, pendendo-se verticalmente o tronco em direção aos pés e garantindo assim, a estabilidade antero-posterior e lateral, de tal forma que o centro de gravidade da carga se aproxime do corpo. A Figura 11 apresenta possíveis situações de postura em diferentes circunstâncias de equilíbrio da carga com RLMS.

Figura 11 – Comparativo entre posturas adotadas em diferentes situações de equilíbrio.



Fonte: autor.

Dessa forma, mediante enfoques de diversos autores supratranscritos, conclui-se sobre a importância de se considerar aspectos de antropometria e biomecânica na interface de sustentação de RLMS. O primeiro, de fundamental relevância para a adaptação prévia do produto ao corpo do usuário; o segundo, imprescindível para o planejamento das prováveis influências de forças e movimentos que possam atuar na interface homem/produto.

2.7 Percepção de conforto no vestuário: conceitos elementares a serem considerados na modelagem de cintos de sustentação de RLMS

A julgar que um cinto de sustentação é parte essencial na manutenção da boa postura no trabalho com RLMS e que deve ajustar-se devidamente às diversas características da anatomia humana, pode-se, assim, classificá-lo como um vestuário. Portanto, tornou-se indispensável a realização de um aprofundamento bibliográfico, de modo a obter parâmetros elementares para a possível modelagem de um novo acessório, mais confortável sob o ponto de vista ergonômico.

Segundo Bereta (2015), o conforto é um conceito subjetivo, dependendo, em grande parte, da percepção do indivíduo que está experimentando a situação, não existindo uma definição universalmente aceita.

Smith, Andrews e Wawrow (2006) relatam que o conforto é uma construção subjetiva, sendo complexa de se interpretar, medir e definir, devido a sua natureza psicofisiológica, característica intimamente ligada à percepção.

A percepção consiste em uma atividade cognitiva em que o indivíduo se conecta ao mundo através dos órgãos do sentido, tais como: tato, visão, olfato, audição e paladar. Tais sentidos buscam identificar, interpretar, diferenciar e elaborar objetos e situações cotidianas. Dependendo de como esses sentidos são aplicados e em quais condições ocorre o uso, o vestuário é percebido, o que pode levar à sensação de conforto. Essa sensação pode ser entendida como o estado de harmonia física e mental em que três aspectos interagem: ergonômico, termofisiológico e psico-estético (BROEGA, 2010; LINDEN, 2004).

Soltinho (2006) classifica e detalha o conforto de um vestuário em quatro aspectos:

- Conforto térmico, atributo que tem como função proteger o indivíduo do frio ou calor e, simultaneamente, permitir a transferência de umidade.
- Conforto psicológico, alcançado através de fatores estéticos, sociais e culturais.
- Conforto sensorial, causado pelo contato mecânico e térmico entre o tecido e a pele.
- Conforto ergonômico, ligado essencialmente à geometria do vestuário (cortes, costuras, forma de modelagem e tabelas antropométricas).

O mesmo autor salienta que o conforto sensorial é o resultado da quantidade de tensões de contato geradas no tecido e da forma como se distribuem na pele. Esse contato pode ser estático ou dinâmico. Afirma também que o atrito entre os fios usados e o peso do vestuário causa perdas de energia mecânica, e esse mesmo atrito, em certas condições, pode irritar a pele, provocando sensações negativas descritas na forma de adjetivos como: *picante*, *arranhante* e *pegajoso*.

Sob o ponto de vista do conforto ergonômico, Silveira (2008) aconselha que, para se extrair dimensões adequadas para a modelagem de um determinado vestuário, é necessário o estabelecimento dos seguintes objetivos: definição das medidas necessárias; pontos anatômicos devidamente referenciados; escolha dos métodos de mensuração; seleção das amostras; execução das medidas e análises estatísticas.

Araújo (1996) acrescenta que, para se obter uma peça bem ajustada, são necessários cinco quesitos para o ajustamento: folga, que proporciona conforto e facilidade de movimento; alinhamento, concernente ao sentido das costuras e contornos da silhueta; correr do tecido, relativo ao direcionamento do fio; equilíbrio, este relacionando as várias partes da peça e seu caimento; e, por último, o assentar, relacionado à ausência de rugas na peça, quando vestida.

Quanto ao conforto sensorial (conforto ao “toque”), ou seja, quando um têxtil entra em contato direto com a pele, Broega e Silva (2010) descrevem, basicamente, 3 métodos de avaliação:

- Método Sensorial Descritivo: onde profissionais treinados identificam e quantificam os atributos sensoriais de um produto.
- Método Sensorial Discriminatório: avalia diferenças sensoriais entre dois ou mais produtos. Pode-se tomar como exemplos os testes: Duo-Trio (comparação por pares. Teste que determina se existem diferenças entre duas amostras com relação a um atributo sensorial); Triangular (verifica diferenças entre duas amostras que sofreram processos diferentes); Ordenação (compara diferentes amostras para verificar se existe diferença entre elas) e Comparação Múltipla (verifica e estima o grau de diferença entre várias amostras e uma padrão).
- Método Sensorial Afetivo: que avalia a aceitação e preferência dos consumidores, como, por exemplo, Teste de Aceitação (avalia quanto um consumidor gosta ou desgosta de um determinado produto) e Teste de Preferência (determina a preferência que o consumidor tem sobre um produto em relação a outro).

Dentro desse contexto, é possível inferir que, para se propor novos conceitos que envolvam a modelagem de cintos de sustentação de RLMS mais confortáveis sensorial e ergonomicamente, deve-se considerar estudos

aprofundados sobre tipos de materiais, suas propriedades físicas, amostra das dimensões antropométricas da população de potenciais utilizadores, conhecimento prévio dos movimentos realizados na atividade com o equipamento e consideração das áreas de contato. Ademais, a literatura supramencionada permitiu concluir que é possível extrair dados importantes, de modo que seja possível localizar e, até mesmo, mensurar percepções subjetivas de dor/desconforto, de maneira que sejam utilizadas como referências para o redesenho de novos modelos de cintos de sustentação de RLMS mais adequados à postura dos usuários.

2.8 Ergodesign e Usabilidade

Como visto anteriormente, o objeto deste estudo consiste em um produto cujo uso é relativamente complexo para a maioria dos usuários comuns, pois estes necessitam de uma considerável carga de informações prévias para realizar com eficácia a tarefa de roçagem. Do contrário, o risco de eventualidades é grande.

Em muitas profissões, alguns dos principais motivos de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais estão relacionados com o uso de equipamentos manuais (DEWANGAN et al., 2008).

Paquet e Feathers (2004) salientam que o projeto de ferramentas pode desempenhar um papel importante no desenvolvimento de soluções para problemas relacionados com o trabalho nos membros superiores. Em contrapartida, sua má concepção pode resultar em traumas cumulativos.

Dessa forma, o projeto de um equipamento manual tão somente orientado para sua “eficácia mecânica” não vai contemplar sua “eficiência funcional” se for privado dos aspectos humanos. É dentro dessa linha de pensamento que atua o ergodesign.

O projeto ergonômico, ou ergodesign, é a aplicação da informação ergonômica ao design de ferramentas, máquinas, sistemas, tarefas, trabalhos e ambientes para o uso humano seguro, confortável e efetivo (MORAES, 2013).

Agner (2009) define o ergodesign como projeto baseado em pesquisas com os usuários. Assim como a arquitetura de informação, o ergodesign é um campo interdisciplinar. Sendo assim, um projeto ergonômico de um determinado produto, seja qual for, poderá abranger a pesquisa em diversas áreas científicas, de maneira a esgotar todas as informações acerca das características físicas e funcionais do produto, bem como observações sobre peculiaridades dos usuários na utilização do produto em questão.

Em consonância com o pensamento supracitado, Paschoarelli (2003) caracteriza o design ergonômico como sendo um processo científico de desenvolvimento de produtos e que este se utiliza da ergonomia para a aplicação de critérios de conforto e usabilidade na interface homem/tecnologia.

Van der Linden (2007) define o termo como sendo: o projeto, ou design, orientado por fatores ergonômicos. No que concerne ao projeto de um produto, tais fatores contemplam uma gama de variáveis que podem reunir desde o ambiente onde se ocorrerá a atividade, as características técnicas do produto, até as variáveis psicofisiológicas do usuário. Sendo assim, antes de qualquer prioridade de âmbito projetual, o produto precisa proporcionar fácil uso a um número máximo de usuários.

Nielsen (1993) considera usabilidade como um aspecto, entre outros, que influencia na aceitação de um produto, cujo objetivo consiste em elaborar interfaces transparentes, capazes de oferecer uma interação fácil, agradável, com eficácia e eficiência, permitindo ao usuário o pleno controle do ambiente sem se tornar um obstáculo durante a interação.

Adler e Winograd (1992) definem usabilidade como a habilidade que um produto tem de tirar vantagem das competências de seus usuários, funcionando de forma eficaz em uma dada gama de situações reais de trabalho.

Um dos pontos importantes a serem considerados no uso, além de informações diretas, como, por exemplo, treinamento ou manuais de instruções, é a própria forma física dos objetos, pois seus aspectos geométricos, bem como ícones e cores, podem “induzir” usuários ao uso correto, ou o contrário. Na linguagem do design industrial, essa definição é sintetizada como *affordance*.

Eason (1984), referindo-se à utilidade percebida do produto, observou que “[...] o maior indicador da usabilidade de um produto é se ele é usado”. Já Booth (1989) destaca que pode ser possível projetar um produto considerando os critérios de aprendizagem, efetividade, atitude e flexibilidade, mas que simplesmente não seja usado.

Nielsen (1993) argumenta que é possível que qualquer objeto, produto, sistema ou serviço que seja utilizado por seres humanos possua potenciais problemas em seu uso, e que estes deveriam ser submetidos a alguma forma de “engenharia de usabilidade”.

Dentro desse contexto, considerando as reflexões supracitadas e os problemas apresentados nos capítulos anteriores, é possível, através dos conceitos do design ergonômico, utilizar-se de técnicas de pesquisa científica, tecnologias e simulações, a fim de buscar estabelecer parâmetros de usabilidade e conforto, de modo a obter referenciais para o desenho de um novo sistema de sustentação de RLMS.

2.8.1 Parâmetros de usabilidade

Como abordado no item anterior, usabilidade, de acordo com a própria terminologia da palavra, tem como foco investigar como as pessoas usam o produto, no que se refere à interação entre usuário, tarefa e produto.

É notório que no passado muitos produtos eram projetados com pouca ênfase no usuário, ocasionando frustrações e desperdício de tempo, por não oferecerem um uso amigável (JORDAN, 1998; NORMAN, 2006; PREECE et al., 2002; GÖBEL, 2011). Com a expansão e a saturação do mercado, bem como a queda das diferenças tecnológicas, aspectos como a estética e a usabilidade passaram a ser primordiais. Diante do exposto, a usabilidade fixa como objetivo alcançar a qualidade de uso, ou seja, buscar a satisfação das necessidades do usuário. Assim, torna-se primordial a inclusão desse objetivo já no processo de desenvolvimento de um determinado produto ou sistema.

A Norma ISO 9241-11⁶ (Ergonomic requirements for office work with visual display terminals – Part 11: Guidance on usability) (ISO, 1998) descreve o conceito de usabilidade como sendo: “o alcance pelo qual um produto pode ser usado por certos usuários visando atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação em um determinado contexto de uso” onde:

- Eficácia: consiste na precisão e completude com que os usuários atingem objetivos específicos.
- Eficiência: refere-se à quantidade de esforço de aprendizagem ou tempo requerido para se atingir um certo objetivo.
- Satisfação: concerne ao conforto e à presença de atitudes positivas que o usuário sente quando usa um produto e o quão é aceitável em relação ao desejo de atingir os seus objetivos.

O contexto do uso refere-se a parâmetros externos às propriedades materiais do produto em si e sinaliza a importância das características do usuário, do objetivo que se pretende atingir e em que ambiente o produto está sendo utilizado. A Tabela 2 apresenta uma síntese dos parâmetros de usabilidade proposta pela norma.

Tabela 2 – Exemplo de medidas de usabilidade propostas pela ISO 9241-11.

Objetivos de usabilidade	Medidas de eficácia	Medidas de eficiência	Medidas de satisfação
Usabilidade global	Porcentagem de objetivos alcançados;	Tempo para completar uma tarefa;	Escala de satisfação;
	Porcentagem de usuários completando a tarefa com sucesso;	Tarefas completadas por unidade de tempo;	Frequência de uso arbitrário;
	Média da acurácia de tarefas completadas	Custo monetário de realização da tarefa	Frequência de reclamações

Fonte: ISO (1998).

Outra norma a ser considerada em estudos de usabilidade é a ISO 20282-1 (Ease of operation of everyday products – Part 1: Design requirements for context of use and user characteristics) (ISO, 2016). Ela fornece requisitos e recomendações para o projeto de produtos de uso diário, apresenta-se mais

⁶ Define usabilidade e explica como identificar a informação necessária a ser considerada na especificação ou avaliação de usabilidade de dispositivos de interação em termos de medidas de desempenho e satisfação do usuário.

concreta e específica, e traz maiores detalhes para os três objetivos apresentados pela ISO 9241-11. O termo “facilidade de operação”, apresentado pela ISO 20282-1, leva em conta conceitos de usabilidade concernentes à interface do usuário e considera as características relevantes do utilizador e o contexto do uso.

A escassez, ou mesmo a inexistência, de estudos que relacionem conceitos de usabilidade ao objeto deste estudo em âmbito científico fez com que ele se assentasse a parâmetros iniciais. Dessa maneira, os conceitos básicos de usabilidade, apresentados pelas duas normativas supracitadas, serviram como base norteadora para o desenvolvimento desta pesquisa.

2.8.1.1 Objetivos e subobjetivos

Segundo a ISO 20282-1 (2016), um objetivo principal pode incluir uma série de subobjetivos, que são partes de um objetivo global. A diretiva ainda cita que, se os objetivos e tarefas forem anteriores ao uso de um produto (por exemplo, a instalação), devem ser distinguidos dos objetivos principais, embora os mesmos requisitos e recomendações possam ser aplicados ao projetar a facilidade de operação com relação a esses objetivos. Sendo assim, torna-se importante salientar que o foco desta pesquisa se delimitou ao estudo da usabilidade das interfaces de sistemas de sustentação de RLMS. Ainda que seja evidente que o objetivo principal do produto consista em “cortar” vegetações, a pesquisa teve como foco o subobjetivo: facilidade de montagem, vestimenta e ajustagem dos sistemas de sustentação de RLMS.

2.8.1.2 Características dos usuários

A ISO 20282-1 considera avaliar previamente as características dos usuários, buscando definir fatores que possam, ou não, influenciar na facilidade de operação. Sendo assim, deve-se definir a população pretendida levando em consideração:

- Características psicológicas e sociais (habilidades cognitivas, experiência, diferenças culturais, alfabetização, idioma etc.).

- Características físicas e sensoriais (dimensões do corpo, habilidades biomecânicas, habilidades visuais, auditivas, lateralidade, idade, gênero etc.).

2.8.1.3 Contexto do uso

Segundo a ISO 20282-1 (2016), o contexto do uso refere-se, essencialmente, ao ambiente físico e social nos quais o produto será utilizado. Fatores como: localização, temperatura, iluminação, ruído, restrições de tempo, bem como a interação com colegas que compartilham o mesmo ambiente social podem influenciar no desempenho de determinada tarefa.

A revisão bibliográfica, abordada neste capítulo, destacou sobre a importância de se considerar aspectos posturais e de conforto na atividade com o equipamento em estudo. Enfatizou também sobre como conceitos e normas de usabilidade podem auxiliar metodológica e projetualmente no projeto de sistemas de sustentação mais inteligíveis, sob o ponto de vista do uso.

O capítulo subsequente são apresentados os materiais e métodos da pesquisa.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

Para a escolha dos equipamentos submetidos à investigação foi realizada uma ampla análise de produtos similares, através de pesquisas em diversas lojas físicas e eletrônicas. Sendo assim, os critérios de escolha para aquisição das RLMs em estudo se basearam na tradição, no tempo de estabelecimento da marca no país e na disponibilidade de pontos de assistência técnica próximos à região da equipe de pesquisa.

Também, é relevante ressaltar que todas as marcas analisadas ofereciam variados modelos dentro da mesma classe de equipamentos, e estes se divergindo principalmente por faixas de: potência, volume do cilindro, consumo, rotação máxima, volume do tanque, peso, comprimento etc. Assim, foram adquiridos 4 modelos de uso profissional, tomando como base informações retiradas de catálogos técnicos, na busca de modelos que apresentassem características relativamente próximas entre si, entretanto, com sistemas de sustentação diferentes.

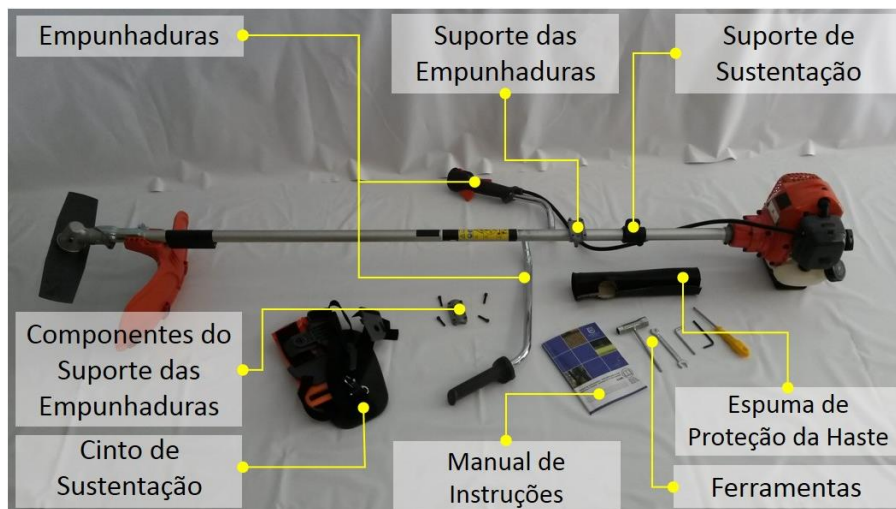
Nos próximos capítulos serão apresentadas as características técnicas dos materiais (RLMs) que constituíram esta pesquisa e, ao mesmo tempo, uma análise prévia desses produtos, sob a ótica da ergonomia.

3.1.1 RLM modelo A

- Motor = 2 tempos
- Combustível = Mistura gasolina/óleo
- Volume máximo admitido no cilindro = 33,6cm³
- Potência = 1,62 HP
- Volume do tanque = 0,74 L
- Consumo = 639 g/kWh
- Rotação máxima = 11500 RPM
- Peso (sem combustível e lâminas) = 7,2 Kg
- Comprimento total = 175 cm

A Figura 12 apresenta a RLM A com seus sistemas de sustentação desmontados, tal como foi adquirida.

Figura 12 – RLM modelo A. Configurações iniciais de fábrica (exceto sistema de corte).



Fonte: autor.

3.1.1.1 Sistema de sustentação – A

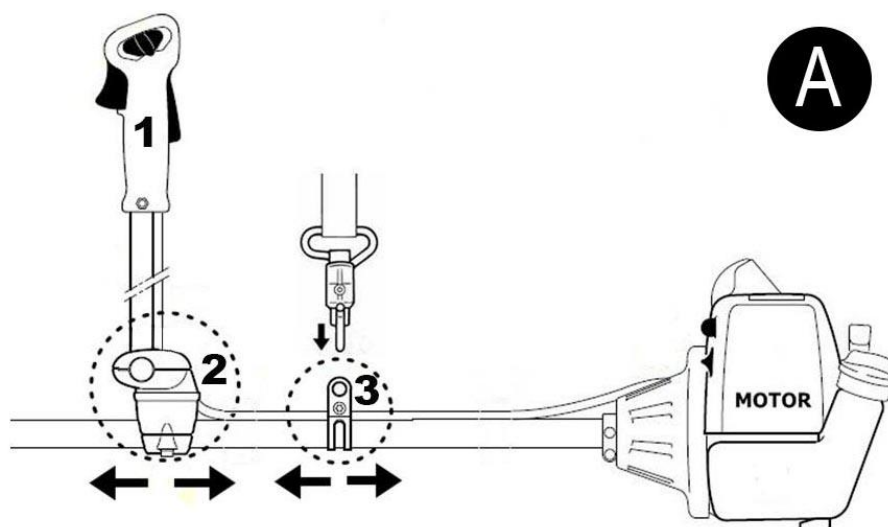
O sistema de sustentação do equipamento modelo A apresenta suas empunhaduras em 2 peças distintas.

Seu suporte das empunhaduras é fixado na fábrica por 2 parafusos do tipo *allen*, sendo assim, sua posição pode ser ajustada com o auxílio de uma chave. Sua parte superior apresenta 4 parafusos, também do tipo *allen*, responsáveis pela fixação das empunhaduras. Logo, é possível que o utilizador consiga ajustar as empunhaduras da maneira que julgue confortável para o uso.

Seu suporte de sustentação é fixado, também na fábrica, por 1 parafuso do tipo fenda e, com o auxílio de uma chave, também pode ser movimentado. Essa peça possui um orifício onde se realiza o engate do gancho do cinto.

A Figura 13 demonstra uma vista lateral do suporte de sustentação e empunhaduras do sistema A.

Figura 13 – Sistema de sustentação do modelo A. (1. Empunhadura, 2. Suporte das empunhaduras, 3. Suporte de sustentação).



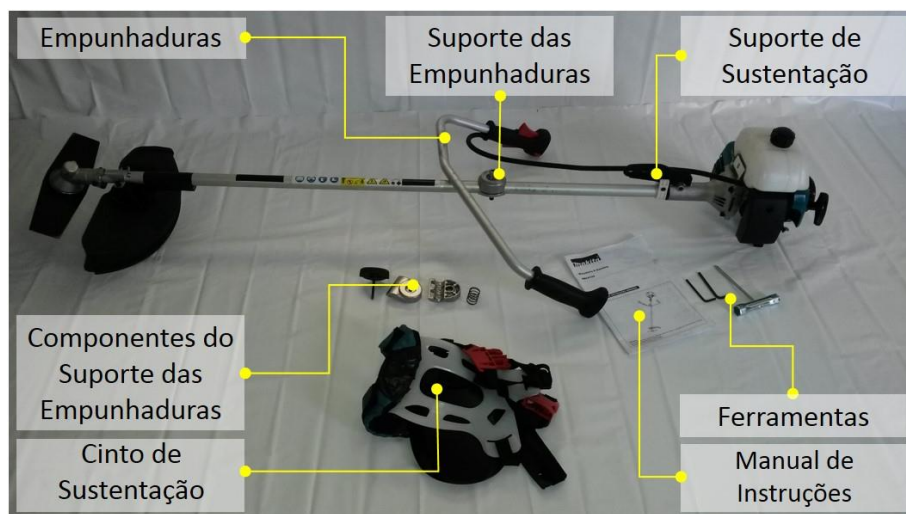
Fonte: autor.

3.1.2 RLM modelo B

- Motor = 2 tempos
- Combustível = Mistura gasolina/óleo
- Volume máximo admitido no cilindro = 40,2 cm³
- Potência = 1,97 HP
- Volume do tanque = 1,1 L
- Consumo = Não consta
- Rotação máxima = 6800 RPM
- Peso (sem combustível e lâminas) = 7,3 Kgf
- Comprimento total = 166 cm

A Figura 14 apresenta a RLM B com seus sistemas de sustentação desmontados, tal como foi adquirida.

Figura 14 – RLM modelo B. Configurações iniciais de fábrica (exceto sistema de corte).



Fonte: Autor

3.1.2.1 Sistema de sustentação – B

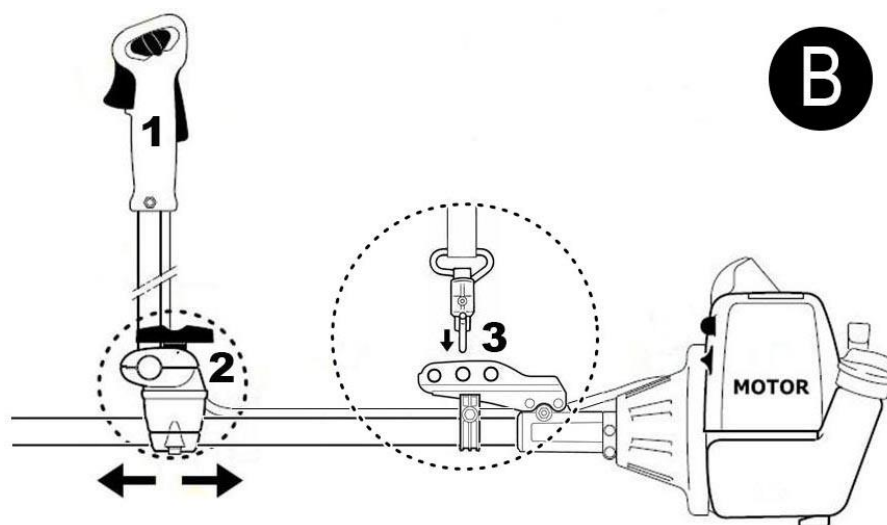
O sistema de sustentação do equipamento modelo B apresenta suas empunhaduras numa única peça.

Seu suporte de sustentação é fixado na fábrica por 2 parafusos do tipo *allen*, sendo assim, sua posição pode ser ajustada com o auxílio de uma chave. Sua parte superior apresenta um parafuso com cabeça em forma de manípulo, responsável pela fixação das empunhaduras. Logo, é possível que o utilizador consiga ajustar manualmente as empunhaduras, sem a utilização de qualquer tipo de chave.

Seu suporte de sustentação é fixado na parte traseira da máquina, próximo ao motor, e não pode ser movimentado. Essa peça possui 3 orifícios, onde se realiza o engate do gancho do cinto.

A Figura 15 demonstra uma vista lateral do suporte de sustentação e empunhaduras do sistema B.

Figura 15 – Sistema de sustentação do modelo B. (1. Empunhadura, 2. Suporte das empunhaduras, 3. Suporte de sustentação fixo).



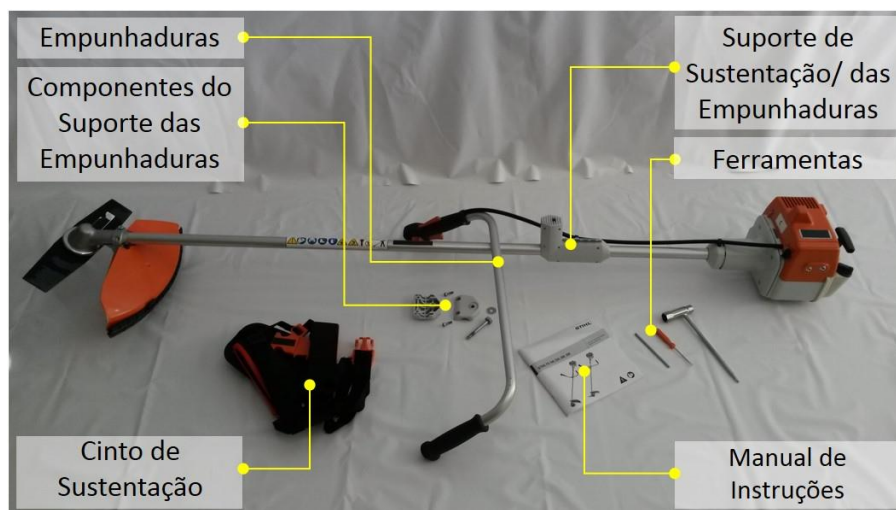
Fonte: autor.

3.1.3 RLM modelo C

- Motor = 2 tempos
- Combustível = Mistura gasolina/óleo
- Volume máximo admitido no cilindro = $35,2 \text{ cm}^3$
- Potência = 2,2 HP
- Volume do tanque = 0,58 L
- Consumo = Não consta
- Rotação máxima = 12500 RPM
- Peso (sem combustível e lâminas) = 7,7 Kgf
- Comprimento total = 181 cm

A Figura 16 apresenta a RLM C com seus sistemas de sustentação desmontados, tal como foi adquirida.

Figura 16 – RLM modelo C. Configurações iniciais de fábrica (exceto sistema de corte).



Fonte: autor.

3.1.3.1 Sistema de sustentação – C

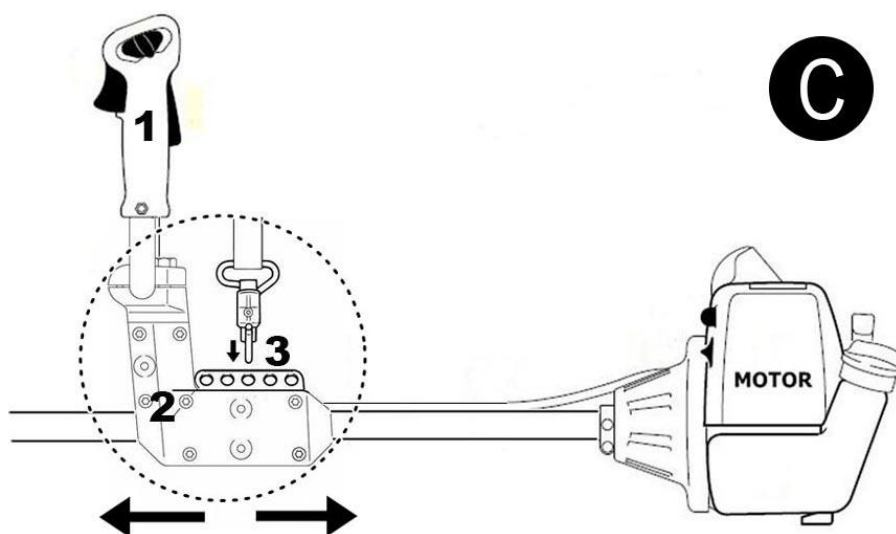
O sistema de sustentação do equipamento modelo C apresenta suas empunhaduras numa única peça.

Seu suporte de sustentação é fixado na fábrica por 7 parafusos laterais do tipo *torx*, sendo assim, sua posição pode ser ajustada com o auxílio de uma chave. Sua parte superior apresenta mais 3 parafusos, sendo: 1 de cabeça sextavada, para fixação e proteção contra movimentos laterais do guidão e 2 do tipo *allen*, responsáveis pelo ajuste da angulação das empunhaduras.

Seu suporte de sustentação apresenta-se integrado ao suporte das empunhaduras, caracterizando, assim, uma única peça. Possui 5 orifícios, onde é possível escolher a posição de engate do gancho do cinto.

A Figura 17 demonstra uma vista lateral do suporte de sustentação e empunhaduras do sistema C.

Figura 17 – Sistema de sustentação do modelo C. (1. Empunhadura, 2. Suporte das empunhaduras com 3. Suporte de sustentação integrado).



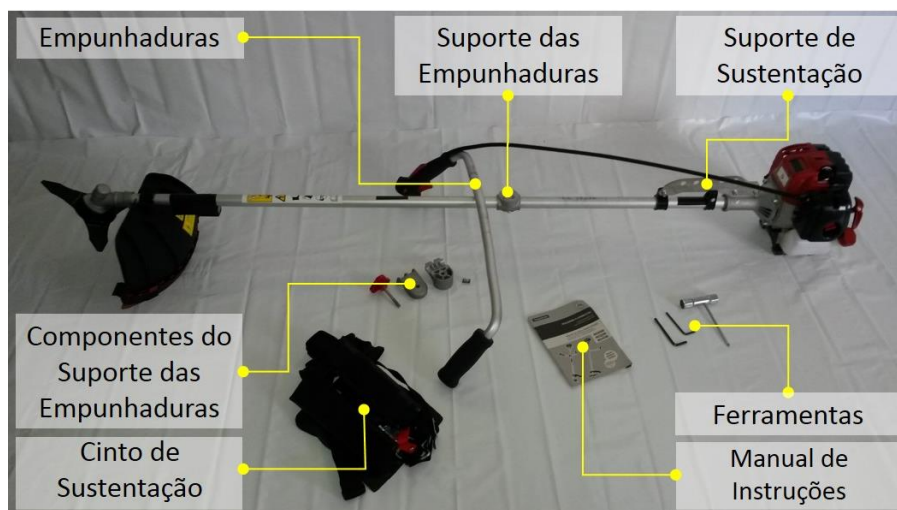
Fonte: autor.

3.1.4 RLM modelo D

- Motor = 2 tempos
- Combustível = Mistura gasolina/óleo
- Volume máximo admitido no cilindro = $32,6 \text{ cm}^3$
- Potência = 1,2 HP
- Volume do tanque = 0,91 L
- Consumo = Não consta
- Rotação máxima = 6500 RPM
- Peso (sem combustível e lâminas) = 7,3 Kgf
- Comprimento total = 178 cm

A Figura 18 apresenta a RLM D com seus sistemas de sustentação desmontados, tal como foi adquirida.

Figura 18 – RLM modelo D. Configurações iniciais de fábrica (exceto sistema de corte).



Fonte: autor.

3.1.4.1 Sistema de sustentação – D

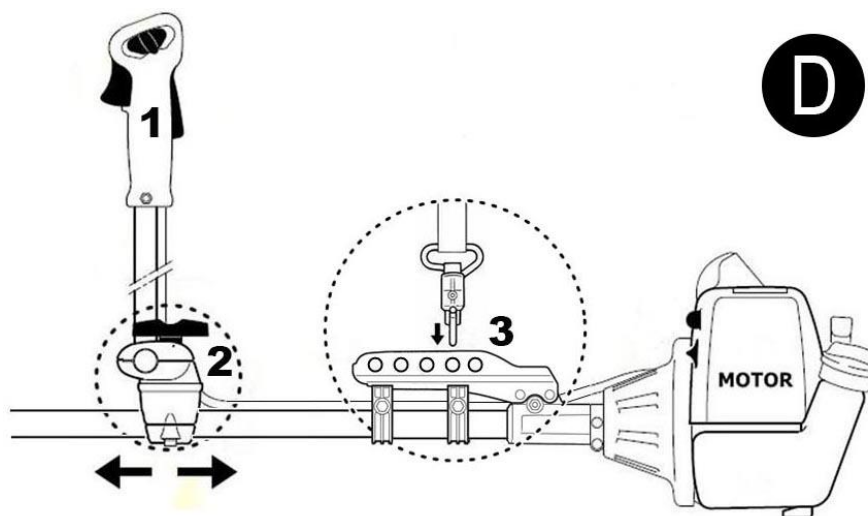
O sistema de sustentação do equipamento modelo D assemelha-se ao modelo B. Também apresenta suas empunhaduras numa única peça.

Seu suporte de sustentação também é fixado na fábrica por 2 parafusos do tipo *allen*, sendo assim, sua posição pode ser ajustada com o auxílio de uma chave. Sua parte superior apresenta um parafuso com cabeça em forma de manípulo, responsável pela fixação das empunhaduras. Dessa forma, é possível que o utilizador consiga ajustar manualmente a angulação das empunhaduras, sem a utilização de qualquer tipo de chave.

Seu suporte de sustentação, similarmente ao modelo B, também é fixado na parte traseira da máquina, próximo ao motor, e não pode ser movimentado. Essa peça possui 5 orifícios, onde se realiza o engate do gancho do cinto.

A Figura 19 demonstra uma vista lateral do suporte de sustentação e empunhaduras do sistema D.

Figura 19 – Sistema de sustentação do modelo D. (1. Empunhadura, 2. Suporte das empunhaduras, 3. Suporte de sustentação fixo).



Fonte: autor.

3.1.5 Cintos de sustentação de apoio duplo nos ombros

Os “cintos de sustentação de apoio duplo nos ombros”, também chamados de “arneses” ou apenas “cintos de sustentação”, pertencem, indubitavelmente, à categoria mais utilizada no mercado, sendo possível encontrá-los em diversas variações de formas e materiais.

Segundo a ISO 11806-1 (2011), esse modelo de cinto deve ser utilizado em roçadeiras laterais que excedam o peso total de 7,5 kgf. Funcionam basicamente com três elementos de apoio, que, se ajustados adequadamente, distribuem a carga do equipamento entre: ombros, tórax esquerdo, peito e costas do usuário. Finalmente, elementos de ligação das alças se unem a um acessório de apoio lateral denominado *hip pad* ou simplesmente *pad*, responsável por sustentar o gancho que se conecta à máquina e, ao mesmo tempo, proteger o contato direto entre a haste do equipamento e a perna direita do operador.

3.1.5.1 Cinto modelo A

O cinto modelo A (Figura20) apresenta características bem similares aos padrões encontrados no mercado.

Suas alças de apoio para ombros possuem uma modesta camada de espuma aparente. Já a alça de apoio lateral (abdômen esquerdo) é constituída

de fitas em material polimérico, sem tipo algum de estofamento ou revestimento, assim como os demais elementos responsáveis pela junção dos acessórios.

Seus elementos costal e peitoral são fabricados em plásticos rígidos sem qualquer tipo de estofamento ou revestimento. As mesmas características de materiais são estabelecidas ao *pad*.

Figura 20 – Cinto de sustentação modelo A.



Fonte: autor.

3.1.5.2 Cinto modelo B

O modelo B (Figura 21) aparenta ser razoavelmente mais elaborado que o modelo A, entretanto, também se assemelha a vários padrões encontrados no mercado.

Suas alças de apoio para ombros possuem revestimento composto por manta Ethafoam⁷ revestida com Nylon⁸ impermeável, estas fixadas com Velcro⁹, de modo que podem ser retiradas para lavagem.

Sua alça de apoio lateral (abdômen esquerdo) é constituída por fitas em material polimérico provido proteção de borracha vinílica.

Esse modelo possui uma estrutura costal em polietileno de baixa densidade na cor branca.

⁷ Nome comercial dado à espuma flexível de polietileno de baixa densidade.

⁸ Nome comercial genérico dado à família das poliamidas.

⁹ Nome comercial dado ao tipo de fecho em forma de tecido. Inventado em 1948 pelo engenheiro e eletricitista suíço Georges de Mestral.

Seu elemento de fixação peitoral é constituído de presilha (semelhante a mochilas escolares) na cor vermelha, o que facilita a identificação no momento da vestimenta.

Finalmente, seu *pad* de proteção é constituído de uma estrutura rígida de HDPE¹⁰ com sistema de gancho em aço carbono.

Figura 21 – Cinto de sustentação modelo B.



Fonte: autor.

3.1.5.3 Cinto modelo C

O acessório C (Figura 22) possui um desenho bem simples e apresenta, também, características semelhantes aos demais modelos analisados.

Suas alças de apoio para ombros são constituídas de uma espessa camada de borracha esponjosa SBR¹¹, revestida com tecido em polipropileno.

Sua alça de apoio lateral (abdômen esquerdo) é constituída por fitas em material polimérico sem qualquer revestimento.

Sua estrutura costal, composta em poliamida, é simples e pequena, e tem apenas a função de ligar os elementos entre si.

Seu elemento de fixação peitoral também é constituído de presilha (semelhante a mochilas escolares) na cor laranja, o que também facilita a identificação no momento da vestimenta.

¹⁰ Sigla em inglês dada ao componente polietileno de alta densidade.

¹¹ Sigla em inglês dada à borracha de butadieno estirado.

Seu *pad* de proteção apresenta-se com um desenho bem simples, feito de estrutura rígida de Poliamida com sistema de gancho em aço carbono, preso em uma de suas extremidades.

Figura 22 – Cinto de sustentação modelo C.



Fonte: autor.

3.1.5.4 Cinto modelo D

O cinto modelo D (Figura 23) apresenta um acabamento mais rudimentar dentre todos os modelos avaliados.

Suas alças de apoio para ombros possuem estreita camada de espuma em poliuretano revestida em plástico vinil preto. Sua alça de apoio lateral (abdômen esquerdo) é também constituída de fitas em material polimérico, sem qualquer tipo de estofamento ou revestimento.

Seus elementos costal e peitoral são constituídos em anéis de aço carbono. O mesmo pode ser verificado nos elementos de ajuste para regulagem.

Seu *pad* é constituído de fina camada de espuma em poliuretano revestida de plástico vinílico, tal qual as alças de apoio para os ombros. O elemento também possui um complexo sistema de gancho metálico anexado à peça.

Figura 23 – Cinto de sustentação modelo D.



Fonte: autor.

3.1.5.5 Cinto modelo E

O cinto modelo E (Figura 24), ainda que pertença à mesma marca fabricante do modelo A, não é habitualmente comercializado no país e foi adquirido através de um *site* internacional de comércio eletrônico. Chamou a atenção do pesquisador devido ao seu grande apelo publicitário, pois enfatizava diversos atributos ergonômicos.

Suas alças de apoio para os ombros são ligeiramente mais largas que os demais acessórios analisados, mantendo a mesma largura em toda a extensão das costas. Ademais esse elemento possui estofamento em espuma Ethafoam, com maior espessura. As mesmas características podem ser atribuídas à alça de apoio lateral (abdômen esquerdo). É válido ressaltar que, nesse elemento, há duas opções de engate, pois o projeto considera o volume dos seios femininos, sendo assim, o engate abaixo da presilha peitoral foi concebido para usuários do sexo feminino e o engate na própria presilha peitoral, para utilizadores do sexo masculino. Ainda que essa inovação seja vista com bons olhos, é importante ressaltar que, durante todo o tempo despendido neste estudo, o pesquisador não encontrou qualquer pessoa do sexo feminino fazendo o uso de uma RLM.

Em relação à presilha frontal, não foi observada a ocorrência de quaisquer tipos de revestimento ou estofamento nesse elemento.

Seu elemento costal possui três orifícios que possibilitam variações de regulagens de acordo com a estatura do utilizador. No entanto, não apresenta qualquer tipo de acabamento interno.

Diferentemente dos demais modelos, esse acessório é provido de um cinto de quadril. Arrisca-se ser simplório, todavia, a ocorrência de cintos específicos para RLMS com apoio para os quadris é incomum no mercado brasileiro.

Seu *pad* de proteção possui uma espessa camada estofada na face de contato com a perna, o que provavelmente pode trazer maior conforto na operação.

Figura 24 – Cinto de sustentação do modelo E.



Fonte: autor.

3.1.6 Materiais que compõem os cintos de sustentação

A Tabela 3 apresenta uma síntese dos materiais e dimensões encontrados nos componentes dos cintos de sustentação submetidos a análise.

Tabela 3 – Síntese dos materiais e dimensões empregados nos cinco modelos de cintos avaliados.

	A	B	C	D	E
OMBROS					
Estofamento das alças	Manta - XPE - FOAN ¹	Manta - ETHAFOAM ²	Borracha esponjosa SBR ³	Espuma PU D20 ¹¹	Manta - ETHAFOAM ²
Espessura do estofamento das alças (milímetros)	6	5	9	8	12
Revestimento das alças	Não há	Tecido - Nylon 240	Tecido - PP ⁴	Plástico - Vinil PVC ⁵	Tecido - Lona Poliéster 550g
Largura das alças (milímetros)	70	65	61	68	95
ABDOMEN ESQUERDO					
Estofamento das alças	–	–	–	–	Manta - ETHAFOAM ²
Espessura do estofamento das alças (milímetros)	–	–	–	–	5
Revestimento das alças (milímetros)	Fita PP ⁶ - 1,5mm	Borracha - Vinil PVC ⁷ - 6mm	Fita PP ⁶ - 1,5mm	Fita PP ⁶ - 2mm	Tecido - Nylon 600
Largura das alças (milímetros)	24	57	38	35	80
QUADRIL					
Estofamento do cinto	–	–	–	–	Manta - ETHAFOAM ²
Espessura do estofamento (milímetros)	–	–	–	–	12
Revestimento do cinto	–	–	–	–	Tecido - Lona Poliéster 550g
Largura do cinto (milímetros)	–	–	–	–	100
PERNA DIREITA					
<i>Pad</i> de proteção	HDPE ⁸	HDPE ⁸	PA ⁹	Plástico - Vinil PVC ⁵	HDPE ⁸
Estofamento <i>Pad</i> (contato com a perna)	–	–	–	Espuma PU D20 ¹¹ - esp. 8mm	Tecido <i>Corino</i> ¹⁰ + Espuma PU D20 ¹¹
ELEMENTOS DE LIGAÇÃO					
Elementos de ligação (Região Costal)	LDPE ¹²	LDPE ¹²	PA ⁹	Aço ABNT 1020	HDPE ⁸
Elementos de ligação (Região Frontal)	POM ¹³	POM ¹³	POM ¹³	POM ¹³	HDPE ⁸
ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO					
Presilhas	POM ¹³	POM ¹³	POM ¹³	HDPE ⁸	HDPE ⁸
Reguladores	POM ¹³	POM ¹³	POM ¹³	POM ¹³ e Aço ABNT 1020	POM ¹³
Larguras das Fitas de ligação (milímetros)	PP ⁶ - 50 e 24	PP ⁶ - 24	PP ⁶ - 38, 35 e 25	PP ⁶ - 42 e 25	PP ⁶ - 25, 39 e 18

LEGENDA:

1- Espuma Polietileno Reticulado, 2- Espuma flexível de polietileno de baixa densidade, 3- Borracha de Butadieno Estirado, 4- Tecido Polipropileno, 5- Policloreto de Vinila - Flexível, 6- Fita Polipropileno, 7- Policloreto de Vinila - Borracha, 8- Polietileno de Alta Densidade, 9- Poliamida, 10- Couro Sintético, 11- Espuma Poliuretano Densidade 23, 12- Polietileno de Baixa Densidade, 13- Polióxido de Metileno

Fonte: autor.

3.2 Métodos

Além da revisão bibliográfica dos conteúdos correlatos ao objeto da pesquisa, foram utilizadas abordagens experimentais empíricas, de ordem qualitativa e quantitativa, em campo e em laboratório, estes sendo especificados em cada etapa da pesquisa, a saber:

Primeiro experimento – abordagem empírica experimental em campo de ordem qualitativa, com o objetivo de analisar a postura da atividade de roçagem e a utilização de tecnologia de rastreamento de movimentos 3D em um operador de RLM.

Segundo experimento – abordagem empírica experimental em campo e em laboratório de ordem quali-quantitativa, visando abordar a construção e validação de um dispositivo de mensuração de forças atuantes em usuários de RLMs.

Terceiro experimento – abordagem empírica experimental em laboratório de ordem quali-quantitativa, buscando compreender a análise da eficiência, eficácia, satisfação e os níveis de percepção de dor/desconforto no uso de sistemas de sustentação de RLMs.

Quarto experimento – abordagem empírica experimental em laboratório de ordem quantitativa, com o objetivo de mensurar forças atuantes em sistemas de sustentação de RLMs com um número mais expressivo de utilizadores.

Quinto experimento – abordagem empírica experimental em campo de ordem qualitativa, com o intuito de analisar os níveis de percepção de dor/desconforto no pós-uso de cintos de sustentação de RLMs.

Design ergonômico de um novo sistema de sustentação de RLM, utilizando experimentos anteriores como referência.

Sexto experimento – abordagem empírica experimental em campo de ordem qualitativa, com o intuito de analisar os níveis de percepção de dor/desconforto no pós-uso de cintos de sustentação de RLMs. Experimento incluindo o novo desenho de cinto.

Sétimo experimento – abordagem empírica experimental em laboratório de ordem quali-quantitativa, buscando compreender a análise da eficiência, eficácia e satisfação no uso de sistemas de sustentação de RLMs. Experimento incluindo o novo sistema.

Oitavo experimento – abordagem empírica experimental em laboratório de ordem quantitativa, com o objetivo de avaliar, através de eletromiografia, os níveis de atividade de 4 grupos musculares através das simulações de movimentos com RLMs.

3.2.1 Primeiro experimento – análise postural da atividade de roçagem e a utilização de tecnologia de rastreamento de movimentos 3D

3.2.1.1 Objetivos do experimento

Este estudo teve como objetivo realizar uma investigação sobre possíveis relatos de percepção de dor ou desconforto musculoesquelético, através de aplicação de entrevista estruturada e questionário nórdico, realizada em um operador profissional de RLM. Posteriormente a tal, realizou-se a observação direta da atividade e a análise dos prováveis relatos de percepção de dor/desconforto, através de registros de movimentos da atividade de roçagem, obtidos pela tecnologia de captura de movimentos 3D.

3.2.1.2 Materiais

- TCLE (CAAE: 44196815.8.0000.5663).
- Questionário Nórdico dos Sintomas Musculoesqueléticos (KUORINKA et al., 1986) (ANEXO 3).
- 01 Roçadeira lateral motorizada, motor 2 tempos, 1,7 Kw. Equipada com fios de *nylon* e peso de aproximadamente 9 Kgf.
- 01 Equipamento de captura de movimentos por inércia X-sens MVN Biomech.

3.2.1.3 Procedimentos metodológicos

Este trabalho consistiu num estudo empírico experimental em campo de caráter qualitativo, sendo desenvolvido em duas etapas:

A primeira caracterizou-se numa entrevista estruturada, levando em consideração o ambiente e equipamentos utilizados na tarefa de corte com RLMs. Também foi aplicado o Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos (KUORINKA et al., 1986), com o objetivo de identificar possíveis relatos de distúrbios musculoesqueléticos.

A segunda etapa ocorreu em campo, nas dependências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) – *Campus* Bauru – SP, onde o sujeito sob análise, munido de uma RLM, equipamentos de proteção e devidamente paramentado com os dispositivos de rastreamento de movimentos

3D (Figura 25), realizou todos os procedimentos inerentes ao corte de vegetação por um período de 35 minutos.

Figura 25 –Tecnologia de captura de movimentos por inércia e instalação do equipamento ao corpo do operador.



Fonte: autor.

3.2.2 Segundo experimento – observação da atividade de roçagem e validação de um dispositivo de mensuração de forças atuantes em usuários de RLMS

3.2.2.1 Objetivos do experimento

Nesta etapa, a pesquisa se propôs a realizar uma investigação da atividade de roçagem com funcionários do setor de manutenção paisagística do município de Batatais – SP. O experimento também teve como objetivo testar a eficácia de um dispositivo de mensuração de possíveis forças atuantes em usuários de RLMS, projetado e construído conforme o Apêndice 18.

3.2.2.2 Materiais

- TCLE (CAAE: 44196815.8.0000.5663).
- 04 Roçadeiras Laterais Motorizadas, denominadas A, B, C e D (descritas no capítulo 3.1).
- 05 Cintos de sustentação de apoio duplo nos ombros, denominados A, B, C, D (os mesmos citados no capítulo 3.1).
- Ficha de coleta para levantamento antropométrico estático – posição ereta (Apêndice 2).

- Ficha de coleta para levantamento das variações dimensionais de regulagem do equipamento (Apêndice 3).
- Dispositivo de mensuração de forças atuantes em usuários de RLMS (Apêndice 18).
- 03 Dinamômetros de tração da marca Crown, modelo AT, com capacidade de 10Kgf, graduação em dupla escala (quilos e libras), precisão de 1% de sua capacidade total.
- 01 Balança de chão da marca Camry, com capacidade máxima de 130 Kgf.
- 01 Antropômetro em madeira.
- 01 Estadiômetro – capacidade máxima de 2 mts.
- 01 Trena convencional (3 metros).

3.2.2.3 Procedimentos metodológicos

Primeiramente, fez-se necessário realizar a observação da atividade de usuários experientes em campo (Figura 26), a fim de buscar encontrar diferentes modos operatórios que deveriam ser considerados na ajustagem do dispositivo de mensuração (Apêndice 18). Essa observação ocorreu durante a limpeza da vegetação de algumas vias públicas da cidade de Batatais – SP.

Figura 26 – Observação da atividade de roçagem com RLMS.



Fonte: autor.

Em uma segunda etapa, 8 sujeitos do sexo masculino, sendo quatro deles experientes no manuseio com RLMS, foram convidados a realizar os procedimentos de montagem e regulagem dos mecanismos de sustentação de 4 diferentes RLMS. Esse experimento ocorreu em uma sala de aula nas

dependências da Etec Antônio de Pádua Cardoso, também na cidade de Batatais – SP (Figura 27).

Figura 27 – Etapas de montagem do sistema de sustentação da RLM e a acoplagem desta ao dispositivo de mensuração de forças, projetado conforme Apêndice 18.



Fonte: autor.

Após coletadas algumas dimensões (conforme o Apêndice 2), cada sujeito era orientado a montar o sistema de sustentação e a vestir o cinto de uma das RLMs da maneira que considerasse mais adequada. É válido ressaltar que manuais de instruções e ferramentas pertencentes a cada equipamento foram disponibilizados. Em seguida, colhia-se uma série de dimensões do sujeito empunhando o equipamento (conforme o Apêndice 3).

O experimento ocorreu com o tanque de combustível de cada equipamento abastecido exatamente na metade de sua capacidade, conforme recomendações da norma ISO 11806-1, e seus pesos foram equiparados a exatos 9 quilos, através de pequenas placas de metal fixadas em suas extremidades. Essa prática se fez necessária com o propósito de eliminar a variável peso, atentando-se apenas às possíveis variâncias proporcionadas pelos diferentes designs dos sistemas de sustentação.

O pesquisador acoplava a RLM a 3 dinamômetros fixados ao dispositivo de mensuração, este devidamente ajustado conforme todas as dimensões do sujeito, coletadas previamente.

A escolha das RLMs ocorreu randomicamente, de modo que 1 modelo fosse experimentado apenas por 1 sujeito experiente e 1 sem experiência.

3.2.2.4 Critérios de inclusão

Todos os 8 sujeitos a serem observados deveriam apresentar idade acima de 18 anos e concordarem com o TCLE.

Os 4 sujeitos pertencentes ao grupo com experiência deveriam ter ao menos 5 anos de prática nessa atividade. Já os 4 indivíduos pertencentes ao grupo dos inexperientes não deveriam ter obtido qualquer tipo de habilidade com o uso desse equipamento.

3.2.3 Terceiro experimento – análise da eficiência, eficácia, satisfação e níveis de percepção de dor/desconforto no uso de sistemas de sustentação de RLMS

3.2.3.1 Objetivos do experimento

Esta etapa da pesquisa teve como propósito investigar o procedimento de montagem e regulagem das interfaces de sustentação de quatro RLMS e cinco cintos de sustentação de apoio duplo nos ombros que possuem diferentes sistemas em seus mecanismos, expostos no item 3.1.

Com base nos preceitos básicos de usabilidade, propostos pela ISO 9241-11 e, mais especificamente, os procedimentos da ISO 20282-1, buscou-se definir parâmetros de eficácia, eficiência e satisfação. Simultaneamente, este estudo também teve como propósito realizar a coleta de algumas dimensões antropométricas dos indivíduos, bem como averiguar sobre possíveis diferenças nos níveis de percepção de desconforto no uso de cada sistema.

3.2.3.2 Materiais

- TCLE (CAAE: 44196815.8.0000.5663).
- 02 Câmeras filmadoras da marca Sony, modelo Handycan DCR SX21 (com tripés).
- 01 Balança de chão da marca Camry, com capacidade máxima de 130 Kgf.
- 01 Antropômetro em madeira.
- 01 Estadiômetro – capacidade máxima de 2 mts.
- 04 Roçadeiras Laterais Motorizadas (A, B, C, D).

- 05 Cintos de sustentação de apoio duplo nos ombros, denominados A, B, C, D e E.
- Ficha de coleta para levantamento antropométrico estático – posição ereta (Apêndice 2).
- Ficha de coleta para levantamento das variações dimensionais de regulagem do equipamento (Apêndice 3).
- Procedimento de ajustagem do cinto e balanceamento de RLMS proposto por Government South Australia (2000) (Anexo 4).
- 01 Cronômetro.
- Protocolo específico – Usabilidade de Sistemas de Sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas (Apêndice 4).
- Diagrama de desconforto postural (CORLETT; MANENICA, 1980) (Anexo 5).
- Dispositivo de mensuração de forças atuantes em usuários de RLMS (Apêndice 18).
- *Software* de análise estatística SPSS Statistics 17.0.

Figura 28 – Sala adaptada para coleta de dados antropométricos e observação da atividade de montagem dos sistemas.



Fonte: Autor

3.2.3.3 Procedimentos metodológicos

Como mencionado anteriormente a pesquisa se utilizou dos preceitos das normas ISO 9241-11 e ISO 20282-1 como parâmetros iniciais de estudos em usabilidade, propondo colher dados sobre a eficiência, eficácia e satisfação dos sujeitos em relação à montagem e ajustagem do sistema de sustentação de RLMS. Particularmente, a ISO 20282-1 apresenta três quesitos fundamentais e

que devem ser considerados para a análise de usabilidade de um determinado produto: objetivo principal e subobjetivos, características dos usuários e contexto do uso.

3.2.3.3.1 Objetivo principal e subobjetivo do produto

O experimento em questão teve como foco o subobjetivo: facilidade de montagem e vestimenta do sistema de sustentação do equipamento. Ou seja, o sistema deveria permitir com que o usuário conseguisse, de maneira fácil, através das interfaces oferecidas, montar os devidos acessórios, vestir, ajustar o cinto e equilibrar a máquina ao corpo, de modo que pudesse simular sua operação, com o menor desconforto possível, conforme recomendações da norma ISO 11806-2011.

3.2.3.3.2 Características dos usuários e critérios de inclusão

Com base na experiência do pesquisador, após obter amplo contato com utilizadores do objeto dessa pesquisa, buscou-se definir um perfil de usuário. Sendo assim, foram estabelecidos alguns pré-requisitos e critérios de inclusão, a seguir:

- Os participantes deveriam ser do sexo masculino, com idade igual ou superior a 18 anos, alfabetizados, não terem tido qualquer experiência prévia com qualquer equipamento similar, possuírem, mesmo que minimamente, habilidades biomecânicas, visuais e auditivas.
- O experimento contou com a participação de 50 usuários em potencial, que apresentaram as seguintes características: todos do sexo masculino; faixa etária variando entre 18 e 44 anos (média = 24,2 e d.p. = 6,8); peso alternando entre 46 e 117 quilos (média = 75,2 e d.p. = 15,3); estatura variando entre 158 e 190 centímetros (média = 176,1 e d.p. 6,6); todos afirmaram possuir plenas condições físicas e mentais para realização do experimento; todos alegaram serem alfabetizados; quatro sujeitos se declararam canhotos; todos declararam nunca haverem manuseado ou mesmo

presenciado qualquer experiência de montagem de qualquer tipo de RLM; todos leram e assinaram o TCLE.

3.2.3.3.3 Contexto do uso

No que se refere ao contexto do uso de RLMs, sabe-se que é possível sofrer enormes variações, dada a tamanha diversidade dos ambientes físicos e sociais em que esse produto pode ser utilizado. Dessa maneira, o pesquisador entendeu ser pertinente, ao menos neste experimento, fixar alguns parâmetros sobre o contexto do uso, buscando, assim, diminuir variáveis. Por consequência disso, a coleta das informações dos procedimentos de montagem foi realizada em uma sala de aula localizada nas dependências da Etec “Antônio de Pádua Cardoso”, município de Batatais – SP (Figura 28).

3.2.3.3.4 Procedimentos do experimento

O experimento se sucedeu no seguinte contexto:

Primeiramente os participantes eram orientados a lerem e assinarem o TCLE.

Após a concordância, eram colhidos alguns dados antropométricos (Apêndice 2). Essa etapa foi de essencial importância, visto que tais dimensões seriam futuramente utilizadas para o desenvolvimento de um possível redesenho de um novo sistema de sustentação. A Figura 29 apresenta a realização da coleta dos dados antropométricos.

Figura 29 – Coleta de dados antropométricos.



Fonte: autor.

Após a coleta das dimensões, os participantes eram convidados a montar as empunhaduras de uma das RLMs, realizar a vestimenta do respectivo cinto de sustentação, bem como efetuar o ajuste para balanceamento, seguindo os procedimentos básicos de ajuste e balanceamento de RLMs proposto pelo Government South Australia (2000) (Anexo 4). A obrigatoriedade da leitura dos procedimentos básicos de ajuste e balanceamento fez-se necessária devido à inexistência desse tipo de orientação nos manuais de instruções de todos os equipamentos submetidos à análise.

Com o equipamento empunhado ao corpo, cada sujeito era orientado a simular os movimentos de uma RLM, por exatos 3 minutos, executando livremente os movimentos dentro de uma delimitação de 6m². Tal procedimento teve como objetivo observar os movimentos de cada sujeito e estimular a percepção de conforto ou desconforto de cada indivíduo.

Figura 30 – Sujeitos executando a simulação dos movimentos com a RLM.



Fonte: autor.

Após o término da montagem, colhia-se algumas dimensões dos suportes e empunhaduras de cada máquina (Apêndice 3). Essas informações foram imprescindíveis para a análise dos resultados descritos no item 4.4.

Em seguida, o sujeito era convidado a preencher o diagrama de Corlett e Manenica (1980) (Anexo 5), na busca de identificar possíveis regiões que provocaram desconforto e seus respectivos níveis. Logo em seguida, eram orientados a responder a um questionário específico (Apêndice 4), contendo 11 questões referentes à usabilidade de cada elemento do sistema utilizado. As respostas apresentavam-se em forma categórica, sendo 5 com teor afirmativo, 5 com caráter negativo e um campo para críticas e sugestões. Essa etapa se fez necessária para que o pesquisador pudesse colher dados sobre a satisfação dos usuários, bem como obter um *feedback* sobre prováveis falhas que os mecanismos pudessem vir a oferecer durante o uso. Esses resultados poderiam ser utilizados como parâmetros para o desenvolvimento de um possível redesenho do sistema.

Por fim, o equipamento era içado ao dispositivo de mensuração de forças, seguindo os mesmos procedimentos descritos no item 3.2.2.3.

É pertinente salientar que, com excessão do peso, todos os equipamentos se apresentavam, exatamente, com suas configurações iniciais de fábrica. Componentes integrantes do produto, como ferramentas e manual de instruções, também foram disponibilizados, este último não havendo a obrigatoriedade de leitura.

Os tempos de realização das tarefas foram cronometrados e gravados em vídeo, sob o consentimento de cada participante. Posteriormente, foi realizada a observação minuciosa da atividade de montagem, a fim de se obter informações sobre a eficiência e a eficácia dos sistemas.

A escolha dos equipamentos ocorreu de maneira randômica, não havendo imposição de limites de tempo para a realização da montagem, sendo pedido a cada participante que informasse o pesquisador quanto ao término do procedimento.

3.2.4 Quarto experimento – mensuração de forças atuantes em sistemas de sustentação de RLMS

3.2.4.1 Objetivos do experimento

O referido experimento teve como objetivo a realização da coleta de dados de forças atuantes em sistemas de sustentação de RLMS em um número mais expressivo de sujeitos, a fim de imputar maior sustentação e confiabilidade aos achados no segundo experimento.

3.2.4.2 Materiais

- TCLE (CAAE: 44196815.8.0000.5663).
- Ficha de coleta para levantamento antropométrico estático – posição ereta (Apêndice 2).
- Ficha de coleta para levantamento das variações dimensionais de regulagem do equipamento (Apêndice 3).
- 01 Dispositivo de mensuração de forças atuantes em RLMS (Apêndice 18).

- 03 Dinamômetros de tração da marca Crown, modelo AT, com capacidade de 10Kgf, graduação em dupla escala (quilos e libras), precisão de 1% de sua capacidade total.
- 01 Balança de chão da marca Camry, com capacidade máxima de 130 Kgf.
- 01 Antropômetro em madeira.
- 01 Estadiômetro – capacidade máxima de 2 mts.
- 01 Trena convencional (3 metros).
- 04 Roçadeiras Laterais Motorizadas (Tópico 3.1).

3.2.4.3 Procedimentos metodológicos

Esta etapa consistiu na sucessão do terceiro experimento, onde foram utilizados dados antropométricos coletados de 40 sujeitos, exceto o grupo de participantes da montagem do sistema “AE” (sujeitos que se utilizaram da RLM modelo A com cinto de sustentação modelo E).

Após a montagem do suporte de sustentação e empunhaduras, coletavam-se algumas dimensões de cada montagem (Apêndice 3).

Com a utilização de alguns dados antropométricos de cada sujeito o dispositivo de mensuração era ajustado e a RLM era içada, conforme procedimentos descritos no tópico 3.2.2.3, onde realizou-se os registros das cargas atuantes nos 3 dinamômetros.

3.2.5 Quinto experimento – análise da percepção de dor/desconforto no uso de cintos de sustentação de RLMs

Após investigações sobre a usabilidade em laboratório, foi necessário realizar alguns experimentos em campo, para colher dados mais precisos sobre prováveis indícios de percepção de desconforto no uso das RLMs.

3.2.5.1 Objetivos do experimento

Este estudo teve como objetivo investigar níveis de percepção de dor/desconforto numa atividade real de roçagem, por meio da aplicação do diagrama de Corlett e Manenica e de um protocolo estruturado sobre conforto subjetivo.

3.2.5.1 Materiais

- TCLE (CAAE: 44196815.8.0000.5663).
- Diagrama de desconforto postural (CORLETT; MANENICA, 1980). (Anexo 5).
- Protocolo – Conforto no Pós-uso de Cintos de Sustentação em Atividade com RLMs (Apêndice 5).
- 01 Balança de chão da marca Camry, com capacidade máxima de 130 Kgf.
- 01 Estadiômetro – capacidade máxima de 2 mts.
- 01 Roçadeira lateral motorizada modelo C, pesando exatos 9 Kgf.
- 05 modelos distintos de cintos de sustentação (A, B, C, D, E).

3.2.5.2 Procedimentos metodológicos

A pesquisa respeitou a todos os procedimentos éticos que envolvem investigações com seres humanos, onde todos os participantes leram e assinaram o TCLE.

O experimento ocorreu em campo na cidade de Batatais – SP (Latitude 20°52'43.6"S, Longitude 47°35'02.2"W) em uma área coberta por braquiárias, vegetação gramínea utilizada em pastagens.

Participaram da pesquisa 10 usuários em potencial, todos do sexo masculino, com idades variando entre 18 e 47 anos (média = 30,3; d.p.= 8,59), pesos entre 49 a 97Kgf (média = 74,9; d.p.= 13,12) e estaturas entre 1,67 e 1,83m (média = 1,72; d.p.= 0,05).

Foram utilizados como critérios de exclusão: sujeitos menores de 18 anos; pessoas que declararam possuir algum tipo de experiência com o equipamento; indivíduos que assumiram possuir algum tipo de incapacidade motora nas regiões dos membros superiores e inferiores, quaisquer tipos de dificuldades de locomoção ou qualquer forma de distúrbio musculoesquelético crônico ou agudo, este último por um período inferior a 1 ano.

Os participantes foram convidados a utilizar cinco diferentes tipos de cintos de sustentação numa atividade de roçagem com o auxílio de uma RLM (modelo C).

Para garantir a correta vestimenta do acessório, bem como os demais equipamentos de segurança, o pesquisador orientou todo o procedimento.

É válido salientar que, para essa investigação, utilizou-se, apenas como base norteadora, o Método Sensorial Afetivo de Preferência, que, segundo Broega e Silva (2010), determina a preferência que o consumidor tem sobre o quão confortável é um produto em relação a outro.

Cada usuário foi convidado a realizar a atividade de roçagem com um dos cintos por exatos 6 minutos (Figura 31). Após o uso, o participante respondia ao diagrama de desconforto postural de Corlett e Manenica (1980) e, em seguida, ao questionário específico sobre conforto.

Figura 31 – Sujeito utilizando os cintos (A, B, C, D, E).



Fonte: autor.

Cada questionário continha 5 questões subjetivas envolvendo a experiência no uso, tomando como foco a percepção de conforto de cada elemento que compunha cada cinto (alças, elementos de fixação etc.) e uma questão relacionada à percepção de segurança durante o uso.

É válido lembrar que nenhuma informação relativa ao termo “conforto” era proferida ao sujeito, onde o pesquisador pedia apenas para que este realizasse a leitura e preenchesse o questionário da forma que julgasse mais adequada.

As cinco primeiras questões possuíam respostas categóricas e a última caracterizava-se aberta, de maneira a permitir que cada participante pudesse inserir suas impressões positivas ou negativas sobre o produto.

Após a realização da atividade, o usuário era convidado a experimentar outro cinto, sucessivamente, até o término da experiência com todos os modelos disponíveis.

A escolha da ordem de experimentação dos cintos, bem como a das perguntas ocorreram de maneira aleatória.

3.2.6 Design ergonômico com foco no redesenho dos sistemas de sustentação de uma RLM: etapas metodológicas

Visando o apoio a uma estratégia de projeto ergonômico com etapas sistematizadas, utilizou-se como base norteadora o método de intervenção ergonomizadora proposto por Moraes e Mont'alvão (2009). Sendo assim, algumas etapas não foram totalmente cumpridas, e outras ocorreram de forma simultânea, fragmentada e não linear. A Figura 32 apresenta as etapas de intervenção.

Figura 32 – Metodologia de Intervenção Ergonomizadora do Sistema Homem-Máquina-Tarefa (SHTM).



Fonte: adaptado de Moraes e Mont'alvão (2009).

Esse método se caracteriza por dar um expressivo detalhamento aos procedimentos e etapas de análise ergonômica do processo ou do produto.

Também é amplamente aplicado em processos ou produtos já concebidos, de forma a utilizar-se de conceitos de Análise Ergonômica do Trabalho (AET) para obter um *feedback* para o processo de redesenho.

Segundo os autores, dependendo da demanda, complexidade e tempo disponível, o método também pode ser aplicado restringindo-se apenas à primeira etapa, ou às duas primeiras, à terceira, quarta ou a todas etapas.

Em situações reais de mercado é aconselhável que esse método seja utilizado em conjunto com outros métodos de abordagens estratégicas e gerenciais.

Sendo assim, a revisão projetual do sistema de sustentação da RLM entrou em consonância com a própria estrutura da pesquisa, compreendendo-se em torno das quatro primeiras etapas, a seguir:

- Apreciação – etapa que abrangeu os capítulos introdutórios da pesquisa, bem como a revisão da literatura.
- Diagnose – estágio que envolveu os cinco primeiros experimentos.
- Projetação – fase que contemplou o redesenho dos sistemas.
- Avaliação – etapa final, abrangendo o sexto, sétimo e oitavo experimento.

3.2.7 Sexto experimento – análise da percepção de dor/desconforto no uso de cintos de sustentação de RLMs: experimento com cinto redesenhado

Após o redesenho do novo modelo de cinto, fez-se necessário novamente realizar experimentos em campo, de modo a colher dados sobre percepções de conforto ou desconforto no novo modelo.

3.2.7.1 Objetivos do experimento

Este estudo teve como objetivo novamente investigar níveis de percepção de dor/desconforto, através da execução da atividade real, aplicação do diagrama de Corlett e Manenica (1980) e um protocolo estruturado sobre conforto subjetivo no pós-uso de cinco diferentes cintos de sustentação de RLMs. Entretanto, realizou-se a substituição do cinto modelo E pelo modelo F

(cinto redesenhado), buscando investigar possíveis semelhanças ergonômicas nesse acessório e, ao mesmo tempo, validar o método.

3.2.7.2 Materiais

- TCLE (CAAE: 44196815.8.0000.5663).
- Diagrama de desconforto postural (Corlett e Manenica, 1980) (Anexo 5).
- Protocolo – Conforto no Pós-uso de Cintos de Sustentação em Atividade com RLMs (Apêndice 5).
- 01 Balança de chão da marca Camry, com capacidade máxima de 130 Kgf.
- 01 Estadiômetro – capacidade máxima de 2 mts.
- 01 Roçadeira lateral motorizada modelo C, pesando exatos 9 Kgf.
- 05 modelos distintos de cintos de sustentação (A, B, C, D, F).

3.2.7.3 Procedimentos metodológicos

O experimento novamente obedeceu a todos os procedimentos éticos que envolvem investigações com seres humanos e todos os participantes leram e assinaram o TCLE.

O experimento ocorreu exatamente no mesmo local descrito no item 3.2.5.2, onde a vegetação permanecia nas mesmas condições anteriores.

Participaram da pesquisa 10 usuários em potencial, todos do sexo masculino, com idades variando entre 18 e 62 anos (média = 26,1; d.p.= 13,0), pesos variando entre 53 e 102Kgf (média = 74,9; d.p. = 13,12) e estaturas alternando entre 1,63 e 1,86m (média = 1,72; d.p.= 0,07).

Para essa experimentação, utilizaram-se os mesmos critérios de exclusão abordados no tópico 3.2.5.2.

Os participantes foram convidados a utilizar 5 diferentes tipos de cintos de sustentação em uma atividade de roçagem com auxílio de uma RLM (modelo C). Dentre os cintos investigados, apresentava-se o cinto modelo F, projetado com base nos parâmetros e informações ergonômicas adquiridas nas conclusões explicitadas nos capítulos anteriores. A Figura 33 apresenta um dos sujeitos fazendo uso dos 5 diferentes modelos de cintos.

Figura 33 – Sujeito utilizando os cintos (A, B, C, D, F).



Fonte: autor.

Em seguida, os procedimentos ocorreram exatamente como os expostos no tópico 3.2.5.2.

3.2.8 Sétimo experimento – análise da eficiência, eficácia e satisfação no uso de sistemas de sustentação de RLMS: experimento incluindo sistema redesenhado

3.2.8.1 Objetivos do experimento

O experimento em questão investigou o procedimento de montagem e regulagem das interfaces de dois diferentes sistemas de sustentação de RLMS, buscando definir parâmetros de eficácia, eficiência e satisfação.

3.2.8.2 Materiais

- TCLE (CAAE: 44196815.8.0000.5663).
- 01 Roçadeira Lateral Motorizada modelo C.
- 01 Roçadeira Lateral Motorizada modelo C (adaptada com novo design em seu sistema de sustentação).
- 05 Contrapesos para simulação dos diferentes tipos de lâminas utilizadas nesse modelo de RLM.
- 01 Cinto de sustentação modelo E.
- 01 Cinto de sustentação modelo F (novo design).
- 01 Balança de chão da marca Camry, com capacidade máxima de 130 Kgf.
- 01 Estadiômetro – capacidade máxima de 2 mts.
- 01 Cronômetro.
- Procedimento de ajustagem do cinto e balanceamento de RLMS proposto por Government South Australia (2000) (Anexo 4).

- Protocolo SUS (System Usability Scale) proposto por Brooke (1996) (Anexo 6).
- Software de análise estatística SPSS Statistics 17.0.

3.2.8.3 Procedimentos metodológicos

Neste experimento também se utilizou dos preceitos das normas ISO 9241-11 e ISO 20282-1 como parâmetros de estudos em usabilidade, propondo colher dados sobre a eficiência, eficácia e satisfação dos sujeitos em relação à montagem e ajustagem do sistema de sustentação de RLMS. Como citado anteriormente, a ISO 20282-1 apresenta três quesitos fundamentais e que devem ser considerados para a análise de usabilidade de um determinado produto: objetivo principal e subobjetivos, características dos usuários e contexto do uso.

3.2.8.3.1 Objetivo principal e subobjetivo do produto

Este experimento teve como foco os mesmos objetivos apresentados no item 3.2.3.3.1.

3.2.8.3.2 Características dos usuários e critérios de inclusão

Os critérios de inclusão estabelecidos neste experimento foram idênticos aos requeridos no tópico 3.2.3.3.2

O experimento contou com a participação de 30 usuários em potencial, que apresentaram as seguintes características: todos do sexo masculino; faixa etária variando entre 18 e 35 anos (média = 21,7 e d.p. = 4,7); peso, alternando entre 50 e 90 quilos (média = 70,4 e d.p. = 11,2); estatura, variando entre 162 e 190 centímetros (média = 174 e d.p. 0,06); todos afirmaram possuir plenas condições físicas e mentais para realização do experimento; todos alegaram ser alfabetizados; três sujeitos se declararam canhotos; todos declararam nunca terem manuseado ou mesmo presenciado qualquer experiência de montagem de uma RLM; todos leram e assinaram o TCLE.

3.2.8.3.3 Contexto do uso

Neste experimento, utilizou-se o mesmo contexto de uso aplicado no item 3.2.3.3.3.

3.2.8.3.4 Procedimentos do experimento

O experimento se sucedeu no seguinte contexto:

Primeiramente os participantes eram orientados a lerem e assinarem o TCLE. Após concordância, colheu-se dados sobre idade, peso e estatura.

Antes de participarem da investigação, todos os participantes foram orientados a ler os procedimentos básicos de ajuste e balanceamento de RLMS propostos por Government South Australia (2000), entretanto, nessa ocasião, não foram disponibilizados manuais de instruções.

Os sujeitos se dividiram em dois grupos, que participaram apenas de uma das duas situações expostas abaixo:

Situação A – montagem do sistema de sustentação modelo C, (conforme experimentos anteriores, o sistema mais eficaz e eficiente), vestimenta e regulagem do cinto modelo E (segundo as investigações anteriores, o modelo menos desconfortável) e realização de ajuste para balanceamento.

Situação B – montagem do sistema de sustentação F (sistema redesenhado), vestimenta e regulagem do cinto modelo F (modelo redesenhado) e realização de ajuste para balanceamento.

A fim de simular a diversidade e a variabilidade dos pesos dos sistemas de corte, foram acoplados contrapesos próximos às lâminas, contendo 5 diferentes massas. Tais componentes correspondem exatamente aos pesos das 5 lâminas apresentadas no manual de instruções do equipamento modelo C, conforme apresentado na Figura 34.

Figura 34 – Variações de lâminas (pesos) utilizadas na RLM modelo C para o corte de diferentes tipos de vegetações.



Fonte: adaptado de Stihl (2014).

Sendo assim, cada situação, posta de maneira aleatória, exigia do sujeito diferentes localizações de ajustagens.

É pertinente salientar que ambos os equipamentos se apresentavam desmontados, igualmente às configurações iniciais de fábrica e, especificamente aos sujeitos que realizaram o experimento com a situação A, forneceu-se a chave que acompanhava o produto, necessária para a montagem do suporte modelo C.

Os tempos de realização das tarefas foram cronometrados, entretanto, não houve restrição de tempo para o cumprimento da atividade.

Ao final do experimento, cada sujeito era convidado a responder ao protocolo SUS, proposto por Brooke (1996), a fim de obter parâmetros de satisfação sobre a montagem de cada uma das situações.

3.2.9 Oitavo experimento – avaliação eletromiográfica aplicada à verificação dos níveis de atividade de 4 grupos musculares através das simulações de movimentos com RLMs

3.2.9.1 Objetivos do experimento

Utilizando-se da eletromiografia, esse experimento teve como objetivo investigar os níveis de atividade elétrica na movimentação de quatro grupos musculares através da simulação da atividade com RLMs providas de dois diferentes sistemas de sustentação, com o propósito de se obter informações sobre qual dos sistemas apresentaria mais e menos eficiência, sob a ótica da biomecânica.

3.2.9.2 Materiais

- TCLE (CAAE: 44196815.8.0000.5663).
- 01 Roçadeira Lateral Motorizada modelo B.
- 01 Roçadeira Lateral Motorizada modelo C, adaptada com suporte de sustentação redesenhado (Sistema F).
- 01 Cinto de sustentação modelo C.
- 01 Cinto de sustentação modelo E.
- 01 Cinto de sustentação redesenhado (Modelo F).
- 01 Balança de chão da marca Camry, com capacidade máxima de 130 Kgf.
- 01 Estadiômetro – capacidade máxima de 2 mts.
- 01 Fita métrica corporal.
- 01 Sistema de aquisição de sinais da marca EMG, modelo SAS1000V4, provido de 4 canais.
- Eletrodos com espuma modelo 2223BRQ ECG adulto para monitorização cardíaca e eletromiográfica da marca 3M.
- *Software* de visualização e análise de dados eletromiográficos EMG Lab V1.1.

3.2.9.3 Procedimentos metodológicos

O experimento ocorreu nas dependências do Laboratório de Avaliação Física e Funcional (LAFF) das Faculdades Anhanguera, unidade de Ribeirão Preto – SP.

Todos os sujeitos envolvidos na pesquisa foram orientados sobre os propósitos do experimento, concordando e assinando o TCLE.

Os três participantes eram do sexo masculino, todos com 18 anos, estatura média de 1,76m, peso médio de 75 kgf e perímetro abdominal médio de 82cm.

Com o auxílio de um profissional fisioterapeuta, foram posicionados os eletrodos nas 4 regiões corporais, onde esse profissional julgou haver maior atividade muscular na tarefa com uma RLM, a seguir:

- Região do longuíssimo do dorso direito.
- Região do longuíssimo do dorso esquerdo.
- Região braquiorradial direita.
- Região braquiorradial esquerda.

A Figura 35 apresenta o posicionamento dos eletrodos e o sistema de aquisição de sinais eletromiográficos.

Figura 35 – Posicionamento dos eletrodos e respectivas conexões ao módulo de aquisição de sinais.



Fonte: autor.

O posicionamento específico dos eletrodos respeitou aos critérios propostos pelo grupo de estudos SENIAM (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles), órgão europeu que tem como objetivo padronizar as técnicas de aquisição de sinais eletromiográficos (HERMENS, 2006).

Em seguida, cada sujeito era orientado a simular os movimentos característicos da atividade com uma RLM, entretanto, sem a movimentação dos membros inferiores (pernas e pés). Sendo assim, o participante deveria manter a postura ereta, realizar a rotação do tronco e/ou rotação externa e interna dos ombros e braços – estes, eventualmente flexionados ou não, devido aos diferentes pesos despendidos pelas empunhaduras dos sistemas avaliados. A Figura 36 apresenta os sujeitos realizando a simulação dos movimentos com a RLM.

Figura 36 – Simulação dos movimentos com uma RLM, exceto pernas e pés.



Fonte: autor.

Todos os sujeitos obedeceram a mesma ordem de experimentação, a seguir:

- 1° (Sistema de sustentação B, Cinto de sustentação C);
- 2° (Sistema de sustentação F, Cinto de sustentação C);
- 3° (Sistema de sustentação B, Cinto de sustentação E);
- 4° (Sistema de sustentação F, Cinto de sustentação E);
- 5° (Sistema de sustentação B, Cinto de sustentação F);
- 6° (Sistema de sustentação F, Cinto de sustentação F).

Cada uma das experimentações durou exatos 20 segundos.

Os cintos com apoios para os quadris (E e F) foram “apertados”, reduzindo em 5% a medida do perímetro abdominal de cada indivíduo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeiro experimento

4.1.1 Entrevista estruturada e Questionário Nórdico

Na ocasião da entrevista o indivíduo em estudo declarava ter 61 anos de idade, ser do sexo masculino e possuir a função de jardineiro da Universidade há 40 anos, sendo que por 28 operou RLMs.

Sua jornada de trabalho era de 40 horas semanais, no entanto, sua atividade com roçadeiras ocupava em média 25 horas de sua jornada total.

Ele relatou que em seu ofício realizava intervalos sempre que necessário, incluindo pausas para o almoço.

Sua atividade consistia basicamente no corte e na limpeza da vegetação de diversos tipos de terrenos, planos e irregulares, utilizando como mecanismo de corte as RLMs, estas possuindo fios de *nylon* ou lâminas de metal com 2 pontas.

Segundo o voluntário, as tarefas que exigiam esforços físicos mais intensos, além da atividade de roçagem, eram: dar partida, abastecer e limpar o equipamento.

Figura 37 – Resultado do Questionário Nórdico – localização de dores/desconfortos nos últimos 7 dias. Postura em pé, vista posterior.



Fonte: autor.

Por fim, o sujeito alegou sentir dores ou algum desconforto na região da coluna lombar e nas extremidades dos membros superiores (mãos e braços) ao final de cada jornada, principalmente quando operava em terrenos inclinados; porém, declarou que tais dores não persistiam após a realização de repouso. A Figura 37 demonstra, na cor amarela, a localização dos sintomas de desconforto proferidos pelo operador.

4.1.2 Observação direta da atividade de roçagem

Esta etapa se iniciou a partir de registros fotográficos e da observação direta da atividade, onde foi verificada uma série de tarefas que corroboraram com as informações descritas no tópico 2.2 (Tabela 1). Por se tratar de um equipamento utilizado frequentemente, suas empunhaduras e suporte de sustentação já se encontravam fixos.

Figura 38 – Tarefas elementares realizadas pelo operador. Ausência do procedimento de balanceamento da máquina.



Fonte: autor.

Sendo assim, o sujeito em estudo realizou os seguintes procedimentos antecedentes à tarefa de roçagem: montagem do sistema de corte, abastecimento do tanque de combustível, vestimenta do cinto de sustentação, vestimenta dos EPIs e ignição (Figura 38).

Não foi observado qualquer procedimento relacionado à ajustagem do sistema de sustentação com objetivo de balancear o equipamento ao corpo do indivíduo.

Questionado sobre a exclusividade quanto ao uso do equipamento, o sujeito em estudo alegou que sua equipe de trabalho possuía diversas roçadeiras disponíveis, estas compartilhadas por todos os membros da equipe. Tal alegação levou o pesquisador a concluir que a cada troca de equipamento por um outro operador, este deveria, necessariamente, realizar o procedimento de regulagem para balanceamento do equipamento, de forma que os ajustes do cinto e da máquina se adaptassem melhor a cada indivíduo.

Questionado sobre o procedimento de balanceamento do equipamento ao corpo, o sujeito relatou que dificilmente ele e seus colegas de profissão realizam essa tarefa, argumentando que se perde muito tempo com tal prática.

Figura 39 – Operador em atividade. Suporte de sustentação a 28cm de distância do suporte das empunhaduras.



Fonte: autor.

Após o procedimento de preparação para a execução de roçagem foi verificada uma distância de exatos 28 centímetros entre o suporte de sustentação e o suporte das empunhaduras, evidenciando-se, assim, o desbalanceamento do equipamento, conforme a Figura 39.

4.1.3 Montagem do sistema de rastreamento 3D

Com o auxílio da equipe do laboratório de Design e Usabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, juntamente com a equipe do Laboratório de Ergonomia e Interfaces da Universidade Estadual Paulista UNESP – Bauru, realizou-se a instalação e calibragem do sistema de rastreamento 3D ao corpo do operador. Para uma melhor adaptação dos sensores e baterias, optou-se por inseri-los por baixo do avental e do cinto de sustentação.

Enfim, o operador realizou novamente todas as tarefas inerentes a sua atividade por um intervalo de aproximadamente 35 minutos.

4.1.4 Análise dos dados obtidos pelo rastreador de movimentos 3D

Foram analisados os movimentos de flexão e extensão no plano sagital, flexão lateral (direita e esquerda) e rotação para a direita e esquerda nos níveis de L5/articulação L4-L3 e pelve/articulação L5-S1.

Foi analisada a tarefa de execução da roçagem, que teve a duração de 157 segundos. O critério de escolha se deu devido à incidência de queixas de dor e desconforto que se concentraram nessa região corporal. Embora o indivíduo em estudo tenha também proferido queixas em relação a outros procedimentos, foi notado que a tarefa de execução da roçagem ocupa aproximadamente 95% do tempo total da atividade. A Figura 40 demonstra algumas das posturas assumidas pelo operador e pelo avatar, gerado pelo *software* X-Sens.

Figura 40 – Leitura dos movimentos realizados pelo *software* e situação real de trabalho.



Fonte: autor.

Foi observado que, na articulação L3-L4 e L5, o movimento de flexão lateral ou inclinação à direita apresenta maior amplitude de movimento do que à esquerda. O percentual de tempo mantendo tal postura também é maior para a inclinação direita. A rotação de tronco apresenta, também, valores angulares mais elevados para o lado direito, porém, a rotação à esquerda é mantida por maior tempo dentro da atividade. Em relação à flexão e extensão do tronco, foi observada a ocorrência de uma pequena amplitude na inclinação frontal, que permaneceu em grande parte do tempo da tarefa. A Tabela 4 compila os dados citados.

Tabela 4 – Amplitude de movimento (em graus) e percentual de tempo de exposição (em%): L5/articulação L4-L3.

L5/ articulação L4 - L3			
		Média/SD	Percentual de tempo na atividade
Flexão lateral	Direita	4.1 ± 1.99	62.7
	Esquerda	2.4 ± 1.68	37.3
Rotação	Direita	21.3 ± 8.04	45.7
	Esquerda	19.3 ± 8.17	54.3
Flexão e Extensão	Flexão	3.4 ± 1.45	88.3
	Extensão	1.2 ± 0.98	11.7

Fonte: autor.

Com relação à articulação lombo sacra, que envolve as estruturas vertebrais de L5 e S1, observa-se que existe na atividade ângulos de inclinação à direita maiores que à esquerda, o que também foi notado na articulação anteriormente avaliada. O percentual de tempo de exposição para a flexão à direita é, também, maior do que à esquerda. Em relação à rotação de tronco, observou-se uma pequena diferença, sendo maior a amplitude para o lado direito, porém, com percentual de tempo maior para o lado esquerdo. Os ângulos adotados nesse plano de movimento são próximos dos achados para a articulação anteriormente avaliada. Em relação à flexão e extensão do tronco, observa-se, assim como nas vertebbras lombares, uma pequena amplitude de inclinação frontal, porém, com grande frequência de exposição na atividade, chegando a 80% do tempo total avaliado. A Tabela 5 compila os dados citados.

Tabela 5 - Amplitude de movimento (em graus) e percentual de tempo de exposição (em%):
Pelve/articulação L5-S1.

Pelve/ articulação L5 - S1			
		Média/SD	Percentual de tempo na atividade
Flexão lateral	Direita	10.06 ± 4.23	59.4
	Esquerda	5.5 ± 4.14	40.6
Rotação	Direita	21.3 ± 8.04	45.7
	Esquerda	19.3 ± 8.17	54.3
Flexão e Extensão	Flexão	7.03 ± 3.43	80.3
	Extensão	3.68 ± 3.09	19.7

Fonte: autor.

4.1.5 Considerações acerca do experimento

O trabalho com RLMs acarreta certas exigências físicas que são inerentes à natureza da atividade. Os relatos de percepção de dor/desconforto informados pelo indivíduo na região lombar e punhos corroboram com alegações de Fiedler et al. (2011) e que posteriormente foram confirmadas quantitativamente com o uso do X Sens.

Segundo a alegação do próprio indivíduo, suas atividades que envolvem o uso da RLM ocupam mais de 50% do seu tempo total de trabalho. Tal constatação se caracteriza preocupante, pois foi observado que o sujeito, em

atividade de roçagem, adota posturas de flexão de tronco no sentido frontal e, mesmo que não se desloque em grandes amplitudes angulares, tal ocorrência se mantém em quase 90% do tempo em que utiliza esse movimento. Segundo lida e Guimarães (2016), o trabalhador, ao adotar a posição inclinada, está sujeito à ação de forças que atuam em cisalhamento, perpendiculares à força axial, considerando a coluna em posição neutra. A adoção desse tipo de postura torna-se prejudicial à saúde das estruturas envolvidas, principalmente se acrescentar cargas variáveis exercendo torque frontal, como é o caso de uma RLM. Numa situação ideal, segundo o autor, esse tipo de carga deve ser eliminada, dando lugar a forças na direção axial, cujo sentido tem menor potencial lesivo à coluna.

lida e Guimarães (2016) ainda complementam que, ao trabalhar com a inclinação do tronco no sentido frontal, há a geração de torque (momento), devido ao deslocamento do centro de gravidade para frente do ponto de apoio dos pés no chão, o que pode acarretar maior solicitação da musculatura em torno das articulações dorso-lombares, quadris, joelhos e tornozelos. Tal postura pode gerar, com o passar do tempo, dores, desconfortos e compensações das estruturas vizinhas.

Também foi possível certificar que as diferenças de inclinação do tronco (média de $4,1^\circ$ para a direita e $2,4^\circ$ para a esquerda), bem como a desproporcionalidade de permanência de tempo nas referidas inclinações (62,7% do tempo para a direita e 37,3% para a esquerda), decorre do próprio design do equipamento.

Por convenção, todos os fabricantes, através da norma ISO 11806-1 2011, devem conceber o equipamento (motor, haste, sistema de corte e empunhadura de aceleração) para que seja utilizado exclusivamente na posição direita do corpo do operador, o que faz com que toda a estrutura vertebral do indivíduo se incline naturalmente para esse lado, durante o uso. De acordo com Ferreira (2009), atividades da vida diária podem provocar alterações na coluna vertebral, alterando suas curvaturas fisiológicas. Em função disso, dores e problemas estruturais, como escolioses, podem surgir com o decorrer do tempo de exposição.

Quanto aos relatos de percepção de dor/desconforto proferidos pelo indivíduo nas regiões dos punhos, a tecnologia de rastreamento 3D não

evidenciou registros de movimentos que se considerassem anormais. Entretanto, na observação direta da atividade, foi possível constatar que o peso frontal do equipamento (sistema de corte) em desequilíbrio é todo suportado pelas mãos e braços. Somando tal postura aos repetitivos movimentos laterais, impõe-se, assim, consideráveis tensões nas regiões dos punhos, criando uma situação favorável para que o indivíduo desenvolva DORTs.

4.2 Segundo experimento

4.2.1 Observação da atividade de roçagem de funcionários do setor de limpeza e manutenção de vias públicas

Os 4 sujeitos experientes a serem observados faziam parte do corpo de funcionários do setor de limpeza e manutenção das vias públicas da prefeitura municipal de Batatais – SP.

Inicialmente, observou-se nesses operadores um modo operatório que, na maioria das vezes, pode levá-los a sérios acidentes, referindo-se aqui à resistência quanto ao uso de alguns EPIs (luvas, protetores auriculares, caneleiras e óculos de proteção). Entretanto, nesse evento, todos colaboraram e aceitaram fazer o uso de todos os equipamentos de segurança necessários.

De maneira geral, as tarefas preparatórias para a roçagem se mantiveram semelhantes aos procedimentos observados no item 4.1.2, incluindo, também, a inobservância do procedimento de balanceamento do sistema de sustentação dos equipamentos. Questionados sobre essa negligência, todos alegaram desconhecer tal procedimento.

Fato importante a ser observado referiu-se às condições precárias dos equipamentos, decorrentes de sua própria obsolescência ou pela simples ignorância do operador quanto a seu correto uso, o que pode trazer sérios riscos de acidentes físicos e prejuízos de ordem ergonômica. A Figura 41 traz duas situações de risco: físico e ergonômico.

Figura 41 – Peça de madeira presa à lâmina da RLM e operador utilizando o cinto com apenas uma alça. Ambos os equipamentos sem o dispositivo de proteção da lâmina.



Fonte: autor.

4.2.2 Resultados e discussão das forças atuantes encontradas no dispositivo de mensuração

Neste tópico são apresentados os resultados das forças atuantes encontradas nas montagens dos 8 sujeitos, conforme o item 3.2.2.3. Os dados foram compilados em uma tabela, onde foram encontradas diferentes variações de forças na leitura dos 3 dinamômetros, principalmente as atuantes nas empunhaduras (Tabela 6).

Tabela 6 – Forças e dimensões encontradas nas configurações de montagem dos 8 sujeitos avaliados.

SUJEITO	1	2	3	4	5	6	7	8
ROÇADEIRA/ SISTEMA DE REGULAGEM	A	A	B	B	C	C	D	D
FORÇA - BRAÇO DIREITO (Kgf)	0,7	0,1	4	2,6	0,3	0	3,1	3,3
FORÇA - BRAÇO ESQUERDO (kgf)	0,4	0,2	2,5	1,7	0	0	1,9	2,1
FORÇA - CINTO SUSTENTAÇÃO (kgf)	7,9	8,7	2,5	4,7	8,7	9	4	3,6
ALTURA - GANCHO/SOLO (cm)	66,5	83	69	61	62,5	78	83,5	90
ALTURA - LÂMINA/SOLO (cm)	17	13	15	10	24	20	8	12

Fonte: autor.

Torna-se significativo constatar que não foram encontradas diferenças relevantes de forças entre as configurações de montagem dos sujeitos

experientes e inexperientes. Sendo assim, é possível afirmar que uma montagem incorreta não está diretamente associada à falta ou ao excesso de experiência de um determinado usuário.

Diferenças substanciais de forças foram detectadas nas empunhaduras dos modelos B e D, e tal condição pode certamente provocar o desequilíbrio na distribuição do peso do equipamento. Além disso, foi possível confirmar que esses dois modelos não permitiram que seus usuários obtivessem êxito no procedimento de balanceamento do equipamento, provavelmente por esses dois sistemas apresentarem seus suportes de sustentação relativamente distantes do centro gravitacional da máquina.

Diferentemente dos participantes da montagem com os modelos B e D, 4 sujeitos, dentre os que realizaram o experimento com os modelos A e C, obtiveram êxito no procedimento de balanceamento da RLM. É válido informar que, mesmo sem qualquer restrição de tempo imposta pelo pesquisador, este observou, empiricamente, que houve diferenças entre modos operatórios no procedimento de montagem, principalmente se for levado em consideração o fator tempo.

Sendo assim, corrobora-se a hipótese de que nem todos os operadores de RLMs são passíveis de realizar, adequadamente, o procedimento de balanceamento da máquina, o que pode levá-los a operar a ferramenta de maneira inadequada. Tal incompreensão pode estar relacionada com o design pouco compreensível do sistema de sustentação do equipamento.

4.3 Terceiro experimento

4.3.1 Observação da atividade de montagem com vistas à eficácia dos sistemas de sustentação de RLMs

A investigação dos procedimentos de montagem focou, exclusivamente, a observação direta da atividade de montagem, observando comportamentos que puderam ter influenciado, diretamente, o nível de exatidão e completude da montagem do sistema de sustentação. Através da observação de vídeos, foi possível realizar registros da conduta de cada participante.

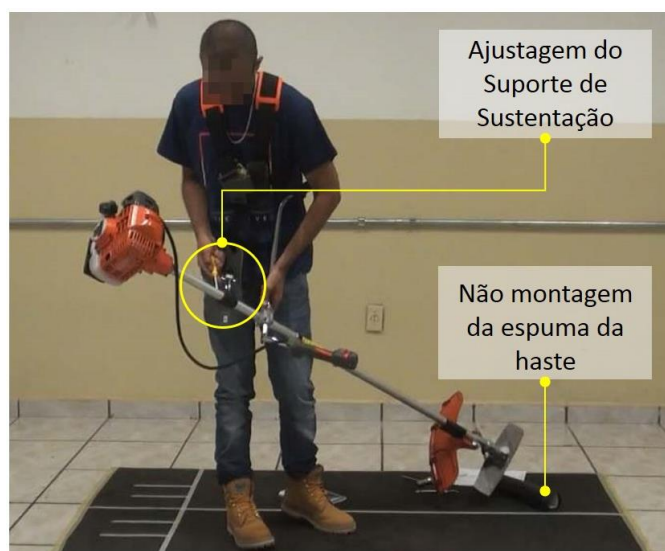
A atividade de montagem dos equipamentos se dividiu naturalmente em cinco etapas: leitura dos procedimentos básicos, conforme as orientações previstas por Government South Australia (2000); leitura do manual de instruções (tarefa opcional); montagem das empunhaduras; vestimenta do cinto de sustentação; e ajuste do equipamento para a tentativa de balanceamento.

A seguir, estão expostas algumas observações relevantes sobre os procedimentos de montagem que puderam ter contribuído para o sucesso ou insucesso das tarefas.

4.3.1.1 Usuários montando o modelo – A

Na tarefa de montagem das empunhaduras os participantes do experimento com o equipamento modelo A se depararam com algumas dificuldades, dentre elas, a não montagem da espuma de proteção da haste (Figura 42). Apesar de estarem munidos de um manual de instruções, alguns participantes tiveram dúvidas sobre onde acoplar esse componente. Cinco, dentre os dez participantes, não o realizaram. Mesmo que esse acessório não interfira diretamente no pleno funcionamento da máquina, nesse modelo, ele tem a importante função de amenizar a transmissão das vibrações do equipamento à perna direita do operador.

Figura 42 – Equipamento modelo “A”. Tentativa de ajustagem para balanceamento da RLM. Regulagem do suporte de sustentação com chave do tipo fenda.



Fonte: autor.

Outro fato observado relacionou-se com a correta montagem das empunhaduras. Notou-se que dois participantes montaram os componentes em ângulos totalmente incoerentes com as instruções do manual do equipamento, o que resultou numa pega inadequada, conforme a Figura 43.

Figura 43 – Montagem incorreta das empunhaduras. A angulação provocou uma pega inadequada.



Fonte: autor.

Um terceiro sujeito, autodeclarado destro, ajustou as empunhaduras e posicionou o equipamento em posição totalmente inversa, contrariando, assim, as instruções expostas no manual, bem como as recomendações da norma ISO 11806-1, conforme a Figura 44.

Figura 44 – Montagem e vestimenta do equipamento do lado inverso. Pega inadequada.



Fonte: autor.

No procedimento de vestimenta do cinto de sustentação, sete, dentre os dez indivíduos, apresentaram alguma confusão sobre o lado correto de vestir o cinto. Quatro indivíduos efetivaram a tarefa trajando o objeto do lado inverso ou de alguma outra forma inadequada. Entretanto, nenhum dos quatro se declararam canhotos. A Figura 45 apresenta o sujeito vestindo o cinto de maneira inadequada.

Figura 45 - Vestimenta do cinto com espuma das alças e *pad* de proteção invertidos.



Fonte: autor.

Na tarefa de ajustagem do equipamento para a tentativa de balanceamento, foram registradas algumas falhas, dentre elas, a dificuldade de localização dos parafusos pertencentes aos componentes que integram o suporte das empunhaduras.

Outro problema observado se relacionou ao fato de que cinco, dentre os dez indivíduos investigados, procederam com a tentativa de ajustar o equipamento empunhando-o ao corpo. A dificuldade em localizar os parafusos, dispostos na região inferior do suporte, causou uma situação incômoda aos indivíduos que procederam dessa forma. Tal conduta evidenciou um certo grau de ansiedade por parte dos sujeitos, que tentaram finalizar o procedimento de maneira incômoda.

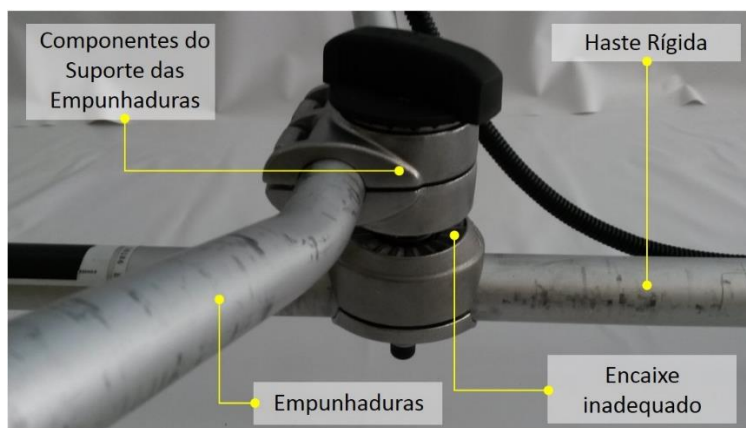
A falta de um dispositivo que oferecesse um manejo fino fez com que os sujeitos realizassem inúmeras tentativas até chegarem ao ponto de equilíbrio do sistema.

Ao final do experimento todos os participantes conseguiram realizar o procedimento de balanceamento com eficácia.

4.3.1.2 Usuários montando o modelo – B

Os indivíduos que participaram do experimento de montagem com o modelo B tiveram notáveis dificuldades na montagem do suporte das empunhaduras. Sete, dentre os dez sujeitos observados, montaram o componente de maneira inadequada, conforme a Figura 46.

Figura 46 – RLM Modelo B. Suporte das empunhaduras montado de maneira invertida.

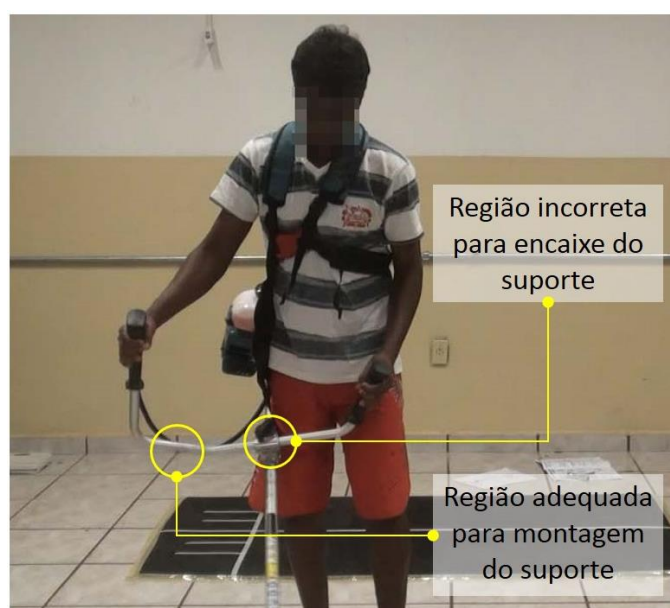


Fonte: autor.

A montagem incorreta desses componentes pode ocasionar problemas diretos na tarefa de roçagem, que vão desde a exigência de postura inadequada até a possibilidade de desprendimento dos componentes e empunhaduras durante o uso.

Outra conduta recorrente no experimento com esse modelo se relacionou à montagem inadequada das empunhaduras. Seis, dentre os dez sujeitos observados, procederam de maneira diferente da proposta no manual do equipamento, conforme demonstrado na Figura 47.

Figura 47 – Montagem das empunhaduras em região divergente da proposta pelo manual de instruções.



Fonte: autor.

Tal procedimento de montagem não impede o manuseio da máquina, entretanto, faz com que o usuário opere com uma postura inadequada.

Uma importante observação a ser salientada relaciona-se ao correto posicionamento do *pad* de proteção, acoplado ao cinto de sustentação. Esse elemento deve situar-se exatamente entre a haste principal e a perna direita do utilizador, de modo a amenizar o contato direto e possíveis vibrações e/ou trepidações transmitidas pelo equipamento. A Figura 48 apresenta uma RLM com seu suporte desgastado, devido ao contato direto e repetitivo com a perna do operador.

Figura 48 – Desgaste de um suporte de sustentação decorrente de sucessivos movimentos em contato com a perna do usuário.



Fonte: autor.

Na tarefa de vestimenta do equipamento, cinco, dentre os dez sujeitos observados, não conseguiram empunhar a máquina de modo com que o *pad* permanecesse na posição adequada para operação, conforme a Figura 49.

Figura 49 – *Pad* de proteção da perna direita em local inadequado.



Fonte: autor.

Como abordado no item 3.1.2, nesse modelo, o suporte de sustentação da máquina foi projetado para permanecer em posição fixa, dessa forma, possíveis variações nas regulagens do suporte das empunhaduras podem fazer com que o *pad* permaneça em posição inadequada.

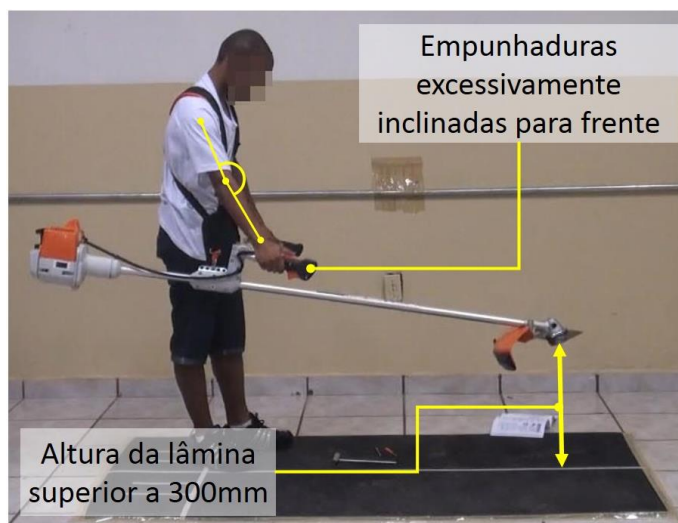
Na etapa de ajuste para tentativa de balanceamento da máquina, seis, dentre os dez sujeitos investigados, também tentaram realizar os ajustes com o equipamento empunhado ao corpo, demonstrando um comportamento semelhante aos usuários do equipamento modelo A.

Ao término da pesquisa nenhum participante obteve eficácia na tarefa de balanceamento do produto.

4.3.1.3 Usuários montando o modelo – C

Os sujeitos participantes do experimento com a RLM modelo C obtiveram alguns problemas na tarefa de montagem das empunhaduras, entretanto, essas falhas não recorreram com grande frequência. Três, dentre os dez sujeitos observados, realizaram a montagem das empunhaduras numa angulação diferente da recomendada no manual de instruções, conforme a Figura 50.

Figura 50 – Ajuste inadequado. Angulação das empunhaduras acima de 130°.



Fonte: autor.

Provavelmente a maior adversidade ocorrida na montagem com esse modelo deu-se na inversão do posicionamento das empunhaduras (empunhadura de aceleração na mão esquerda do indivíduo). Dois, dentre os dez indivíduos observados, realizaram o procedimento dessa forma. É relevante ressaltar que nenhum dos indivíduos observados declarou-se canhoto. A figura 51 apresenta um indivíduo montando as empunhaduras em posição inversa.

Figura 51 – Empunhadura de aceleração montada em posição invertida (lado esquerdo).



Fonte: autor.

Dentre todos os sistemas analisados, o modelo C, que possui suporte das empunhaduras e de sustentação integrados, apresentou uma ligeira facilidade de montagem em relação aos demais.

Já na tarefa de vestimenta do cinto, cinco, dentre os dez participantes examinados, apresentaram dúvidas sobre qual o lado correto de vestimenta das alças de apoio dos ombros, entretanto, todos conseguiram vestir o acessório de maneira adequada.

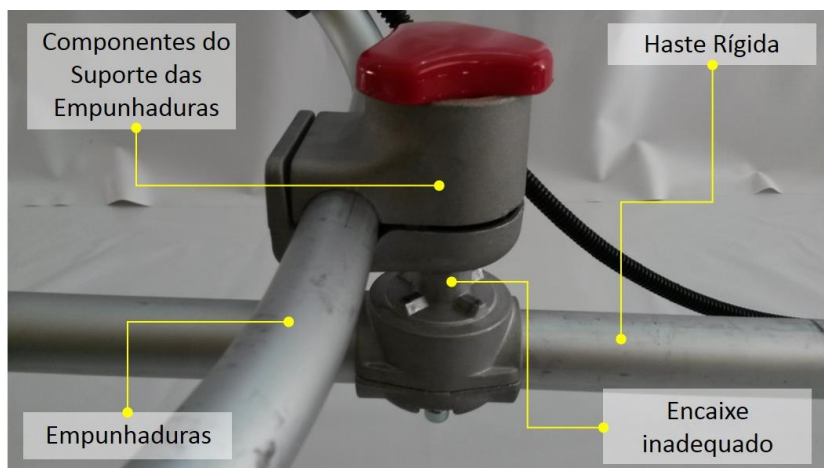
Na etapa de ajuste para tentativa de balanceamento do equipamento, dois, dentre os dez indivíduos analisados, obtiveram dúvidas sobre o local adequado para o engate do cinto, e dois manifestaram dificuldades em desengatar o gancho do suporte de sustentação.

Todos os dez indivíduos que constituíram essa amostra apresentaram eficácia na realização das tarefas.

4.3.1.4 Usuários montando o modelo – D

Igualmente ao modelo B, os sujeitos que realizaram a montagem das empunhaduras do equipamento D obtiveram algumas dificuldades na montagem do suporte das empunhaduras. Seis, dentre os dez participantes observados, realizaram a tarefa de maneira divergente da exposta no manual de instruções. Alguns alocando os componentes de maneira invertida, outros compondo-os fora da ordem correta, e ainda outros se esquecendo de alocar algumas peças, conforme a Figura 52.

Figura 52 – Modelo “D”. Montagem inadequada. Componentes do suporte das empunhaduras de cabeça para baixo.

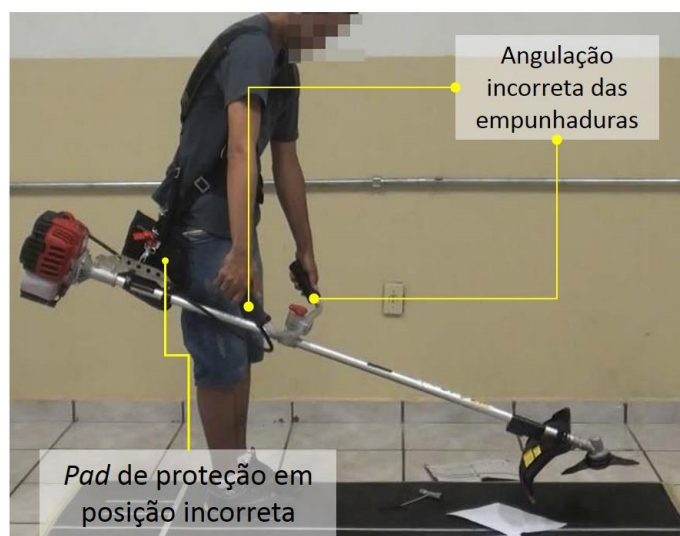


Fonte: autor.

Novamente, é válido ressaltar que tais componentes dispostos de maneira incorreta podem ocasionar desde posturas inadequadas até o desencaixe das empunhaduras.

Com relação à correta angulação das empunhaduras, quatro, dentre os dez sujeitos observados, realizaram-na de maneira incorreta, conforme a Figura 53.

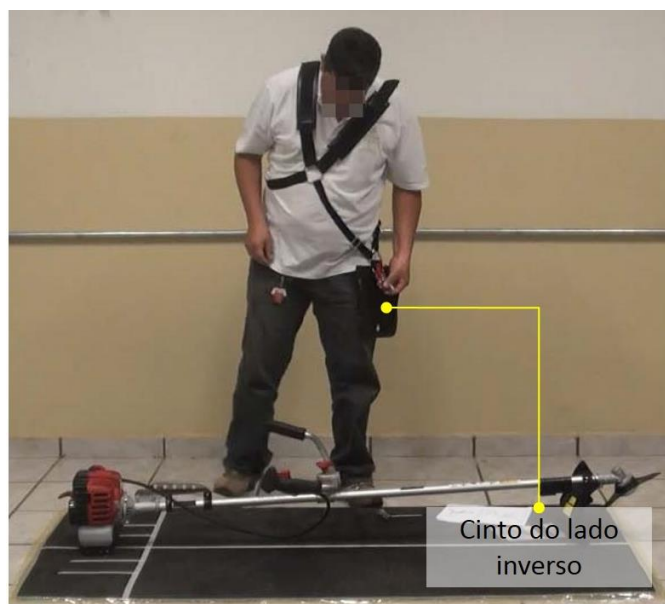
Figura 53 – Ângulo incorreto das empunhaduras. Postura de trabalho inadequada. *Pad* de proteção em posição incorreta.



Fonte: autor.

No procedimento de vestimenta do cinto os sujeitos participantes obtiveram grandes inconvenientes. Nove, dentre os dez sujeitos apreciados, manifestaram certa confusão sobre como vesti-lo. Sete participantes vestiram o componente do lado inverso ou de alguma outra maneira inadequada, conforme a Figura 54.

Figura 54 – Vestimenta do lado inverso (*pad* de proteção posicionado na perna esquerda).



Fonte: autor.

Assim como apresentado no modelo C, dois participantes do experimento com o equipamento modelo D também manifestaram dúvidas sobre o local adequado para se engatar o gancho do cinto.

Diferentemente dos outros modelos investigados, sete, dentre os dez sujeitos observados no experimento com a montagem do modelo D, apresentaram dificuldades em acomodar as alças do cinto de maneira correta, estas ficando demasiadamente apertadas ou totalmente frouxas sobre os ombros dos participantes, conforme a Figura 55.

Figura 55 – Alça direita do cinto demasiadamente frouxa. Peso total do equipamento suportado apenas por uma alça.



Fonte: autor.

Assim como ocorreu com os utilizadores do equipamento modelo B, nenhum participante do experimento com o equipamento modelo D obteve eficácia na tarefa de balanceamento do produto.

4.3.1.5 Usuários montando o modelo – A (cinto de sustentação modelo E)

Primeiramente, é válido lembrar que o cinto modelo E é um acessório que provém da mesma fabricante do equipamento modelo A. É promovido com o diferencial de possuir atributos ergonômicos e pode ser vendido separadamente da RLM. Sendo assim, o grupo de sujeitos que participou desse experimento realizou a montagem com a RLM modelo A.

Basicamente os sujeitos que participaram do experimento com essa configuração tiveram as mesmas dificuldades de montagem que os sujeitos descritos no item 4.3.1.1. Entretanto, quatro, dentre os dez sujeitos analisados, tiveram dúvidas sobre onde encaixar a presilha da alça lateral. É importante lembrar que esse modelo dispõe de duas opções de encaixe nesse elemento: para homens, região peitoral; e para mulheres, abaixo da região peitoral.

4.3.2 Análise da eficiência dos sistemas – Tempos

Conforme as normas ISO 9241-11 e ISO 20282-1, o tempo gasto para completar uma determinada tarefa serve de parâmetro para avaliar a eficiência de um sistema. Sendo assim, esta etapa teve como objetivo investigar a eficiência dos diferentes sistemas que, segundo as diretivas citadas, tratam-se dos recursos gastos em relação à exatidão e completude com os quais os usuários atingem os objetivos.

4.3.2.1 Tempo gasto e observações a serem consideradas na leitura dos manuais de instruções

Na etapa de leitura dos manuais de instruções, constatou-se uma maior amplitude nos tempos dos participantes que leram o manual do equipamento modelo B (média = 3min 22s, dp = 2min 23s), média de aproximadamente 1 minuto a mais que os demais modelos pesquisados. Esse modelo é constituído de um manual no formato A4 (210x297mm) brochura, figuras impressas em preto e branco, contendo apenas a versão em português e 17 páginas. Suas instruções são exclusivas para o modelo a que se destina.

A média dos tempos de leitura dos manuais dos outros modelos permaneceram praticamente as mesmas, a seguir:

- Manual modelo A (média = 1min 42s, dp = 1min 12s). Apresenta-se em formato brochura A5 (210x148mm), 136 páginas, figuras impressas em preto e branco, disponível em língua espanhola, portuguesa, inglesa e sueca. O manual também serve para suprir outros modelos da mesma marca.

- Manual modelo C (média = 2min 8s, dp = 1min 59s). Disponível em formato brochura 210x200mm, 96 páginas, figuras impressas em preto e branco, com duas opções de linguagem: português e espanhol. O manual também é dedicado a atender usuários de outros modelos da mesma marca.

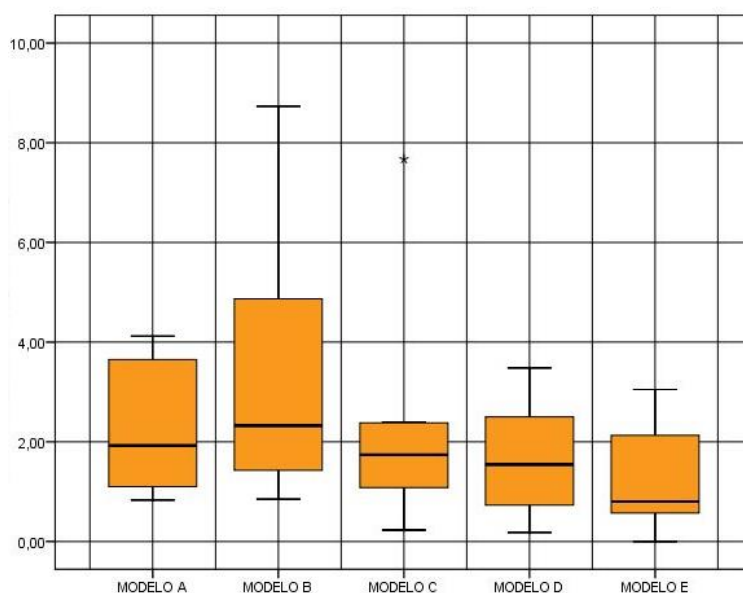
- Manual modelo D (média = 1min 40s, dp = 1min). Apresenta-se no formato brochura A5 (210x148mm), 28 páginas, figuras impressas em preto e branco, oferecendo as opções de leitura em português, inglês e espanhol. Seu manual também destina-se a outros modelos da mesma marca.

É válido ressaltar que há plena ciência sobre a importância que os manuais de instruções podem assumir dentro do processo de tomada de decisões na montagem desses equipamentos. Entretanto, o surgimento de

outras variáveis inerentes ao design dos componentes, estes que demonstraram, mais explicitamente, induzir os sujeitos a tomada de decisões inadequadas, fez com que o pesquisador desprendesse menor aprofundamento quanto às questões gráficas e textuais apresentadas nos manuais, dedicando-se, assim, exclusivamente ao estudo do design do produto físico propriamente dito.

Por fim, os dados dos tempos de leitura dos manuais foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Apêndice 6). Contudo, não foram encontradas diferenças estatísticas entre os grupos ($p > 0,05$), conforme o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Tempo gasto na leitura dos manuais de instruções (Eixo X = Modelos. Eixo Y = Tempo em minutos).



Fonte: autor.

4.3.2.2 Tempo gasto e observações a serem consideradas na montagem dos suportes de sustentação e empunhaduras

Como já comentado no item 4.3.1, nenhum sujeito que participou da experiência de montagem com os equipamentos modelos B e D obteve eficácia na completude da tarefa de balanceamento dos respectivos equipamentos, onde todos os participantes desistiram da realização da tarefa por não encontrarem mais alternativas em manter o equipamento em equilíbrio.

Sendo assim, nesta análise, levou-se em consideração apenas os tempos de montagem e ajustagem dos suportes vinculados aos modelos, onde seus participantes obtiveram êxito no procedimento de balanceamento.

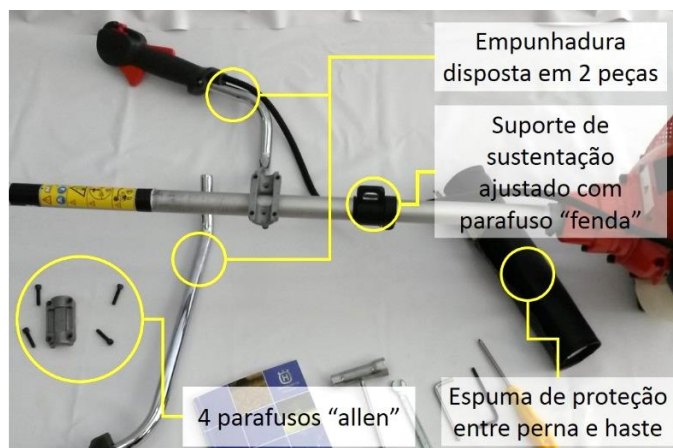
4.3.2.2.1 Usuários do suporte modelo A

Foi possível observar uma maior dispersão na distribuição dos tempos de execução de montagem das empunhaduras para os utilizadores do modelo A (média = 10min 28s, dp = 4min 9s). Foram observadas algumas dificuldades enfrentadas durante o experimento com esse modelo. Dentre os principais problemas, estavam:

- Empunhaduras dispostas em duas peças, podendo, assim, trazer dúvidas sobre qual o lado correto da montagem.
- Exigência de utilização de chave (tipo *allen*), utilizadas para o aperto de 4 parafusos que fixam as empunhaduras à parte superior e inferior do suporte das empunhaduras.
- Exigência de utilização de chave (tipo fenda), utilizada para o aperto do parafuso que ajusta a posição do suporte das empunhaduras.
- Dificuldades referentes à identificação da localização correta da montagem da espuma de proteção da haste (parte integrante neste modelo).

A Figura 56 apresenta alguns elementos que puderam influenciar o tempo de montagem desse sistema.

Figura 56 – Fatores que influenciaram o aumento do tempo de montagem e regulagem dos suportes das empunhaduras e sustentação.



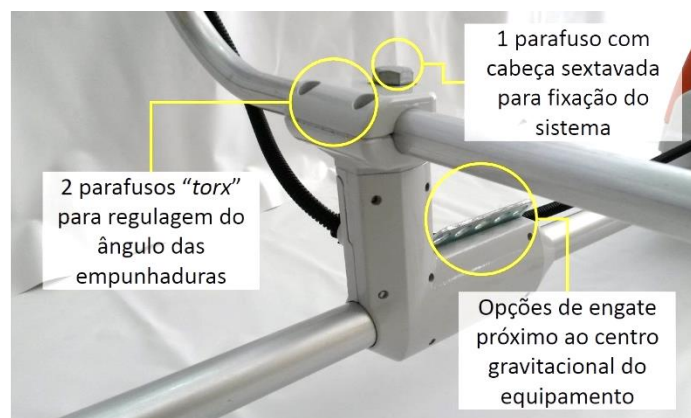
Fonte: autor.

4.3.2.2 Usuários dos suportes modelo C

Os tempos de montagem do sistema C foram os que apresentaram menor dispersão (média = 4min 21s, dp = 1min 48s). Seu suporte de sustentação, disposto de base elevada, constituído de 2 parafusos do tipo *torx* (para fixação do ângulo das empunhaduras) e 1 parafuso sextavado (para travamento das empunhaduras na base elevada do suporte), transmitiu uma ligeira inteligibilidade em seu sistema, se comparado aos outros mecanismos analisados. Ademais, esse componente se apresentava previamente posicionado próximo ao centro gravitacional do equipamento.

Entretanto, dúvidas sobre o lado correto da montagem das empunhaduras puderam ocasionar contratempos, ocorrendo acréscimos no tempo de montagem. A Figura 57 demonstra os elementos de fixação que envolvem o sistema de sustentação do modelo C.

Figura 57 – Suporte de sustentação modelo C, integrado com base elevada.



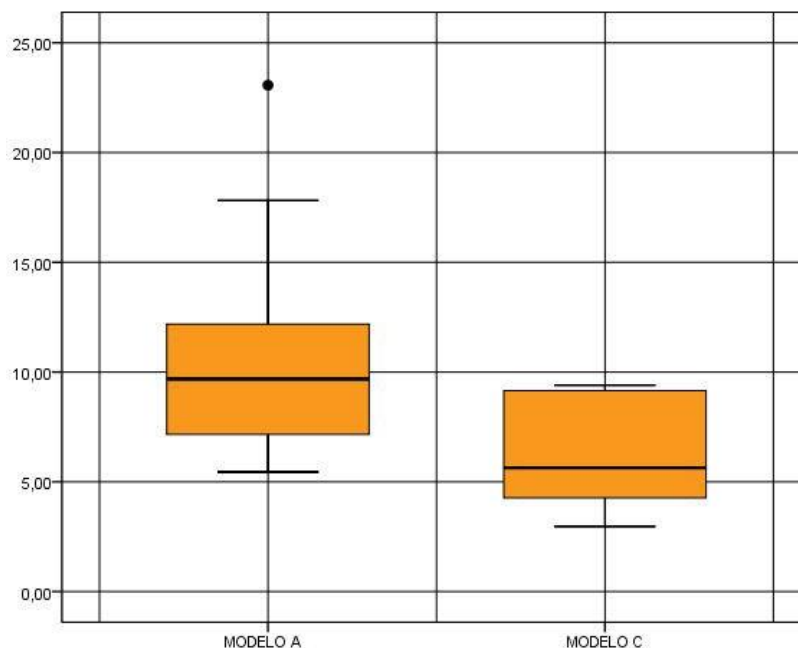
Fonte: autor.

4.3.2.2.3 Testes estatísticos – tempo de montagem dos suportes

Para esta análise os dados foram submetidos ao teste estatístico de Mann-Whitney (Apêndice 7), onde foram encontradas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre os tempos de montagem dos grupos.

Pode-se, assim, concluir que os utilizadores que montaram e ajustaram os suportes de sustentação/empunhaduras do equipamento modelo C levaram menos tempo para completar a tarefa de balanceamento. Sendo assim, esse modelo demonstrou ser mais eficiente do que os outros sistemas analisados, como pode ser visualizado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Tempo gasto na montagem dos suportes e regulagem para balanceamento (Eixo X = Modelo. Eixo Y = Tempo em minutos).



Fonte: autor.

4.3.2.3 Tempo gasto e observações a serem consideradas na vestimenta e ajustagem dos cintos de sustentação

Nesta etapa do experimento foram realizadas observações a respeito de como cada indivíduo vestia e ajustava os respectivos cintos de sustentação, bem como a análise do tempo gasto na vestimenta e ajuste do cinto, efetuada por cada indivíduo. Essa etapa foi de primordial importância, visto que o design de cada elemento que compõe o acessório e a observação do modo operatório de cada sujeito em análise contribuiriam para o redesenho de um modelo possivelmente mais intuitivo.

4.3.2.3.1 Usuários do cinto modelo A

O cinto A foi o modelo que apresentou a maior dispersão na distribuição dos tempos de vestimenta e ajustagem (média = 5min 45s, dp = 3min 41s). Como já observado, a maioria dos indivíduos apresentou dúvidas sobre o lado correto de se vestir esse acessório. Seus componentes, constituídos de materiais

maleáveis, podem contribuir para que o objeto se embarace facilmente, o que leva os usuários a incertezas sobre o modo adequado de vesti-lo.

Também foi observado que o sistema de fechamento desse modelo (Figura 58) é provido de um “fecho” com desenho pouco usual, o que gerou dúvidas sobre o modo correto de engate e desengate do sistema.

Figura 58 – Cinto A – presilha frontal com desenho pouco usual.



Fonte: autor.

Os materiais compostos de espumas em cores diferentes do restante do cinto, alocados na região das alças, contribuiriam para a identificação do posicionamento nos ombros, no entanto, o desenho permite que as espumas fiquem assentadas de cabeça para baixo, o que pode trazer desconforto.

4.3.2.3.2 Usuários do cinto modelo B

A vestimenta e ajustagem do cinto modelo B (média = 2min 53s, dp = 1min 48s) apresentou uma menor dispersão na distribuição dos tempos em comparação ao modelo A e média próxima ao do cinto modelo C. Suas alças, revestidas com material esponjoso e providas de cores diferentes do restante do objeto, proporcionaram menos confusão no momento da vestimenta.

A estrutura rígida, constituída de material plástico, também em cor diferente dos demais acessórios, contribuiu para a facilitação da vestimenta desse acessório, conforme demonstrado na Figura 59.

Outro fator que cooperou para maior inteligibilidade do sistema está em sua presilha do tipo engate rápido, que também possui cor distinta dos demais componentes integrantes do objeto.

Figura 59 – Cinto B – prováveis pontos que facilitaram a compreensão da vestimenta.



Fonte: autor.

4.3.2.3.3 Usuários dos cinto modelo C

O cinto modelo C foi o sistema com menor dispersão na distribuição dos tempos, bem como menor média entre os demais sistemas apresentados (média = 2min 27s, dp = 1min 6s). Esse modelo também se apresenta com alças de ombros providas de um espesso material esponjoso e em cores distintas, o que facilita a identificação do usuário. Seu sistema de fechamento também é constituído de presilha do tipo engate rápido.

Um ponto negativo está em seu sistema de engate à máquina. Seu mecanismo de abertura e fechamento apresentou-se confuso para alguns participantes, motivo pelo qual houve um certo retardo no tempo de vestimenta. A Figura 60 apresenta alguns pontos que puderam influenciar o tempo de vestimenta desse acessório.

Figura 60 – Cinto C – pontos positivos e negativos que provavelmente influenciaram o tempo de vestimenta.



Fonte: autor.

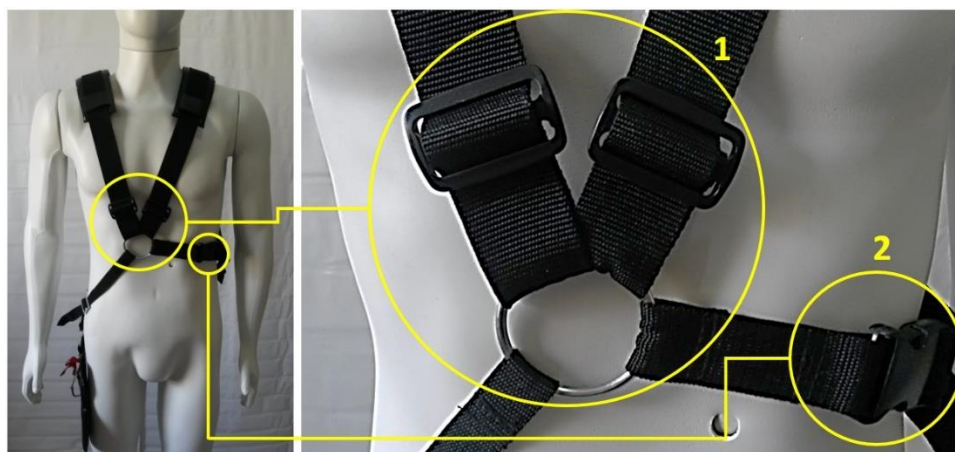
4.3.2.3.4 Usuários do cinto modelo D

Assim como o modelo A, o cinto modelo D é caracterizado por materiais maleáveis, o que contribui para o embaraço do componente. Mais uma vez, essa situação ocasionou contratempos no momento da vestimenta.

Ao contrário dos demais modelos analisados, suas alças possuem as mesmas cores do restante do produto. Tal configuração amplificou as dúvidas do utilizador no momento da vestimenta do produto.

Outro problema a ser ressaltado está no sistema de regulação das alças (Figura 61). Providas de fivelas reguladoras, esses acessórios se demonstraram pouco compreensíveis aos usuários. Em contrapartida, sua presilha lateral, também do tipo engate rápido e frequentemente utilizada em mochilas escolares e outros diversos acessórios de vestuário, configurou-se um sistema mais compreensível em relação ao modelo A.

Figura 61– Cinto D – as fivelas de regulação das alças ocasionaram confusão no momento da vestimenta.



Fonte: autor.

Por fim, seu sistema de engate, que fixa o cinto ao equipamento através de um gancho, possui um desenho pouco compreensível (Figura 62) e trouxe dúvidas aos participantes no momento do engate do sistema.

Figura 62 – Cinto D – o sistema de engate apresentou-se confuso para a maioria dos participantes.

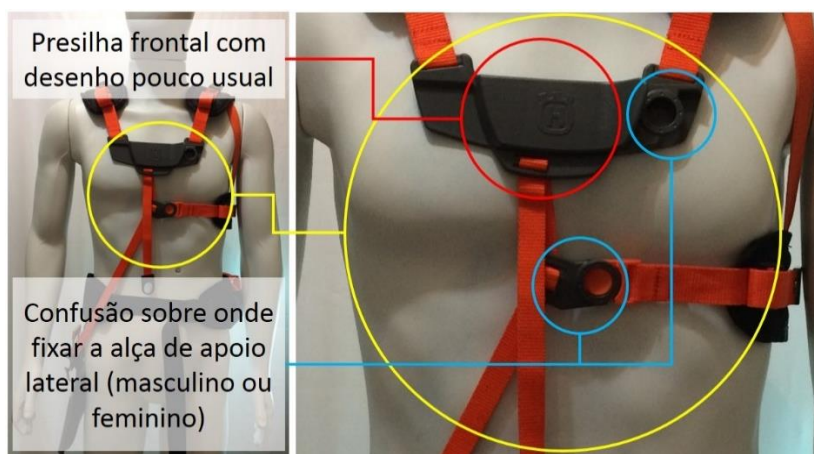


Fonte: autor.

4.3.2.3.5 Usuários do cinto modelo E

Dos dez sujeitos que realizaram o experimento com o cinto modelo E, cinco apresentaram dificuldades na fixação da presilha peitoral, esta apresentando um design pouco usual, semelhante ao modelo A. Três indivíduos demonstraram dúvidas quanto à fixação da alça lateral (posição para homens ou mulheres) e três participantes obtiveram problemas com a interface do sistema de engate, não conseguindo prender ou desprender o acessório ao equipamento. A Figura 63 apresenta possíveis fatores que geraram retardo no tempo de vestimenta desse acessório.

Figura 63 – Cinto E – presilhas frontal e lateral com desenhos pouco usuais.



Fonte: autor.

4.3.2.3.6 Testes estatísticos – tempo de vestimenta e ajustagem dos cintos

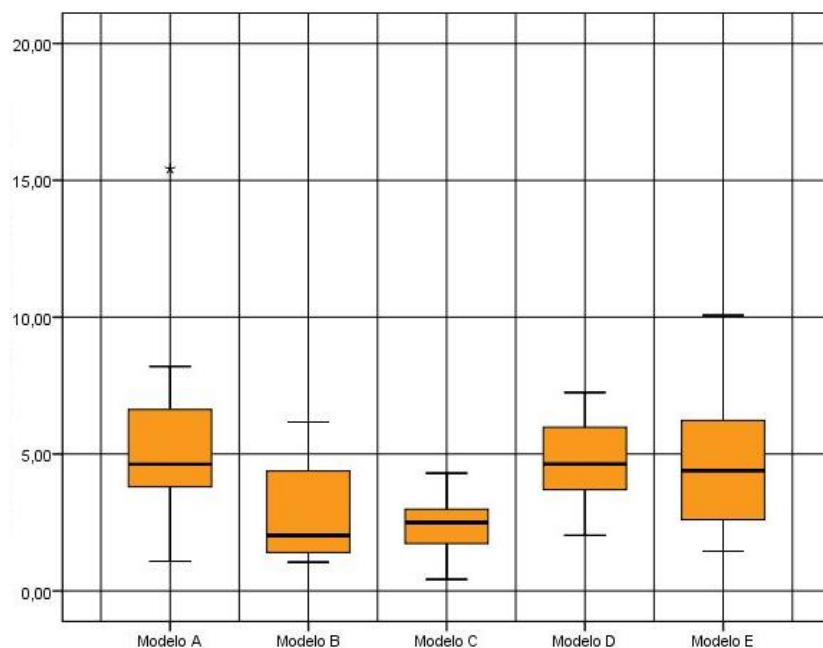
Os tempos de vestimenta e ajustagem dos cintos foram submetidos ao teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis e ao teste de comparações múltiplas de Scheffé (Apêndice 8).

Ainda que os sujeitos que realizaram o experimento com os modelos B e C demonstrassem executar tempos de vestimenta e ajustagem com médias abaixo das apresentadas pelos sujeitos utilizadores dos modelos A, D e E, não houve diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$).

É importante notar que os usuários do cinto modelo E foram os que apresentaram a maior dispersão e amplitude dos tempos, provavelmente por

apresentarem-se com um desenho relativamente complexo, se comparado ao modelo C, que apresentou um design simples e minimalista. O Gráfico 3 apresenta os resultados dos tempos de vestimenta dos cintos.

Gráfico 3 –Tempo gasto na vestimenta e ajustagem dos cintos (Eixo X = Modelo. Eixo Y = Tempo em minutos).



Fonte: autor.

4.3.2.4 Somatória dos tempos de vestimenta dos cintos, montagem, ajuste dos suportes e regulagem para balanceamento

Sabe-se que os elementos cinto, suporte de sustentação e empunhaduras fazem parte de um macrossistema responsável por manter o equipamento em equilíbrio. Portanto, julgou-se prudente realizar uma análise considerando a somatória dos tempos despendidos na vestimenta, montagem e ajustagem para balanceamento de todos os acessórios vinculados ao sistema de sustentação das RLMS.

Mais uma vez, essa análise foi realizada apenas com os utilizadores dos equipamentos modelo A, C e A/E, visto que os usuários dos demais sistemas não conseguiram realizar a tarefa de balanceamento com eficácia.

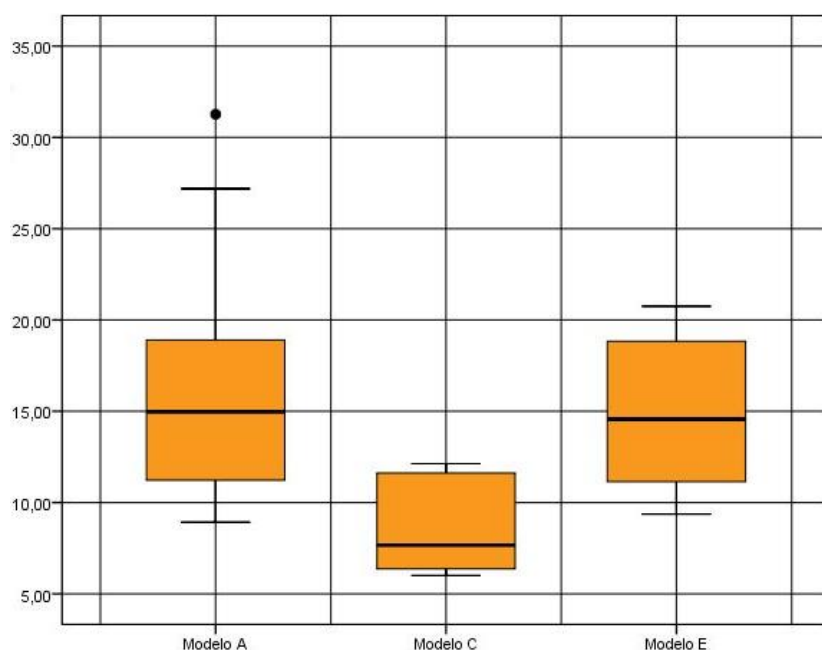
4.3.2.4.1 Testes estatísticos – somatória dos tempos de vestimenta dos cintos, montagem dos suportes e ajustagem para balanceamento

Os dados foram submetidos ao teste estatístico de análise de variância ANOVA one-way. Após o teste, foi observada diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os tempos dos três grupos analisados.

Em seguida, realizaram-se os testes Post Hoc, de Tukey e Scheffe, com o intuito de se verificar em quais grupos ocorria a diferença (Apêndice 9).

Verificou-se que o grupo de sujeitos que realizou a vestimenta, montagem e regulagem para balanceamento do equipamento modelo C levaram um menor tempo de realização da tarefa em relação aos demais grupos, conforme o Gráfico 4.

Gráfico 4 – Somatória dos tempos: vestimenta do cinto, montagem dos suportes e ajustagem para balanceamento (Eixo X= Modelo. Eixo Y = Tempo em minutos).



Fonte: autor.

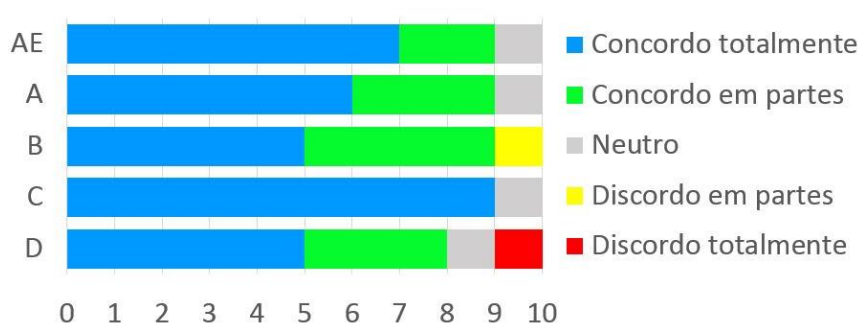
4.3.3 Análise da satisfação dos usuários através da aplicação de protocolo específico de satisfação

Neste tópico foram abordados os resultados da aplicação do questionário específico quanto ao uso de sistemas de sustentação de RLMS, com o propósito

de se extrair informações acerca das dificuldades, facilidades e da satisfação dos sujeitos em estudo, não havendo a pretensão de se obter dados estatísticos.

Ainda que tenham sido observadas dificuldades na montagem das empunhaduras durante o experimento, de maneira geral, houve um considerável nível de satisfação quanto à montagem desses componentes. Os sujeitos que participaram da montagem do equipamento modelo C assinalaram um maior número de plena concordância, se comparado aos outros modelos analisados, conforme o Gráfico 5.

Gráfico 5 – Síntese das respostas à afirmativa: “A montagem das empunhaduras é fácil.”



Fonte: autor.

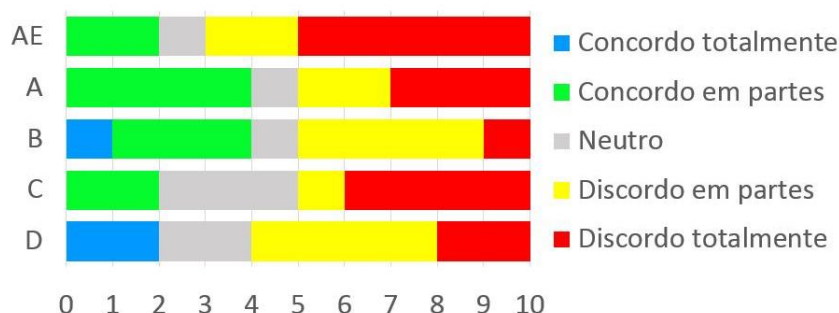
Segundo observação da atividade, seu suporte de sustentação, integrado ao suporte das empunhaduras, proporcionou um procedimento menos complexo aos utilizadores.

Por outro lado, os sujeitos participantes do experimento de montagem com o equipamento modelo D atribuíram uma menor concordância em relação aos demais modelos analisados. Dentre as maiores dificuldades observadas na montagem das empunhaduras desse modelo, estiveram: dúvidas sobre a ordem correta de encaixe dos acessórios que compõem o sistema de travamento das empunhaduras e a montagem invertida destas, corroborando, assim, com as observações descritas no item 4.3.1.4.

Questionados sobre a possibilidade de montagem das empunhaduras sem o uso do manual de instruções, as pontuações demonstraram que, de maneira geral, os participantes atribuíram certa indiferença sobre o conteúdo apresentado pelos manuais (Gráfico 6). É importante ressaltar que, no tópico 4.3.2.1, foi demonstrado que todos os 50 sujeitos realizaram a leitura prévia dos manuais, mesmo não havendo a obrigatoriedade. Uma média geral de 2 minutos

e 6 segundos foram despendidos para a leitura. Dessa forma, é provável que os conteúdos dispostos nos manuais possam não ter oferecido instruções claras e necessárias para a montagem dos sistemas.

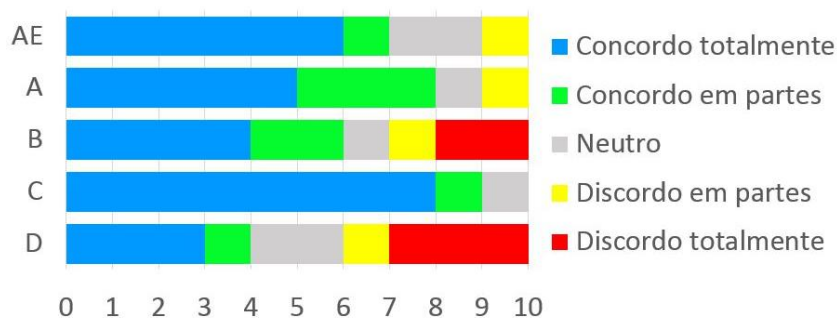
Gráfico 6 – Síntese das respostas à negativa: “Não é possível montar as empunhaduras sem o uso do manual de instruções.”



Fonte: autor.

Com referência à facilidade de regulação do suporte de sustentação, os sujeitos participantes da montagem com o equipamento modelo C atribuíram o maior número de concordância entre os 5 grupos analisados, como pode ser visto no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Síntese das respostas à afirmativa: “O suporte de sustentação, que prende a roçadeira ao gancho do cinto de sustentação, oferece fácil regulação.”

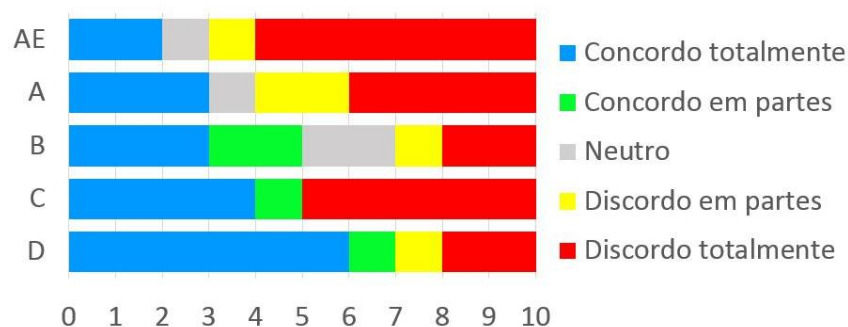


Fonte: autor.

É importante observar que o grupo de sujeitos que realizou o experimento com os modelos B e D foi o que mais apontou discordância com a afirmativa, justamente os modelos cujos mecanismos não possibilitaram o balanceamento das respectivas RLMs.

Em relação à questão sobre a facilidade de regulação das empunhaduras, destaca-se o *score* de maior concordância com a negativa atribuída pelos usuários do equipamento modelo D, conforme o Gráfico 8.

Gráfico 8 – Síntese das respostas à negativa: “Após montadas, as empunhaduras não permitem fácil regulação para frente ou para trás, para à direita ou para à esquerda.”



Fonte: autor.

No item 4.3.1.4 foram observadas notórias dificuldades de alguns usuários em realizar procedimentos de aperto ou desaperto do suporte das empunhaduras do modelo D, fato esse que pode ter ocasionado relativa insatisfação de seus utilizadores.

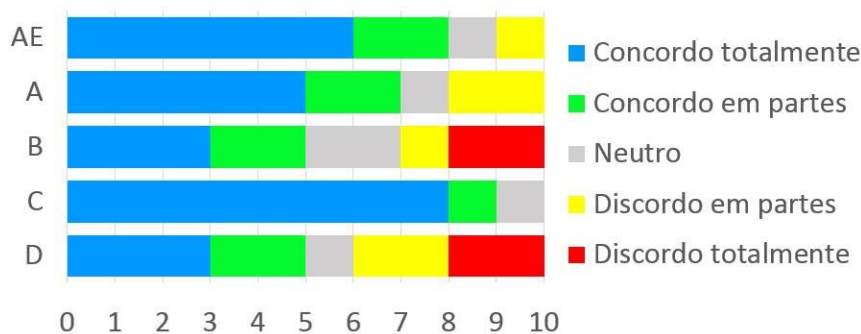
Em contrapartida, a pontuação de 4 votos de discordância, atribuída pelos utilizadores do sistema A, e 6 votos para os utilizadores do sistema AE (mesmo sistema), pode estar vinculada ao fato de que o mecanismo em questão possui seus suportes (das empunhaduras e de sustentação) independentes, os quais, apesar de pouco eficientes, são relativamente eficazes.

De maneira geral, nota-se que há prováveis deficiências em todos os sistemas apresentados, caso seja levada em consideração a não unanimidade nas respostas.

O Gráfico 9 apresenta os níveis de concordância sobre a praticidade dos suportes de sustentação e das empunhaduras. Os maiores *scores* de total concordância foram atribuídos aos utilizadores dos sistemas C, A e AE e podem estar relacionados ao fato de que foram os únicos sistemas que proporcionaram eficácia no procedimento de balanceamento, conforme estudos anteriores. Em contrapartida, nenhum dos utilizadores que participaram do experimento de balanceamento com os modelos B e D obtiveram êxito nessa tarefa, fato esse

que pode ter gerado insatisfação e, conseqüentemente, menores níveis de concordância.

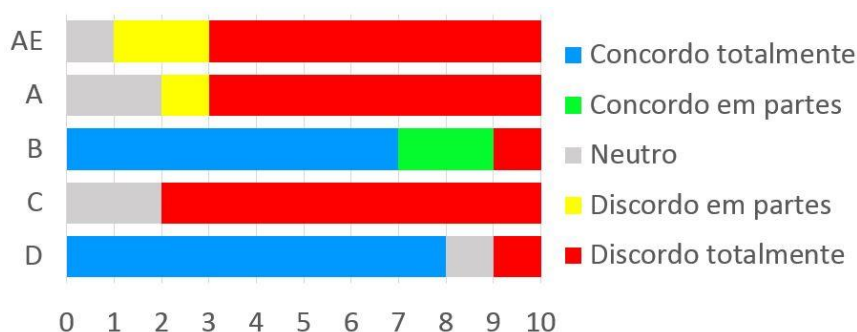
Gráfico 9 – Síntese das respostas à afirmativa: “O suporte das empunhaduras e o suporte de sustentação, elementos responsáveis pelo equilíbrio do equipamento, são práticos.”



Fonte: autor

No Gráfico 10 são apresentados dados relacionados a uma afirmativa mais direta sobre o insucesso no procedimento de balanceamento de cada equipamento. Novamente os maiores *scores* que demonstraram concordância com a negativa estão relacionados justamente aos usuários dos equipamentos que não proporcionaram eficácia no procedimento de balanceamento (equipamentos modelo B e D). Apresentando maiores pontuações contrárias à negativa ficaram os utilizadores dos equipamentos modelo C, A e AE.

Gráfico 10 – Síntese das respostas à negativa: “Não consigo fazer o sistema de corte flutuar após soltar as duas mãos das empunhaduras.”



Fonte: autor.

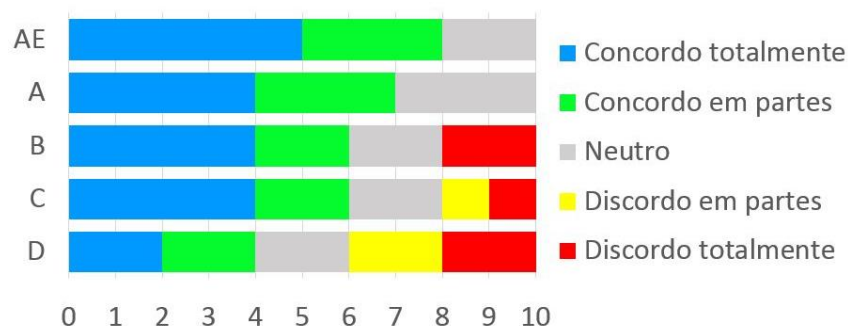
É importante considerar que alguns utilizadores possam ter julgado não terem obtido completo êxito no procedimento de balanceamento (modelo C, A e AE), mesmo que, aos olhos do pesquisador, tenha sido observada a eficácia de

todos os participantes desses modelos. Isso explica a não totalidade de concordância. O mesmo pode ser atribuído aos utilizadores dos equipamentos B e D, que, apesar de não terem atingido a eficácia no procedimento de balanceamento, podem ter julgado haver alguma outra forma de proceder com sucesso, o que explica a não totalidade de concordância com a negativa.

Os gráficos apresentados a seguir referem-se às questões inerentes à satisfação na experiência dos usuários com o uso dos cintos de sustentação.

Questionados sobre a oferta de estabilidade e segurança de cada cinto (Gráfico 11), os participantes do experimento com o acessório modelo D foram os que atribuíram o maior equilíbrio entre concordância e discordância com a afirmativa em questão. Conforme verificado no item 4.3.1.4, observou-se que grande parte dos sujeitos não conseguiu realizar a correta regulagem, de modo que as alças se acomodassem confortavelmente em seus ombros, pois suas fivelas se demonstraram confusas. O cinto modelo E (sujeitos que se utilizaram do conjunto AE) apresentou maior *score* de concordância dentre os demais.

Gráfico 11 – Síntese das respostas à afirmativa: “O cinto de sustentação me oferece estabilidade e segurança.”



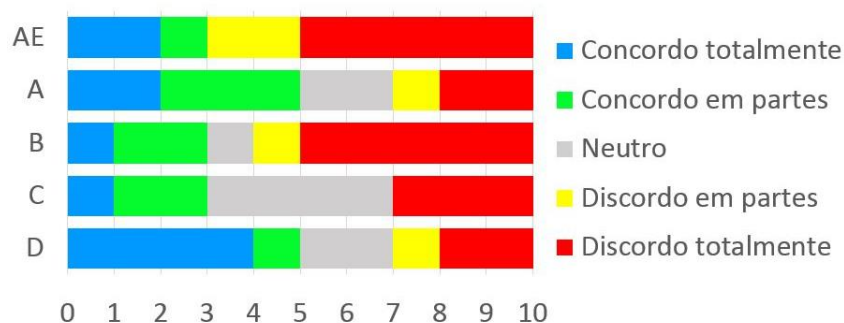
Fonte: autor.

Outra questão apresentada se referia a uma negativa sobre o conforto dos respectivos cintos (Gráfico 12). De maneira geral, pode-se afirmar que não houve unanimidade nas respostas entre os 5 modelos analisados, fato esse que atesta a hipótese de que pode existir problemas de ordem ergonômica nesses acessórios, já que os sujeitos fizeram uso deles por um pequeno intervalo de tempo.

Os participantes do experimento com os acessórios modelo AE e B relataram uma maior pontuação de discordância com a negativa.

Mais uma vez, os participantes do experimento com o acessório modelo D demonstraram um maior número de pontos de concordância com a negativa. A frustração da maioria dos usuários desse modelo pode ser atribuída a prováveis impressões negativas sobre ele, durante o experimento.

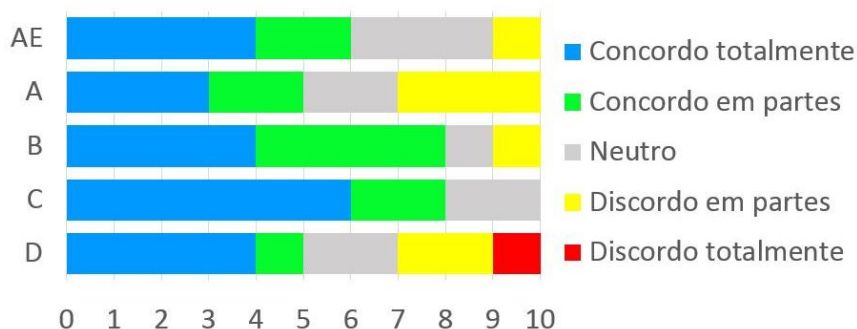
Gráfico 12 – Síntese das respostas à negativa: “O cinto de sustentação não é confortável.”



Fonte: autor.

O Gráfico 13 refere-se à facilidade de regulação dos cintos de sustentação. Os utilizadores do experimento com o acessório modelo C não atribuíram qualquer observação em discordância com a afirmativa em questão. Esse nível de aceitação pode estar vinculado ao sucesso que os participantes desse experimento obtiveram no procedimento de balanceamento do equipamento.

Gráfico 13 – Síntese das respostas à afirmativa: “As regulagens do cinto de sustentação são fáceis de utilizar.”



Fonte: autor.

Por fim, a última questão apresentava-se aberta e opcional, onde, vinte três, dentre os cinquenta sujeitos investigados, apresentaram suas impressões sobre o uso dos respectivos sistemas. As informações continham críticas e

sugestões de melhoria de cada modelo e envolveram, em grande parte dos relatos, críticas relacionadas ao conforto dos cintos até sugestões de mudanças nos sistemas de sustentação das RLMs. A Tabela 7 apresenta a síntese das críticas e sugestões dos sujeitos com relação ao uso dos sistemas de sustentação avaliados.

Tabela 7 – Críticas e sugestões registradas pelos utilizadores após o uso de sistemas de sustentação de RLMs (preenchimento opcional).

CRÍTICAS / SUGESTÕES				
RLM - A	RLM - B	RLM - C	RLM - D	RLM - A / CINTO E
"O CINTO DE SUSTENTAÇÃO ESFREGA NA LOMBAR DIREITA ACARRETANDO TALVEZ EM FERIMENTOS APÓS ALGUMAS HORAS DE USO DA ROÇADEIRA. O GUIDÃO DEVERIA SER ÚNICO, E NÃO BI-PARTIDO. O PESO DO MOTOR COMEÇA A INCOMODAR E CAUSA FADIGA NOS OMBROS E PESCOÇO."	"O PESO DA MÁQUINA É MAL DISTRIBUÍDO, O SUPORTE DE SUSTENTAÇÃO É FIXO, NÃO PERMITE REGULAGEM. SUGIRO QUE O SUPORTE SEJA MÓVEL E QUE MELHORE O CONFORTO DO CINTO E PROCURE EQUILIBRAR O PESO DA MÁQUINA, VERTICALMENTE E HORIZONTALMENTE."	"A MONTAGEM DAS EMPUNHADURAS PODE SER FEITA SEM O MANUAL, POIS AS PEÇAS DE ENCAIXE SÃO MEIO ÓBVIAS. O CINTO DE SUSTENTAÇÃO É CONFORTÁVEL, MAS DESDE QUE SEJA REGULADO CORRETAMENTE, COM FOLGA, PARA NÃO MACHUCAR E PARA PODER EXECUTAR MELHOR OS PROCEDIMENTOS."	"DEVE-SE OBTER MAIS PONTOS DE AJUSTE DE EQUILÍBRIO PARA O BALANCEAMENTO DA MÁQUINA, COM OPÇÕES DE AJUSTE PARA FRENTE, JOGANDO O PESO DO MOTOR PARA TRAZ."	"UTILIZAR UMA ESCALA PADRÃO PARA AS ALTURAS, ASSIM GUIANDO A PESSOA A REGULAR A POSIÇÃO DO SUPORTE DE SUSTENTAÇÃO E O SUPORTE DO GUIDÃO"
"O CABO DO ACELERADOR NÃO É CLARO NO MANUAL POR ONDE É SUA DEVIDA POSIÇÃO. O MANUAL DA MÁQUINA É CONFUSO."	"O SUPORTE DE SUSTENTAÇÃO PODERIA TER UMA REGULAGEM, PARA SE CONSEGUIR FAZER O SISTEMA DE CORTE FLUTUAR APÓS TIRAR AS DUAS MÃOS DO GUIDÃO"	"TALVEZ O CINTO DE SUSTENTAÇÃO PODERIA TER MAIS APOIO NAS COSTAS. TAMBÉM PODERIA HAVER OUTRO SISTEMA DE PRENDER A MÁQUINA."	"AUMENTO DO COMPRIMENTO DO SUSPORTE DE SUSTENTAÇÃO, PARA AUMENTAR A POSSIBILIDADE DE EQUILÍBRIO."	"PODERIA SER MELHORADO A FORMA DE REGULAGEM DO SUPORTE DE SUSTENTAÇÃO."
"FAZER UM CINTO COM MAIS PONTOS DE APOIO, MAIS REGULAGEM NO SUPORTE DO GUIDÃO EM CASO DE MOVIMENTAÇÃO ROTACIONAL."	"TALVEZ MUDAR O SUPORTE DE SUSTENTAÇÃO DE POSIÇÃO PARA OBTER UM PONTO DE EQUILÍBRIO."	"UMA SUGESTÃO, AO INVÉS DO CINTO DE SUSTENTAÇÃO FOSSE COLOCADO UM COLETE COM MAIS ESPUMA."	"O SUPORTE DE SUSTENTAÇÃO DEVERIA SER MAIS PRÓXIMO AO GUIDÃO, PARA QUE A ROÇADEIRA POSSA FLUTUAR E COM ISSO EU ACHO QUE DARIA MAIS CONFORTO PARA PESSOA QUE IRIA UTILIZAR."	
"O GUIDÃO FICA DESCONFORTÁVEL, CONFORME VAI USANDO A MÁQUINA."	"MELHORAR O CINTO DE SUSTENTAÇÃO PARA FICAR MAIS CONFORTÁVEL."	"AO MEU VER, O ÚNICO PROBLEMA QUE ENCONTREI NO EQUIPAMENTO FOI O SISTEMA DO GANCHO, PODERIA SER MELHOR TIPO DE ENCAIXE NA MÁQUINA."	"O PROTETOR DA PERNA DEVERIA ACOMPANHAR A REGULAGEM DO GANCHO. AS CORREIAS DO CINTO DEVERIAM SER DE BORRACHA."	
"O CINTO DEVERIA SER MAIS CONFORTÁVEL, POIS AGRIDE PRINCIPALMENTE A REGIÃO ABAIXO DA COSTELA, ONDE PASSA O CINTO."	"MELHORAR O EQUILÍBRIO DO EQUIPAMENTO."	"CINTO DE SUSTENTAÇÃO COM MAIS ESPUMA PARA OS OMBROS."	"O CINTO, APÓS ALGUNS MINUTOS, COMEÇA A MACHUCAR MUITO A REGIÃO DO ABDOMEN, NOS LOCAIS ONDE A ARGOLA CENTRAL FICA PRESSIONANDO CONTRA O CORPO."	
"PODERIA HAVER UMA MELHORIA NO CINTO DE SUSTENTAÇÃO, PARA TORNÁ-LO MAIS CONFORTÁVEL."				

Fonte: autor.

4.3.4 Resultados dos níveis de percepção de dor/desconforto após a simulação do uso de RLMs em laboratório

Neste tópico foram apresentados os resultados relativos aos níveis de percepção de dor/desconforto expressados através do questionário de Corlett e Manenica (1980) nos mesmos grupos de indivíduos abordados no capítulo anterior.

Torna-se oportuno lembrar que esse experimento ocorreu através de uma simulação em que o equipamento se encontrava desligado, em um ambiente fechado, com condições de iluminação, temperatura e umidade controladas.

Também é importante frisar que cada indivíduo realizou a simulação empunhando a máquina com o sistema de sustentação montado e ajustado conforme seu próprio modo. Logo, a possibilidade de montagens inadequadas, que submetia o indivíduo a má postura, foi considerada.

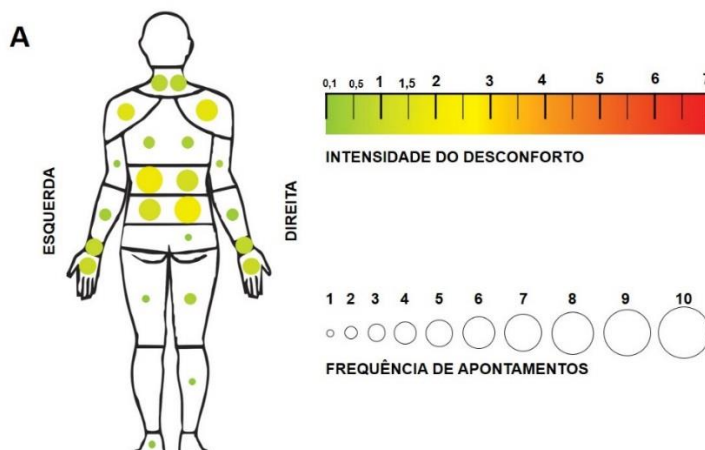
4.3.4.1 Usuários do modelo A

Os sujeitos que fizeram uso do modelo A (RLM-A, cinto-A) apontaram percepções de dor/desconforto por toda a região dos braços, ombros, pescoço e dorso, conforme a Figura 64.

Níveis de gravidade mais elevados (2 a 2,5) se concentraram principalmente nas regiões dos ombros, lombar superior e inferior.

Ainda que tenha sido apresentado um considerável número de queixas, foi observada uma distribuição simétrica entre as regiões esquerda e direita, o que indica, de maneira geral, que as cargas foram distribuídas corretamente entre ombros e braços, consequência do êxito no balanceamento do equipamento e uma correta ajustagem das alças sobre os ombros.

Figura 64 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo A – cinto A). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).



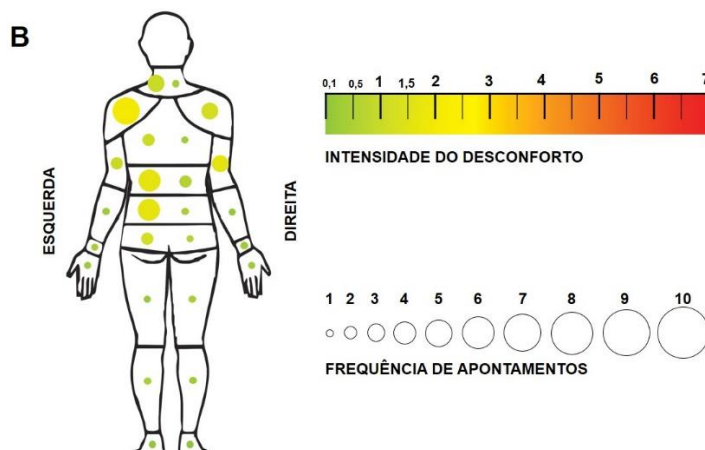
Fonte: autor.

4.3.4.2 Usuários do modelo B

Os relatos de percepção de dor/desconforto dos participantes da simulação com a máquina modelo B (RLM-B, cinto-B) se concentraram majoritariamente nas regiões do dorso e ombro esquerdo, conforme a Figura 65.

Deve-se considerar que, nesse modelo, nenhum sujeito obteve êxito na tarefa de balanceamento da máquina. Outra provável condição adversa estaria na má regulação das alças dos ombros. Uma vez que o equipamento é utilizado ao lado direito do operador, um simples “afrouxamento” da alça direita faz com que toda a carga se concentre no ombro esquerdo, conforme pode ser visualizado na Figura 58.

Figura 65 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo B – cinto B). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).



Fonte: autor.

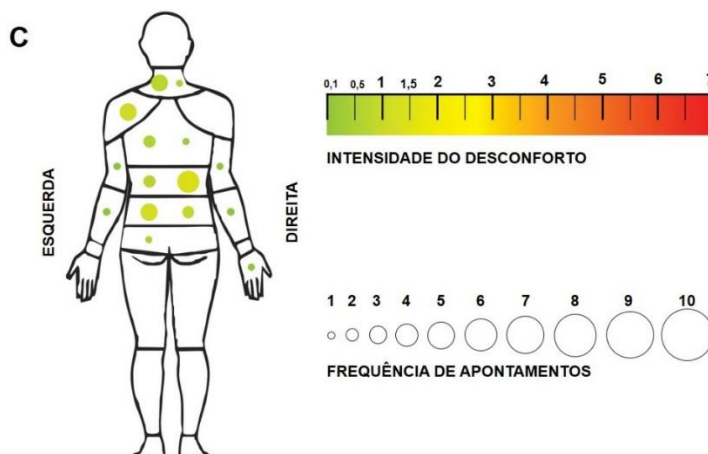
4.3.4.3 Usuários do modelo C

Os usuários que se utilizaram do equipamento modelo C (RLM-C, cinto-C) apontaram suas percepções de desconforto especialmente nas regiões lombar superior e inferior, conforme a Figura 66.

Nesse modelo, todos os seus utilizadores alcançaram êxito no procedimento de balanceamento da máquina, mantendo o sistema de corte “flutuando” entre 100 e 200mm do solo, aproximadamente. Com o equipamento nessa condição, a carga é deslocada para as alças dos ombros, estas mantendo-se igualmente ajustadas, pois distribuem o peso adequadamente sobre a coluna.

É provável que a redução drástica nos apontamentos de desconforto nesse grupo de usuários tenha forte relação com o balanceamento adequado do sistema.

Figura 66 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto C). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).



Fonte: autor.

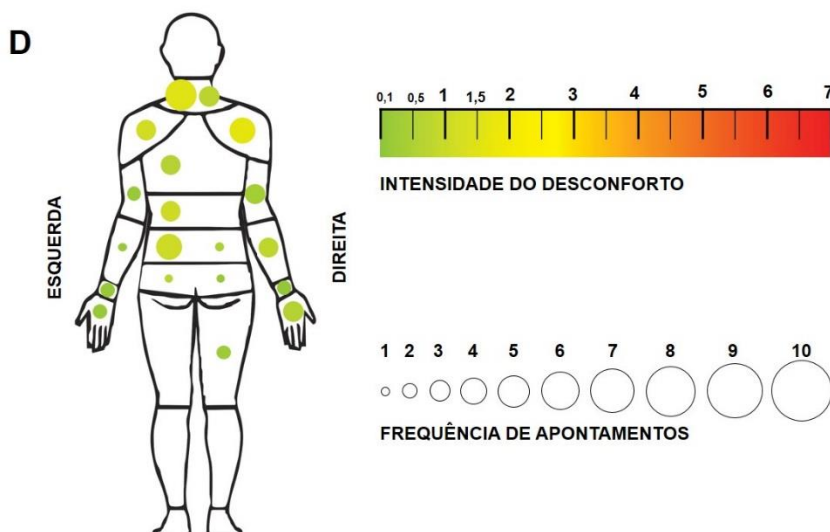
4.3.4.4 Usuários do modelo D

No equipamento modelo D (RLM-D, cinto-D), foram observadas concentrações nos níveis de percepção de dor/desconforto, principalmente, nas regiões dos braços, ombros, pescoço e costas (lado esquerdo).

O grupo que participou do experimento de montagem desse sistema não obteve sucesso no procedimento de balanceamento. Assim como os utilizadores do modelo B, o desequilíbrio do sistema fez com que parte da carga se deslocasse para os braços, situação que provavelmente gerou um maior número de queixas nessas regiões.

Já a assimetria na distribuição dos apontamentos na região das costas, tal como o modelo B, está ligada a um provável desajuste entre as alças dos ombros, o que faz com que a carga se concentre desigualmente sobre eles. A Figura 67 ilustra essa situação.

Figura 67 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo D – cinto D). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).



Fonte: autor.

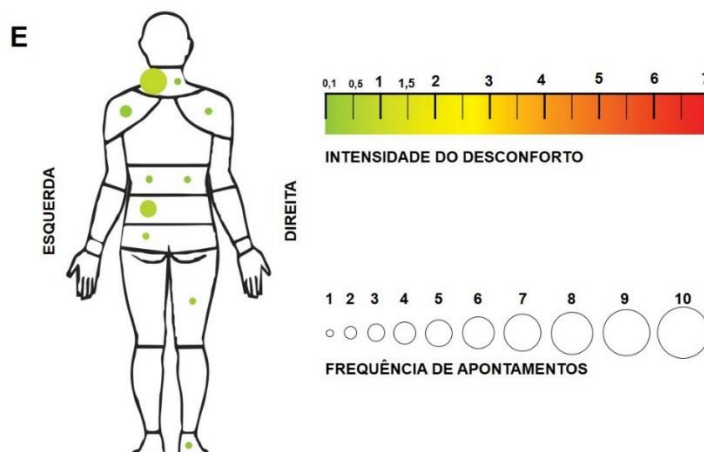
4.3.4.5 Usuários do modelo A (cinto E)

Os sujeitos que realizaram a simulação com a RLM modelo A e o cinto modelo E expressaram, de maneira geral, poucos apontamentos de percepção de desconforto. A maioria das ocorrências se concentrou nas regiões esquerda do pescoço e lombar inferior, entretanto, com níveis aceitáveis (intensidade 1), conforme pode ser visualizado na Figura 68.

Ao estabelecer uma relação com os demais sistemas, notou-se que houve uma considerável redução na média de percepção de apontamentos de queixas nas regiões lombar superior e inferior. Essa condição pode estar diretamente atribuída a alguns fatores:

- Sucesso dos participantes no procedimento de balanceamento, proporcionado pelo sistema de sustentação (RLM – A), o que resultou no correto deslocamento da carga sobre os ombros e, conseqüentemente, uma adequada sustentação.
- Acessório provido de um cinto de quadril de apoio à coluna lombar, que provavelmente proporcionou uma sensação de conforto aos utilizadores.

Figura 68 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo A – Cinto E). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Simulação (3 minutos).



Fonte: autor.

4.3.5 Considerações acerca da eficácia, eficiência, satisfação e percepção de dor/desconforto no pós-uso dos sistemas analisados

Após as análises que abrangeram a eficácia e eficiência no uso de sistemas de sustentação de RLMs, foi possível concluir que o equipamento modelo C apresentou um conjunto de interfaces que melhor proporcionou condições para que seus utilizadores elevassem seu sistema ao equilíbrio, provando ser satisfatoriamente mais eficiente e eficaz, se comparado aos outros produtos avaliados.

O mesmo desfecho ocorreu com as respostas obtidas pelo protocolo específico de usabilidade do sistema, onde os participantes do experimento com o equipamento modelo C também se demonstraram mais satisfeitos em relação aos demais. Todas as respostas atribuídas pelos 5 grupos apresentaram níveis de coerência que corroboraram com as conclusões observadas nos estudos de eficiência e eficácia dos mesmos equipamentos.

Quanto aos níveis de percepção de dor/desconforto, demonstrados através do diagrama de Corlet e Manenica (1980), foi possível afirmar uma relação direta entre a redução da assimetria nos apontamentos de desconforto e os sistemas que permitiram o equilíbrio do equipamento (A e C), uma vez que o deslocamento do centro gravitacional da máquina para próximo ao corpo evita a inclinação do dorso para frente. Entretanto, a adequada distribuição das cargas

nos ombros também depende diretamente do ajuste uniforme das alças dos ombros.

Além disso, a investigação possibilitou deduzir que o cinto modelo E apresentou características geométricas e materiais que produziram a redução dos números e dos níveis de percepção de desconforto em seus utilizadores, visto que eles também fizeram uso da RLM modelo A. Dentre suas particularidades, está o cinto de quadril, justamente uma das regiões onde foi observada substancial redução nos níveis de percepção de desconforto.

Também foi possível desvendar fatores que contribuíram ou não para a compreensibilidade da montagem e ajustagem desses sistemas.

No que se refere às interfaces dos manuais de instruções analisados, os resultados demonstraram que, de maneira geral, os sujeitos avaliados dedicaram em média 13% do tempo total de montagem à leitura e interpretação das instruções. Considerando que tal tarefa, nesse experimento, apresentava-se facultativa, pode-se concluir que uma considerável parcela do tempo total de montagem foi dedicada a essa etapa. Sendo assim, faz-se a dedução de que manuais de instruções bem planejados verbal e graficamente podem ajudar na diminuição de falhas na montagem desses sistemas. Entretanto, não foram realizados testes de usabilidade mais específicos.

Este estudo também permitiu apontar que a sucessão de falhas relacionadas às interfaces que envolvem a montagem e balanceamento do sistema de sustentação de RLMs podem desencadear montagens mal sucedidas e, conseqüentemente, o uso inadequado do produto. Por outro lado, um conjunto de interfaces projetadas com ênfase na usabilidade pode transmitir mais compreensibilidade ao mecanismo.

4.4 Quarto experimento

Neste capítulo foram apresentados os resultados dos registros de forças atuantes nos sistemas de sustentação de 4 diferentes RLMs, através dos dados obtidos pelo dispositivo de mensuração de forças onde foram utilizados dados de montagem dos usuários do terceiro experimento (A, B, C e D).

É importante salientar que nenhum dos indivíduos convidados a realizar os procedimentos de montagem das roçadeiras modelo B e D obtiveram sucesso no procedimento de balanceamento.

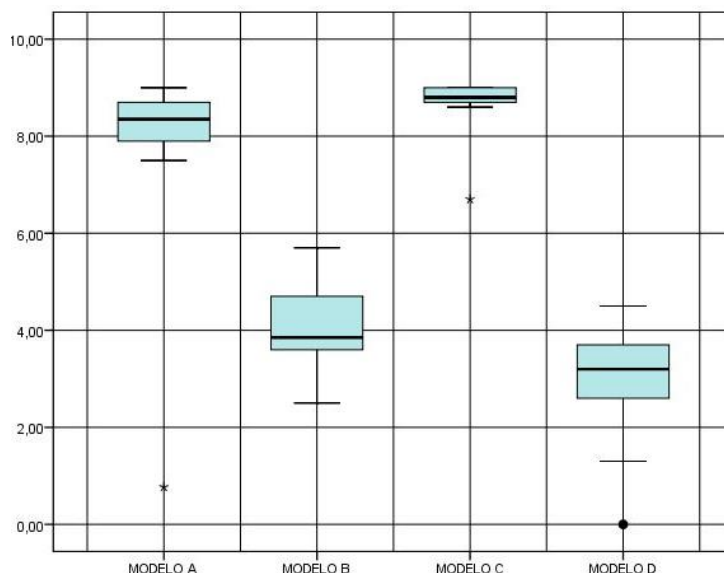
4.4.1 Forças encontradas nos cintos de sustentação

Os sujeitos que realizaram o experimento com a roçadeira modelo C regularam seu suporte de sustentação de forma que ocorresse um maior número de registros de cargas concentradas nas faixas entre 8,7 e 9,0 Kgf (Gráfico 14). Isso demonstra que, nesse modelo, a maior parte das forças encontradas se concentrou sobre a coluna vertebral dos indivíduos analisados. A distribuição concentrada desses valores pode, também, demonstrar que, de maneira geral, houve poucas tentativas de regulação, pois é provável que o centro gravitacional do equipamento coincida com a posição do suporte de sustentação, o que permitiu com que os indivíduos encontrassem facilmente o equilíbrio ideal da máquina. Conclusões semelhantes puderam ser atribuídas aos indivíduos que realizaram o experimento com a roçadeira modelo A. Pode-se acrescentar, também, que nesse modelo a diminuição nos valores encontrados (entre 7,9 e 8,7Kgf), bem como um pequeno aumento na dispersão dos dados, ocorra por consequência do desenho do suporte de sustentação, elemento que possui regulação independente em relação ao suporte das empunhaduras, ao contrário do modelo C. Dessa forma, é provável que os indivíduos tenham mais dificuldades em encontrar o centro de gravidade do objeto.

Já os sujeitos que realizaram o experimento com a roçadeira modelo D regularam o suporte de sustentação deixando um maior número de registros de forças concentradas nas faixas entre 2,6 e 3,9 Kgf. Pode-se concluir que, nesse modelo, uma média de apenas 1/3 da carga total do equipamento concentrou-se sobre a coluna vertebral dos sujeitos estudados. Também foi possível deduzir que esses valores, encontrados dispersamente, demonstraram que o suporte de sustentação não se encontra próximo ao centro gravitacional do equipamento, o que indica o insucesso dos indivíduos na busca de um posicionamento que pudesse proporcionar o equilíbrio da RLM. Admitiu-se um desfecho semelhante aos indivíduos que participaram do experimento com a roçadeira modelo B,

porém, com média um pouco maior que o modelo D. O Gráfico 14 sintetiza as informações expostas.

Gráfico 14 – Forças encontradas nos cintos de sustentação (Eixo X = Modelos de RLMS. Eixo Y = Forças em Kgf).



Fonte: autor.

4.4.1.1 Testes estatísticos – forças encontradas nos cintos de sustentação

Na busca em descobrir diferenças estatisticamente significativas entre os modelos, foi realizado o teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis (Apêndice 10).

O teste demonstrou que houve diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os grupos analisados.

Para averiguar qual, ou quais, eram os grupos que apresentavam diferenças, construiu-se uma variável com os valores em forma de *ranking*, considerando todas as forças encontradas nos cintos. Em seguida, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de Tukey e Scheffé.

Nos resultados dos dois testes foi possível identificar diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as forças encontradas nos cintos de sustentação dos grupos: (A e C) $\neq$ (B e D).

Como os dados dos grupos A e C apresentaram normalidade, também foi possível realizar um teste de homogeneidade entre os dois grupos, de forma a

aplicar um teste paramétrico. Como as amostras também se apresentaram homogêneas, realizou-se o teste “T” de student. Entretanto, foi evidenciado que não há diferenças estatisticamente significativas ($p>0,05$) entre os modelos A e C.

Em seguida, buscou-se descobrir se haviam diferenças estatisticamente significativas nas forças encontradas nos cintos entre os modelos B e D.

Como as amostras dos dois grupos não apresentaram distribuição normal, aplicou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney U. Sendo assim, foram evidenciadas diferenças estatisticamente significativas ($p<0,05$) entre os grupos B e D.

Em suma, concluiu-se nessa análise que as RLMS modelos A e C proporcionam aos utilizadores um ajuste onde a maior parte da carga da máquina permanece concentrada em seus cintos de sustentação e, conseqüentemente, sobre os ombros, que transferem as forças para a coluna vertebral. Em contrapartida, o modelo D consistiu-se no sistema que permitiu menores concentrações de cargas em seu cinto.

4.4.2 Forças encontradas nas empunhaduras

Os sujeitos que realizaram o experimento com a roçadeira modelo C regularam suas empunhaduras de forma que ocorresse um maior número de registros de cargas concentradas nas faixas entre 0,0 e 0,2 Kgf (Gráfico 15). Constatou-se, assim, que nesse modelo a menor parte da carga se concentrou nos braços dos indivíduos analisados. Mais uma vez, atribui-se ao fato de que o suporte de sustentação esteja próximo ao centro gravitacional do equipamento. Também é provável que o desenho desse modelo de suporte de sustentação, que possui as regulagens de equilíbrio próximas e integradas ao suporte das empunhaduras, tenha contribuído para menores concentrações de forças nas empunhaduras dos indivíduos analisados.

Os sujeitos que participaram do teste com a roçadeira modelo “A” ajustaram sua empunhadura direita com o maior número de registros de forças concentradas nas faixas entre 0,1 e 0,7 Kgf (Gráfico 15), enquanto que na empunhadura esquerda os registros de forças se concentraram entre 0,2 e 0,5 Kgf (Gráfico 16). É provável que essa pequena diferença se deva ao fato de as

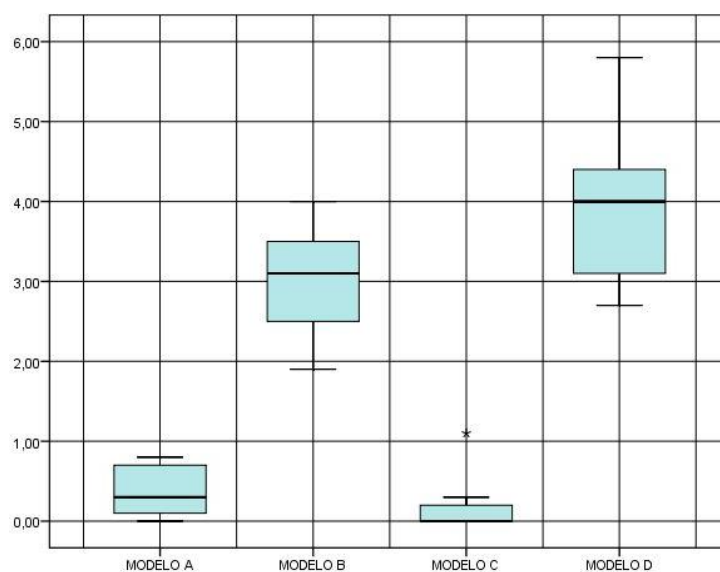
empunhaduras desse modelo serem independentes, podendo, assim, assumir posições que ora beneficiam o usuário, através de melhores ajustes de alcance, ora o prejudiquem, por meio de diferenças na distribuição de cargas nos braços dos utilizadores.

Os participantes que realizaram o experimento com a roçadeira modelo D ajustaram a regulagem na empunhadura direita, obtendo maior número de registros de cargas concentradas entre 3,2 e 4,4 Kgf, para o braços direitos (Gráfico 15). Pode-se inferir que uma média de aproximadamente 4 Kgf de carga se concentrou apenas em um dos braços dos sujeitos examinados. Esses resultados corroboram com os apontamentos de percepção de dor/desconforto dos utilizadores do mesmo modelo, conforme abordado no item 4.3.4.4, pois eles relataram maiores concentrações nas regiões dos braços e do pescoço, consequência de uma exigência de postura que sujeitou o utilizador a inclinar-se para a frente.

Os indivíduos que fizeram o experimento com a roçadeira modelo B estabeleceram regular a empunhadura direita concentrando o maior número de registros de forças entre 1,9 e 4,0 Kgf; média de aproximadamente 1/3 do peso total da máquina concentrou-se no braço direito dos participantes.

É importante ressaltar que os suportes de sustentação apresentados nos modelos de roçadeiras B e D são fixos na região traseira, próxima ao motor, sendo provável que o centro gravitacional desses equipamentos se localize à frente, o que faz com que haja maiores concentrações de forças nas empunhaduras.

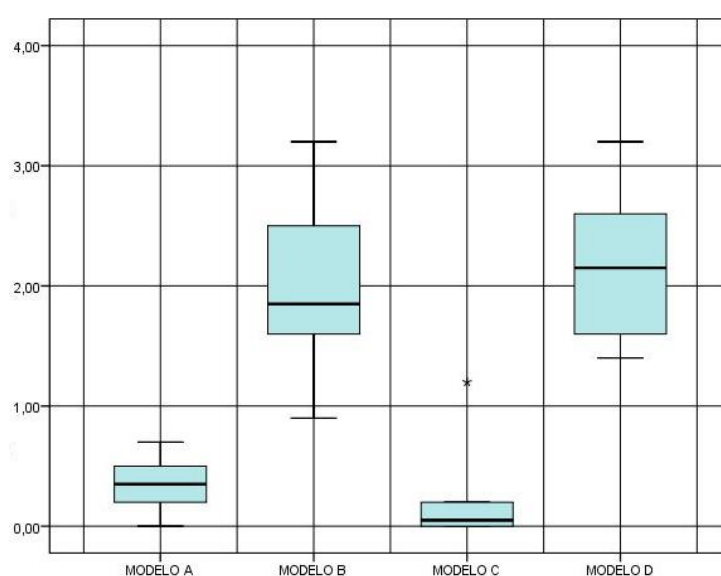
Gráfico 15 – Forças encontradas nas empunhaduras direitas (Eixo X = Modelos de RLMS. Eixo Y = Força em Kgf).



Fonte: autor.

Nas empunhaduras esquerdas foi notada uma redução no valor das cargas para os modelos B (1,6 a 2,0 Kgf) e D (1,6 a 2,6 Kgf) (Gráfico 16). Ainda assim, considera-se que sejam forças de grandes magnitudes, pois também submetem os usuários a exercerem inclinação do tronco para a frente.

Gráfico 16 – Forças encontradas nas empunhaduras esquerdas (Eixo X = Modelos de RLMS. Eixo Y = Força em Kgf).



Fonte: autor.

4.4.2.1 Testes estatísticos – forças encontradas nas empunhaduras

Como os dados de forças (empunhaduras direita e esquerda) não apresentaram distribuição normal, realizou-se o teste estatístico de Kruskal-Wallis (Apêndices 11 e 12).

Ambos os testes, tanto para os dados da empunhadura direita quanto para a esquerda, demonstraram que houve diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os grupos analisados.

Para averiguar quais eram os grupos que apresentavam diferenças, construiu-se variáveis com os valores em forma de *ranking*, considerando todas as forças encontradas nas empunhaduras. Em seguida, aplicaram-se os testes de comparações múltiplas de Tukey e Scheffé.

Nos resultados de todos os testes foi possível identificar diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre as forças encontradas nas empunhaduras direita e esquerda dos grupos: (A e C) $\neq$ (B e D).

4.4.3 Considerações acerca dos dados obtidos pelo dispositivo de mensuração de forças atuantes em sistemas de sustentação de RLMS.

Os resultados obtidos nesse experimento demonstraram que a RLM modelo C dispõe de um sistema de sustentação que oferece ligeira vantagem em relação aos demais modelos. Seu desenho, localizado próximo ao centro gravitacional do equipamento, permitiu a ocorrência de maiores concentrações de cargas no cinto de sustentação, estas sendo transferidas para os ombros e coluna vertebral. Tal disposição faz com que mãos e braços fiquem com mínimas concentrações de forças, ficando livres para a movimentação lateral e proporcionando uma postura ereta.

Já as RLMS modelo B e, especialmente, D dispuseram de sistemas de sustentação pouco eficientes, no sentido de não manterem o equipamento em equilíbrio. Seus suportes de sustentação se localizam fixos às regiões traseiras e distantes de seus centros gravitacionais. Desse modo, esses arranjos inadequados fazem com que hajam maiores concentrações de cargas nas mãos e braços, forçando o usuário a inclinar-se para a frente e, conseqüentemente, resultando numa postura incômoda.

A obtenção de dados consistentes reafirma a eficácia do dispositivo de mensuração. Tais dados também resultaram em parâmetros que nortearam questões para o redesenho de um novo sistema de sustentação mais eficiente ergonomicamente.

4.5 Quinto experimento

Neste tópico são apresentados os resultados do experimento em campo, que buscou inferir sobre o conforto de 5 diferentes tipos de cintos de sustentação, utilizados na atividade real com uma RLM.

4.5.1 Diagrama de desconforto postural

De maneira geral houve poucos apontamentos de dor/desconforto localizados, essencialmente, nos membros superiores, estes elencados como pouco graves.

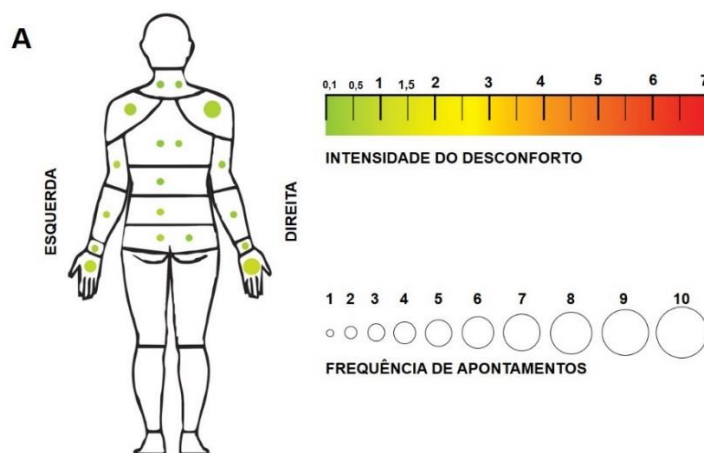
Entretanto, deve-se considerar o curto espaço de tempo de exposição e principalmente as pausas após cada experimentação, estas com duração de aproximadamente 9 minutos (tempo médio para respostas dos diagramas, protocolos e vestimenta do próximo acessório). Sendo assim, considerando que a duração do combustível do equipamento prolonga-se, em média, por aproximadamente 40 minutos, é provável que haja uma relativa potencialização das dores ou desconfortos, caso um usuário em atividade laboral opte por prosseguir com a operação sem a realização de pausas.

4.5.1.1 Cinto modelo A

Os utilizadores do cinto modelo A apontaram queixas que se dispersaram igualmente por todo o tronco e membros, conforme apresentado na Figura 69.

Uma média de 3 sujeitos relataram pequeno desconforto (intensidade 1) nos ombros, direito e esquerdo. Três participantes também indicaram as mãos como fonte de algum desconforto (intensidade 1,5).

Figura 69 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto A). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).



Fonte: autor.

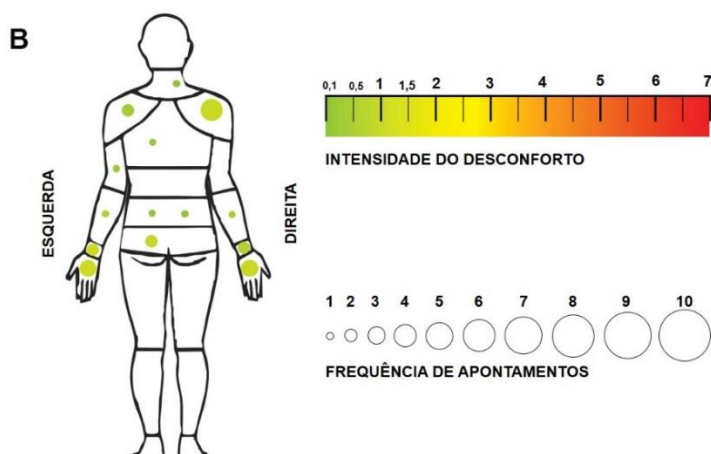
4.5.1.2 Cinto modelo B

No experimento com o cinto modelo B quatro sujeitos registraram queixas de desconforto (intensidade 1,5) na região do ombro direito, circunstâncias de prováveis regulagens inadequadas, podendo gerar mais pressão em apenas um dos ombros.

Igualmente ao modelo A, também foram registradas queixas nas regiões dos punhos e braços. Três apontamentos (intensidade 1,5) para ambas as mãos e 2 apontamentos para os punhos.

Por fim, notou-se 2 registros (intensidade 1) na região lombar esquerda e direita, bem como 2 registros (intensidade 1,5) na região da bacia esquerda. A Figura 70 sintetiza tais informações.

Figura 70 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – Cinto B). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).



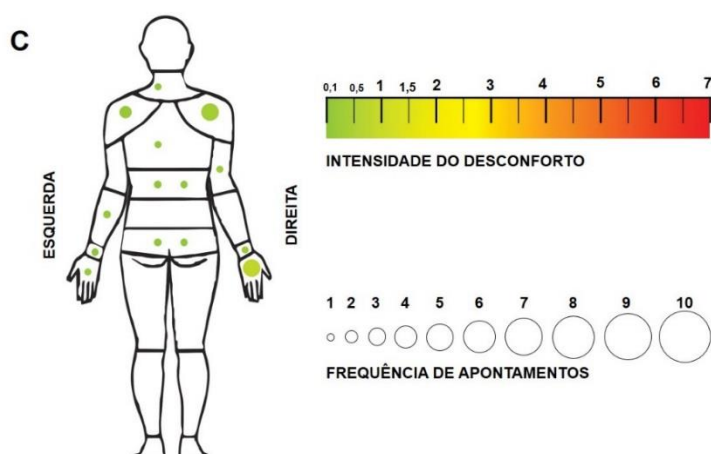
Fonte: autor.

4.5.1.3 Cinto modelo C

Quanto ao experimento com o cinto modelo C, os usuários apontaram queixas de dor/desconforto também nas regiões dos ombros, sendo 2 registros (intensidade 0,5) e 3 registros no ombro direito com mesma intensidade.

Também foram observados 2 registros (intensidade 0,5) na região superior lombar, conforme a Figura 71.

Figura 71 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – Cinto C). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).



Fonte: autor.

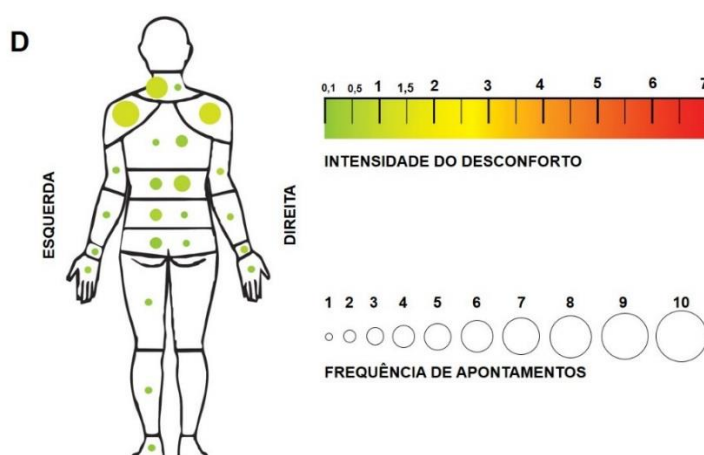
4.5.1.4 Cinto modelo D

O acessório modelo D apresentou-se com o maior número de registros de desconforto concentrados nas regiões dos ombros. Cinco utilizadores apontaram queixas (intensidade 1,5) em regiões do ombro esquerdo e 4 registros (intensidade 1,5) no ombro direito.

Diferentemente dos demais modelos, também foram observados apontamentos (intensidade 1,5) na região cervical.

Um número considerável de registros (intensidade 1) foi evidenciado nas regiões dorsal (superior e inferior), lombar (superior e inferior) e três registros (intensidade 1) foram localizados em toda extensão da perna esquerda, conforme demonstrado na Figura 72.

Figura 72 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto D). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).



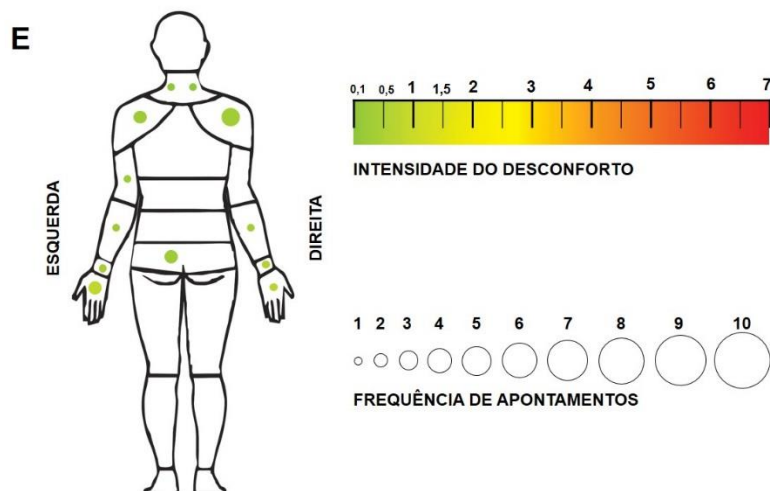
Fonte: autor.

4.5.1.5 Cinto modelo E

O cinto modelo E consistiu no acessório que apresentou menor número de queixas de seus utilizadores. Entretanto, ainda houve três registros (intensidade 0,5) no ombro direito e 2 (intensidade 0,5) no esquerdo, além de 2 registros (intensidade 0,5) na região cervical.

Também se observou 2 registros (intensidade 0,5) na região da bacia esquerda e outros apontamentos dispersos nas extensões das mãos, punhos, braços e antebraços, conforme apresentado na Figura 73.

Figura 73 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto E). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Atividade real (6 minutos).



Fonte: autor.

4.5.1.6 Considerações acerca dos apontamentos de dor/desconforto

Com exceção do cinto D (Figura 72), que se configurou no modelo gerador do maior número de registros de dor/desconforto e o acessório E (Figura 73), que se apresentou com o menor número de registros de queixas, os outros acessórios em análise produziram apontamentos relativamente semelhantes.

Ainda que o acessório D apresente suas alças com largura relativamente adequada (aproximadamente 7 cm), as características do material que compõe esse elemento não proporcionou o devido conforto nas regiões dos ombros e pescoço, onde foram constatados maiores números de registros (intensidade 1,5). Também é importante salientar que as concentrações de apontamentos (intensidade 1 a 1,5) na região lombar do modelo D, se confrontadas com os diagramas dos demais acessórios analisados, levam a deduzir que a ausência de conforto proporcionado pelas alças dos ombros desse modelo acarretou a transferência do desconforto também para regiões inferiores.

De maneira geral, ocorreram apontamentos de dor/desconforto (intensidade 1,5) recorrentes nas regiões das mãos e punhos, principalmente as localizadas no lado direito, onde está situado o gatilho acelerador. Tal conjuntura pode estar vinculada ao aumento da tensão e da força de preensão palmar despendida por cada utilizador, fato esse que pode sofrer variações, pois depende do nível de confiança de cada participante durante o manuseio.

Por fim, o cinto modelo E, apesar de possuir maior peso dentre os demais (1,5 Kgf), caracterizou-se o acessório que trouxe o menor número de registros de dor/desconforto. As formas geométricas de suas alças provavelmente se modelaram, adequadamente, ao corpo da maioria dos participantes. A inobservância de apontamentos na região lombar pode estar atribuída à existência do cinto de quadril, item disponibilizado apenas nesse modelo. Essa ausência de desconforto corrobora com conclusões propostas por Southard e Mirka (2007) e Holewun e Lotens (1992), que relataram sobre a eficiência dos apoios de quadris em operações semelhantes.

4.5.2 Protocolo estruturado sobre conforto subjetivo no pós-uso de cintos de sustentação de RLMS

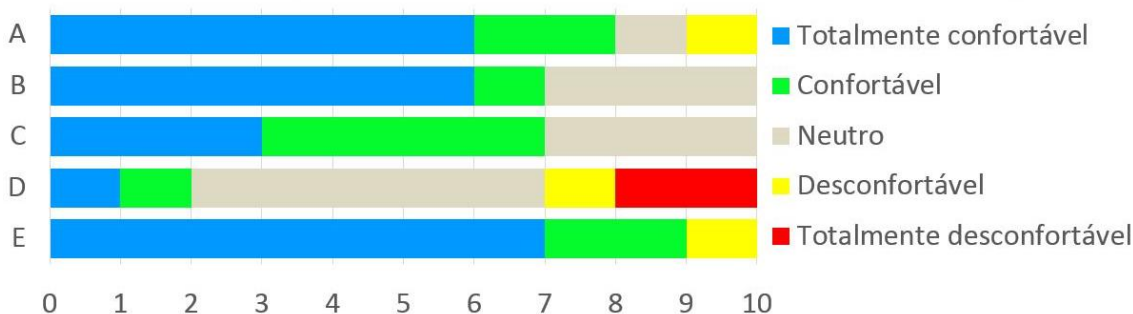
Neste tópico foram apresentados dados sobre as 6 questões relativas ao conforto no pós-uso dos 5 acessórios postos em análise. É válido salientar que tais questões foram criadas com o intuito de obter percepções subjetivas de conforto de cada utilizador, objetivando confrontá-las com os dados apresentados nos diagramas de desconforto e utilizá-las como *feedback* para um possível reprojeto do acessório.

4.5.2.1 Questão: “Sobre o material que constitui as alças que se acomodam nos ombros e em outras partes do corpo.”

Os materiais que constituem os cintos de sustentação de RLMS assumem um papel de suma importância nessa atividade, pois, assim como qualquer vestuário, entram em contato com o corpo do utilizador, pois necessitam dispor-se de propriedades térmicas e absorventes, o que pode, ou não, auxiliar na diminuição da sensação de desconforto durante o uso.

Em suma, foi observada uma pequena diferença entre as respostas dos modelos A, B, C e uma sutil vantagem atribuída ao acessório modelo E. Entretanto, notou-se uma enorme insatisfação nas respostas atribuídas ao modelo D, conforme o Gráfico 17.

Gráfico 17 – Síntese das respostas: "Sobre o material que constitui as alças que se acomodam nos ombros e em outras partes do corpo." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).



Fonte: autor.

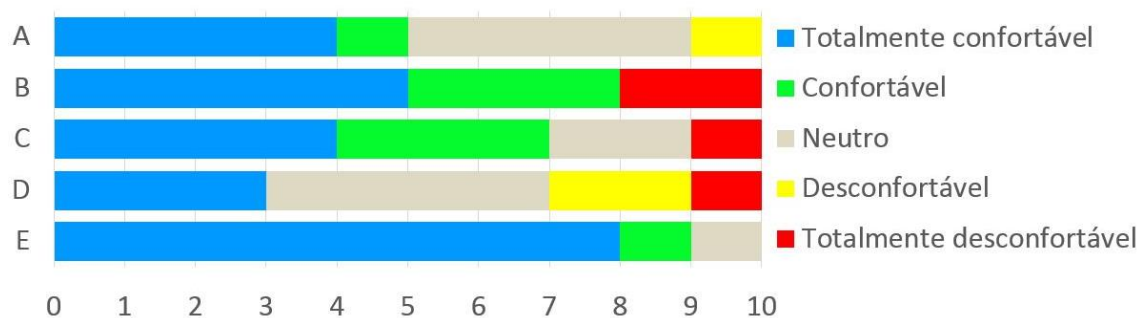
4.5.2.2 Questão: "Sobre o material que constitui o *pad*, localizado entre a perna direita e a haste do equipamento."

Como abordado em capítulos anteriores, o *pad* tem a importante função de absorver o forte atrito e até mesmo possíveis excessos vibratórios gerados pelo equipamento.

Foram encontradas respostas similares entre os modelos A, B, C e D. Os três primeiros dispõem de *pads* fabricados com materiais plásticos rígidos, e o acessório D é constituído de fina camada de espuma.

Ao contrário dos demais modelos, o acessório E apresenta uma abundante camada de espuma de proteção em seu *pad*, fato que pode ter gerado um maior número de respostas satisfatórias, conforme apresentado no Gráfico 18.

Gráfico 18 – Síntese das respostas: "Sobre o material que constitui o *pad*, localizado entre a perna direita e a haste do equipamento." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).



Fonte: autor.

4.5.2.3 Questão: “Sobre os elementos de fixação das alças ao corpo.”

Neste tópico o objetivo principal consistiu em buscar constatar possíveis atritos ou mesmo pressões geradas por materiais mal desenhados.

Novamente não foram notadas diferenças relevantes entre os acessórios A, B e C. Entretanto, foi observado um baixo nível de satisfação dos utilizadores que fizeram uso do cinto modelo D. Esse resultado pode estar diretamente atribuído aos elementos metálicos que unem as alças desse acessório.

Por outro lado, foi observada uma ligeira vantagem nos níveis de respostas satisfatórias em relação ao modelo E, conforme ilustra o Gráfico 19.

Gráfico 19 – Síntese das respostas: “Sobre os elementos de fixação das alças ao corpo.” (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).



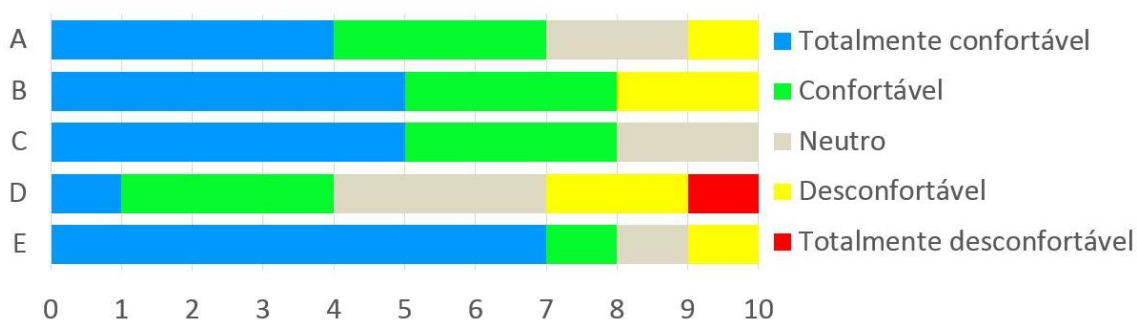
Fonte: autor.

4.5.2.4 Questão: “Sua avaliação geral sobre o produto.”

Nessa questão o objetivo consistiu em extrair dos utilizadores uma síntese geral sobre a percepção de conforto subjetivo de cada produto.

Mais uma vez, foi notado um relevante grau de insatisfação dos usuários em relação ao cinto modelo D, se comparado aos demais acessórios, conforme apresentado no Gráfico 20.

Gráfico 20 – Síntese das respostas: "Sua avaliação geral sobre o produto." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).



Fonte: autor.

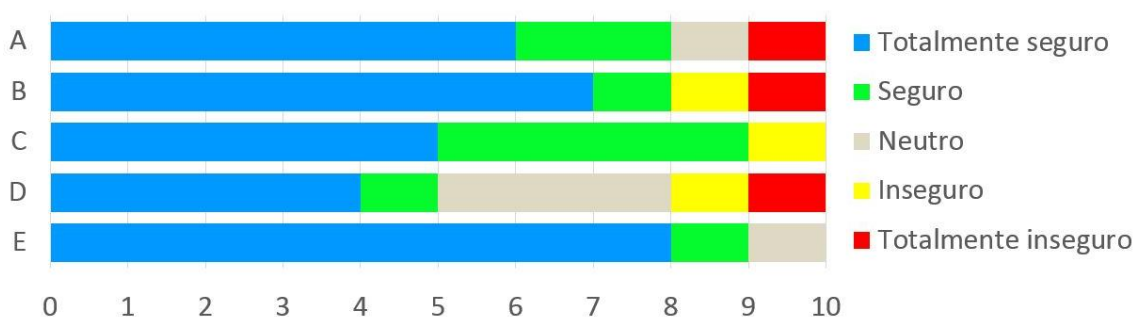
De maneira geral foi observado que as respostas dos questionários entraram em consonância com os resultados apresentados nos diagramas supracitados, pois apontaram maior número de concordância com os itens de conforto atribuídos ao acessório modelo E.

4.5.2.5 Questão: "Você se sentiu seguro ao usar este cinto?"

Outra questão indagava os sujeitos a apontarem um posicionamento a respeito do fator "segurança", qualidade fortemente relacionada ao conforto.

Mais uma vez, o modelo E obteve o maior número de respostas em concordância com o atributo em questão, seguido dos modelos B e A. Em contrapartida, o modelo D novamente obteve o maior número de discordância com a afirmação exposta, conforme apresentado no Gráfico 21.

Gráfico 21 – Síntese das respostas: "Você se sentiu seguro ao usar este cinto?" (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos).



Fonte: autor.

4.5.2.6 Questão: “Caso deseje, deixe alguma observação”

A última questão caracterizava-se com resposta aberta e opcional e teve como propósito investigar impressões peculiares atribuídas por cada sujeito.

As observações positivas mais relevantes imputadas ao modelo E foram:

- Estofamento em abundância nas alças, *pad* e cinto de quadril.
- Estabilização proporcionada pelo cinto de quadril.
- Estabilização proporcionada pela estrutura plástica costal.
- Maior área de contato, aumentando a possibilidade de distribuição das pressões.

pressões.

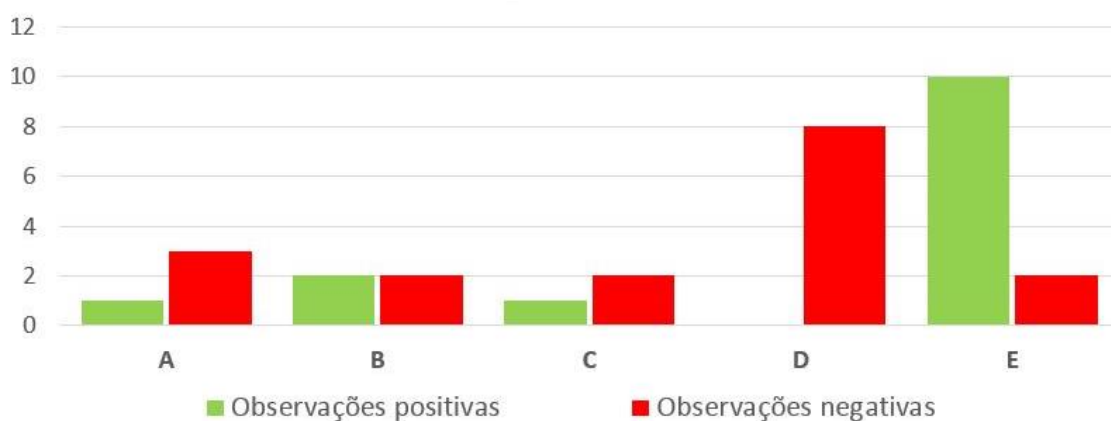
Ja as impressões negativas mais importantes conferidas ao cinto modelo D foram:

- Incômodo proporcionado pelos anéis metálicos que ligam as alças.
- Baixa maciez no acolchoamento das alças.
- O peso do equipamento se distribuiu de maneira não uniforme entre os ombros.

ombros.

A síntese das observações pode ser visualizada no Gráfico 22.

Gráfico 22 – Síntese das observações positivas e negativas quanto ao conforto na experiência no uso de cintos de sustentação de RLMS (Eixo X = modelos. Eixo Y = nº de observações).



Fonte: autor.

4.5.3 Considerações acerca dos resultados do protocolo estruturado sobre percepção de conforto

Tomando como referência o acessório E, foi possível consumir uma relação direta com o baixo número de apontamentos de desconforto indicados no diagrama e um alto nível de concordância com os atributos de conforto apontados no protocolo estruturado. De maneira antagônica, pode-se averiguar o mesmo desfecho para o acessório modelo D.

As percepções subjetivas de conforto atribuídas ao uso dessa classe de acessórios caracterizam-se primordiais para o reprojeto ergonômico do produto; entretanto, um grande número de variáveis pode influir na percepção de cada indivíduo durante o uso. Sendo assim, essas informações devem ser utilizadas sempre em conjunto com dados físicos mais concretos, como, por exemplo: gênero, idade, dimensões antropométricas, níveis de atividade muscular, temperatura, umidade etc.

4.6 Resultados do processo de design ergonômico com foco no redesenho dos sistemas de sustentação de uma RLM: resultados e discussão

Neste capítulo são apresentados os resultados do projeto e execução de um novo sistema de sustentação de uma RLM, tendo como foco o conforto e a usabilidade.

4.6.1 Identificação das falhas

Com base nos resultados extraídos de experimentos anteriores, foi possível delinear as demandas mais recorrentes, que podem influenciar diretamente no modo operatório do utilizador, caso este realize a tarefa de montagem de maneira equivocada.

Torna-se pertinente ressaltar que o projeto em questão buscou alcançar o objetivo de aprimorar a interface de sustentação de uma RLM, almejando atingir um sistema mais inteligível em relação aos demais apresentados. Ademais, a pesquisa buscou, também, aperfeiçoar o design do cinto de sustentação, na busca de satisfazer e aperfeiçoar demandas dos usuários sobre respostas relativas a conceitos objetivos e subjetivos de conforto, através da aplicação de um desenho mais anatômico e materiais apropriados. Em vista

disso, o reprojeto em estudo não teve como pretensão a eliminação de informações auxiliares como: manuais de instruções, SACs e pontos autorizados de assistência técnica, ainda fundamentais para o uso seguro do equipamento.

A Tabela 8 apresenta a síntese dos problemas relacionados ao conforto e usabilidade dos sistemas de sustentação das RLMs analisadas, bem como suas respectivas consequências.

Tabela 8 – Principais falhas de design encontradas nos sistemas de sustentação das RLMs e seus possíveis prejuízos.

FALHAS ENCONTRADAS NOS SISTEMAS ANALISADOS	
SUPORTES DE SUSTENTAÇÃO - FALHAS DE PROJETO QUANTO A USABILIDADE DO SISTEMA	
PROBLEMAS	POSSÍVEIS PREJUÍZOS
Alguns suportes se apresentam em posição fixa, o que impede a execução do balanceamento.	Postura inadequada, com inclinação do tronco para frente.
Quando permite-se a realização do balanceamento apresenta-se, de maneira geral, confuso e complexo.	Possibilidade de execução do trabalho com postura inadequada.
Tentativa de realização do balanceamento com o equipamento empunhado ao corpo.	Potencial risco de queda do equipamento.
SUPORTES DAS EMPUNHADURAS - FALHAS DE PROJETO QUANTO A USABILIDADE DO SISTEMA	
PROBLEMAS	POSSÍVEIS PREJUÍZOS
Montagem inadequada do suporte das empunhaduras (invertida, de cabeça para baixo, peças em local incorreto, etc).	Risco de desprendimento dos componentes com a máquina em pleno funcionamento.
Montagem das empunhaduras em angulação excessivamente para frente.	Extensão excessiva dos braços e antebraços, ocasionando em postura inadequada.
Montagem das empunhaduras em angulação excessivamente para trás.	Pega inadequada, podendo resultar em má postura.
Montagem das empunhaduras invertida (acelerador no lado esquerdo)	Tensão e/ou rompimento do cabo do acelerador.
Centralização das empunhaduras em relação ao eixo principal do equipamento.	Movimentação não natural do braço direito.
CINTOS DE SUSTENTAÇÃO - FALHAS DE PROJETO QUANTO A USABILIDADE DO SISTEMA	
PROBLEMAS	POSSÍVEIS PREJUÍZOS
Confusão sobre como vestir o cinto.	Possibilidade de vestimenta inadequada, consequentemente má distribuição da carga ao corpo.
Dificuldades em realizar as devidas regulagens do cinto.	Possibilidade de má distribuição da carga ao corpo.
<i>Pad</i> de proteção da perna fora de posição	Ocorrência de problemas vibratórios ou escoriações na região solicitada.
CINTOS DE SUSTENTAÇÃO - FALHAS DE PROJETO QUANTO AO EMPREGO DE MATERIAIS ADEQUADOS	
PROBLEMAS	POSSÍVEIS PREJUÍZOS
Grande parte dos cintos analisados apresentaram-se pouco confortáveis.	Possibilidade de hematomas e/ou escoriações.

Fonte: autor.

4.6.2 Briefing do projeto

Partindo das observações das atividades de montagem dos sistemas e demandas apresentados na Tabela 8 e Tabela 7 (vide item 4.3.3), fez-se necessária a proposição de algumas metas para o projeto, a seguir:

- Suporte das empunhaduras – este elemento deveria proporcionar a execução do procedimento de balanceamento sem que fosse necessária a utilização de qualquer tipo de chave ou qualquer ferramenta auxiliar. O componente também deveria permitir que o usuário conseguisse realizar tal procedimento da maneira mais intuitiva possível e sem a necessidade de retirar a RLM do cinto de sustentação.
- Suporte das empunhaduras – seu mecanismo de aperto das empunhaduras deveria ser o mais inteligível possível, podendo ser montado e desmontado sem a utilização de chaves ou quaisquer ferramentas auxiliares. O sistema também deveria apresentar adjetivos que evitassem o ajuste inadequado das empunhaduras, como, por exemplo, o posicionamento invertido da empunhadura de aceleração e/ou angulação inadequada desta.
- Cinto de sustentação – este acessório deveria oferecer uma interface que proporcionasse a fácil assimilação, a fim de evitar a vestimenta inadequada. O vestuário também deveria ser provido dos materiais mais confortáveis possíveis, principalmente nas regiões mais solicitadas. Por fim, seu *pad* de proteção da perna direita não poderia, em hipótese alguma, movimentar-se, de modo a deixar o membro exposto ao contato com a haste da RLM.

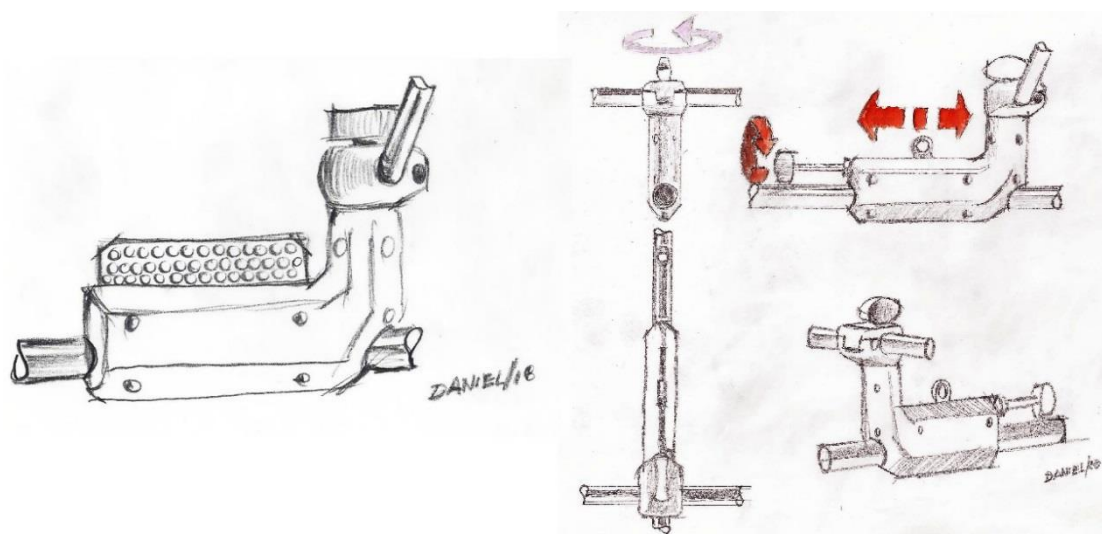
4.6.3 Desenvolvimento do suporte de sustentação/empunhaduras

4.6.3.1 Conceituação

O desenvolvimento do suporte de sustentação/empunhaduras partiu da consideração de pontos positivos observados pelo pesquisador nos experimentos de montagem dos sistemas. Dessa forma, o novo desenho apresentaria uma reunião de elementos positivos apresentados por cada modelo.

O novo desenho deveria apresentar, geometricamente, a mesma forma do sistema de sustentação C, visto que esse foi o modelo mais eficiente. Entretanto, seus elementos de ajustagem e aperto se apresentariam em forma de manípulos, podendo, assim, serem ajustados e apertados apenas com as mãos, sem o auxílio de ferramentas. A Figura 74 apresenta algumas *sketches* do novo conceito.

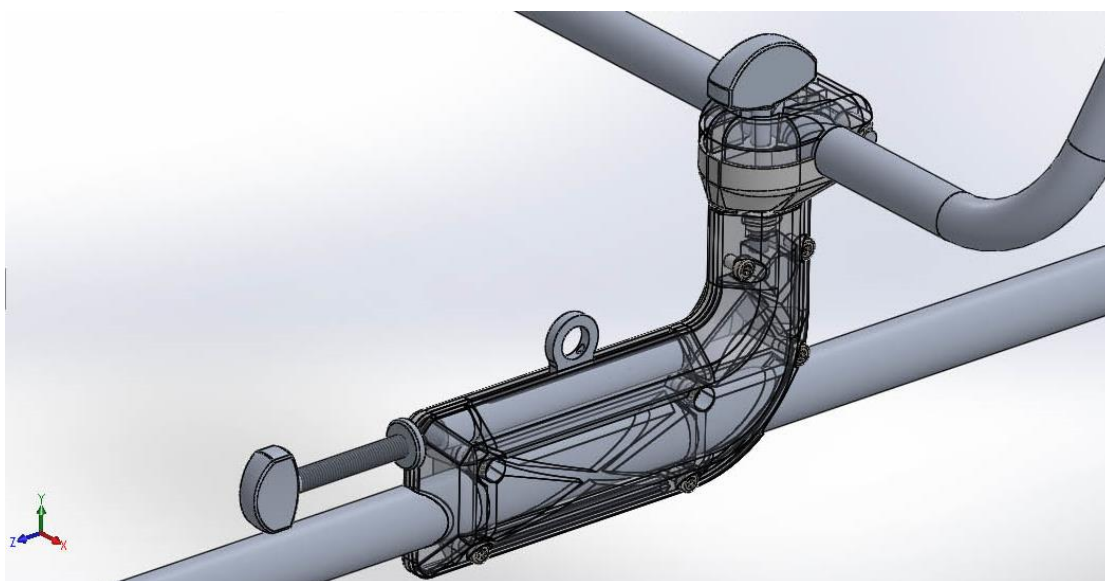
Figura 74 – *Sketches* de algumas propostas para o novo suporte de sustentação.



Fonte: autor.

Uma alternativa de solução para a problemática da ajustagem para balanceamento foi proposta com a inserção de um manípulo rosqueado internamente ao corpo do suporte. Seus movimentos circulares poderiam transferir linearmente os movimentos para um anel preso ao gancho do cinto. Dessa forma, um simples ajuste fino manual poderia alterar o equilíbrio do equipamento, podendo, assim, elevar ou rebaixar o sistema de corte. A Figura 75 apresenta a representação gráfica 3D do novo sistema.

Figura 75 – Imagem 3D do novo design de suporte.

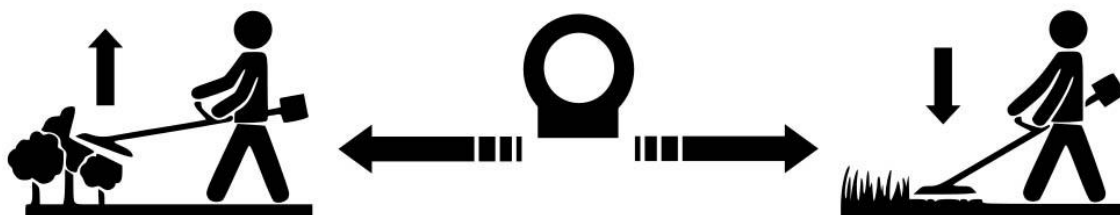


Fonte: autor.

Elementos gráficos em forma de ícones foram idealizados de modo a sugerir a funcionalidade do sistema ao usuário.

O projeto iconográfico do suporte das empunhaduras buscou sugerir sobre duas maneiras distintas de realização da roçagem (Figura 76). O ícone à esquerda representaria o corte de vegetação espessa, utilizando-se de lâminas em metal. A representação da direita indicaria o corte de vegetação rasteira, com a utilização de fios de *nylon*.

Figura 76 – Projeto iconográfico do novo sistema de ajuste para balanceamento



Fonte: autor.

Para as empunhaduras e seus suportes foi proposta a inserção de setas indicativas, de modo a sugerir basicamente 3 estágios de angulação (Figura 77), com o objetivo de se evitar possíveis inclinações inadequadas.

Figura 77 – Projeto iconográfico do novo sistema de ajuste das empunhaduras.



Fonte: autor.

4.6.3.2 Processos de fabricação do protótipo

Para que um protótipo do suporte de sustentação pudesse ser executado, sucederam-se as seguintes etapas:

- Impressão 3D.
- Lixamento e tratamento das superfícies.
- Moldagem e fundição.
- Rebarbação das superfícies.
- Execução de desenhos técnicos.
- Usinagem (fresamento e torneamento).
- Soldagem (elementos pertencentes ao manípulo).
- Pintura eletrostática (peças em alumínio fundido).
- Anodização dura (peças em alumínio trefilado), conforme pode ser visualizado na figura 78.

Figura 78 – Alguns processos de fabricação envolvidos no desenvolvimento do novo suporte de sustentação.



Fonte: autor.

A Figura 79 apresenta o protótipo do novo suporte de sustentação, denominado modelo F.

Figura 79 – Protótipo do novo suporte de sustentação (modelo F).



Fonte: autor.

4.6.4 Desenvolvimento do cinto de sustentação

4.6.4.1 Conceituação

O novo conceito de cinto de sustentação foi fundamentado com base nas dimensões antropométricas colhidas a partir da amostra dos 50 potenciais usuários (vide item 3.2.3.3.4), utilizando-se como base um manequim masculino nº 42. Entretanto, também foram consideradas as proporções corporais de diferentes etnias, bem como os movimentos característicos na atividade com RLMS.

O novo design de cinto deveria apresentar, além das características elementares exigidas em um vestuário, elementos mais intuitivos e de fácil fixação e ajuste. Novamente, pontos positivos visualizados em experimentos anteriores foram considerados, como, por exemplo, a utilização de fechos com desenhos tradicionais, bem como sistemas de engate mais práticos, como o mosquetão, sistema frequentemente utilizado nas tarefas do dia a dia.

Além da inserção de um cinto de quadril, tal qual apresentado no cinto modelo E, o novo acessório apresentaria um novo conceito de *pad* de proteção,

desenhado para envolver a perna do usuário através de um fechamento, também em *velcro*®.

Suas alças, além do *pad*, apresentariam inscrições textuais bordadas com indicações sobre lateralidade de cada elemento. Além disso, cada um dos elementos seria composto por fechos em cores distintas entre si.

A inserção de uma estrutura costal rígida poderia transmitir maior percepção de segurança aos utilizadores.

Todos os elementos internos, em contato com o corpo, deveriam ser cuidadosamente revestidos com material provido de características térmicas e absorventes, na busca de se evitar problemas como o atrito e a temperatura excessiva. A Tabela 9 apresenta a síntese dos dados antropométricos colhidos em 50 utilizadores em potencial.

Tabela 9 – Dados antropométricos coletados conforme apêndice 2. Amostra de 50 potenciais usuários de RLMS.

Nº	DADOS	MÉDIA	D.P.	MÁX.	MÍN.
0	Idade (anos)	24,2	6,9	44,0	18,0
1	Peso (Kg)	75,2	15,3	117,0	46,0
2	Estatuta (cm)	176,1	6,6	190,0	158,0
3	Altura ocular (cm)	165,2	6,4	180,0	149,5
4	Altura acromial (cm)	148,3	5,8	161,0	134,0
5	Altura da axila (cm)	141,0	5,7	157,0	129,0
6	Altura do cotovelo (cm)	111,7	4,7	121,0	98,0
7	Biacromial (cm)	32,3	1,7	36,0	29,0
8A	Diâmetro torácico (cm)	31,8	2,8	39,5	27,5
9A	Diâmetro abdominal (cm)	30,4	3,9	39,5	24,5
10A	Bitroncatério (cm)	35,5	3,1	42,0	30,0
11	Acrômio extremo-mão (cm)	78,7	3,6	87,0	69,0
12	Cotovelo-mão (cm)	48,2	2,7	54,5	40,0
13	Cotovelo-punho (cm)	29,3	1,6	34,0	26,0
14	Envergadura (cm)	179,0	8,2	198,5	159,0
8B	Perímetro torácico (cm)	92,3	9,4	122,0	78,0
9B	Perímetro abdominal (cm)	86,3	12,4	127,0	68,0
10B	Perímetro do quadril (cm)	100,8	9,1	129,0	89,0

Fonte: autor.

A Figura 80 apresenta algumas *sketches* do novo conceito de cinto:

Figura 80 – Sketches da nova proposta de cinto de sustentação.



Fonte: autor.

4.6.4.2 Processos de fabricação do protótipo

Para que um protótipo do novo cinto de sustentação pudesse ser confeccionado, foram realizadas as seguintes etapas:

1. Modelagem tridimensional (*moulage*).
2. Modelagem vetorizada em *software* Auto-CAD 2017 Versão Estudantil (estruturas plásticas costal e frontal).
3. Corte manual das peças.
4. Corte a jato d'água (estruturas plásticas costal e frontal).
5. Furação (estruturas plásticas costal e frontal).
6. Costura mecanizada.
7. Costura manual (estruturas plásticas costal e frontal).
8. Bordado dos textos em máquina CNC (alças e *pad* de proteção).
9. Fechos plásticos (tipo mochila escolar), mosquetão em alumínio e fivela metálica do cinto de quadril (adquiridos em lojas de aviamentos).

A Figura 81 apresenta algumas das etapas do processo de modelagem do novo cinto.

Figura 81 – Algumas etapas do processo de modelagem do cinto de sustentação.



Fonte: autor.

A Figura 82 apresenta algumas etapas do processo de confecção no novo acessório.

Figura 82 – Algumas etapas do processo de confecção do novo cinto de sustentação.



Fonte: autor.

A Figura 83 apresenta o protótipo do novo cinto de sustentação, denominado cinto F.

Figura 83 – Protótipo do novo cinto de sustentção (modelo F).



Fonte: autor.

A Tabela 10 apresenta a síntese dos materiais utilizados no protótipo do novo modelo de cinto.

Tabela 10 – Síntese dos materiais e dimensões empregados no novo desenho de cinto de sustentação (modelo F).

CINTO DE SUSTENTAÇÃO - F (NOVO DESENHO)			
OMBROS		PERNA DIREITA	
Estofamento das alças	Manta - ETHAFOAM ²	<i>Pad</i> de proteção	HDPE ⁸
Espessura do estofamento das alças (milímetros)	10	Estofamento <i>Pad</i> (contato com a perna)	Manta - ETHAFOAM ² 12mm
Revestimento das alças	Tecido - Lona Poliester 550g	ELEMENTOS DE LIGAÇÃO	
Largura das alças (milímetros)	80	Elementos de ligação (Região Costal)	HDPE ⁸ com acolchoamento em Manta ETHAFOAM ² 12mm e revestido com Tecido - Lona Poliester 550g
ABDOMEN ESQUERDO		Elementos de ligação (Região Frontal)	HDPE ⁸ com acolchoamento em Manta ETHAFOAM ² 12mm e revestido com Tecido - Lona Poliester 550g
		ACESSÓRIOS DE FIXAÇÃO	
		Presilhas	HDPE ⁸
		Reguladores	HDPE ⁸
Estofamento das alças	Manta - ETHAFOAM ²	Larguras das Fitas de ligação (milímetros)	pp ⁶ - 30
Espessura do estofamento das alças (milímetros)	10	LEGENDA: 2- Espuma flexível de polietileno de baixa densidade, 6- Fita Polipropileno, 8- Polietileno de Alta Densidade.	
Revestimento das alças (milímetros)	Tecido - Lona Poliester 550g		
Largura das alças (milímetros)	80		
QUADRIL			
Estofamento do cinto	Manta - ETHAFOAM ²		
Espessura do estofamento (milímetros)	12		
Revestimento do cinto	Tecido - Lona Poliester 550g		
Largura do cinto (milímetros)	130		

Fonte: autor.

4.6.5 Teste de eficácia do novo sistema de sustentação

Com o objetivo de se verificar a funcionalidade do novo sistema, fez-se necessário realizar alguns testes numa atividade real de trabalho.

Participou desse experimento um sujeito, que apresentou todos os critérios de inclusão necessários para essa atividade (vide capítulo 3.2.3.3.2), leu e concordou com o TCLE e realizou a atividade de roçagem com o novo sistema.

A Figura 84 apresenta o indivíduo realizando a vestimenta do cinto e ajuste para balanceamento da RLM.

Figura 84 – Indivíduo realizando vestimenta do cinto e ajustes para balanceamento.



Fonte: autor.

A Figura 85 apresenta o indivíduo testando a funcionalidade do sistema com a RLM em operação.

Figura 85 – Teste de funcionalidade.



Fonte: autor.

Após o teste piloto, foi constatada a eficácia do novo sistema.

4.7 Sexto experimento

Neste capítulo são apresentados os resultados do experimento em campo, que buscou, novamente, inferir sobre o conforto dos 5 diferentes tipos de cintos de sustentação, incluindo o cinto projetado com base em parâmetros ergonômicos, conceituado no item 4.6.4.

4.7.1 Diagrama de desconforto postural com inclusão do cinto reprojeto

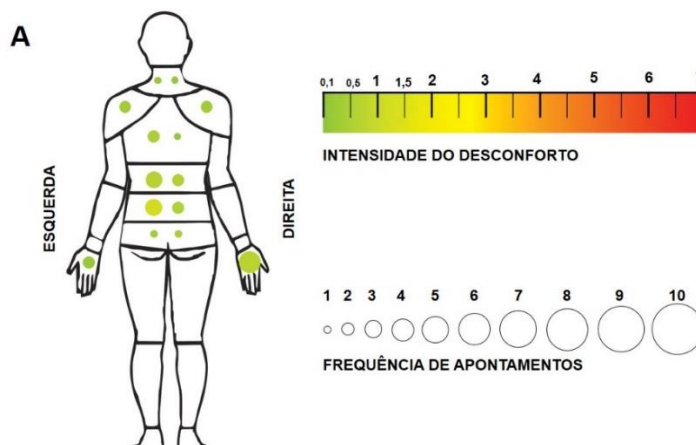
Igualmente aos resultados apresentados no tópico 4.5.1, foram observadas pequenas frequências de apontamentos de dor/desconforto detectados principalmente nos membros superiores, também elencados como pouco graves.

Mais uma vez, deve-se considerar o curto espaço de tempo de exposição e principalmente as pausas após cada experimentação. Sendo assim, é provável que haja um relativo aumento das dores ou desconfortos caso um usuário opte por persistir com a operação sem a realização de pausas.

4.7.1.1 Cinto modelo A

Nesta experimentação o grupo de utilizadores do cinto modelo A atribuíram queixas de dor/desconforto em regiões semelhantes aos resultados expostos no item 4.5.1.1 Cinto modelo A. Entretanto foi observado um relativo aumento no número de sujeitos que assinalaram queixas nas regiões lombar superior, inferior e mão direita, conforme a Figura 86.

Figura 86 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto A). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Inclusão do novo modelo (F).



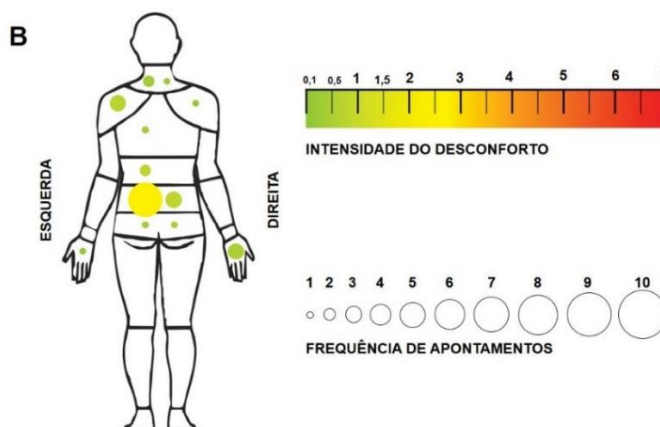
Fonte: autor.

4.7.1.2 Cinto modelo B

Ao realizar uma comparação com os resultados obtidos no tópico 4.5.1.2 (cinto modelo B), os sujeitos que experimentaram o cinto B, nessa investigação, concentraram maior número de queixas, e com maior intensidade, nas regiões lombar direita e esquerda. Em contrapartida houve, de modo geral, diminuição dos apontamentos nas regiões das mãos e braços.

Notou-se, também, um relativo aumento dos apontamentos da percepção de dor/desconforto na região esquerda dos ombros, ao contrário dos resultados da primeira experimentação, conforme demonstra a Figura 87. Tal situação pode indicar a existência de má distribuição das alças entre os membros.

Figura 87 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto B). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Inclusão do novo modelo (F).

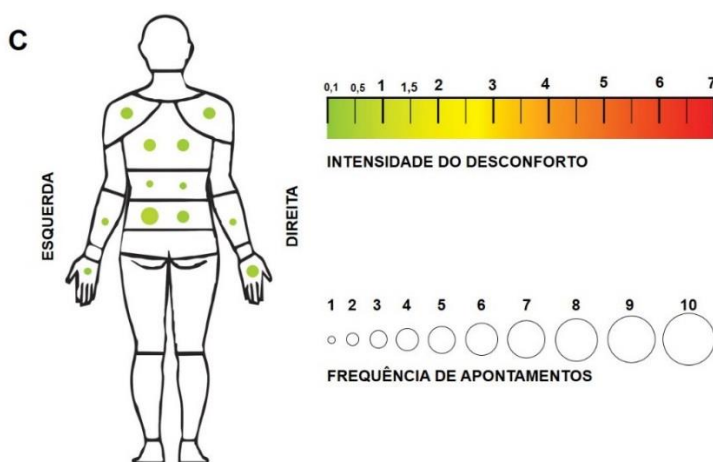


Fonte: autor.

4.7.1.3 Cinto modelo C

Para o experimento com o cinto modelo C foi possível inferir que houve pequenas alterações no número de apontamentos de percepção de dor/desconforto, se comparado ao experimento exposto no item 4.5.1.3 (cinto modelo C). Em síntese, foi observado um tênue aumento do número de queixas na região lombar inferior e dorsal. A Figura 88 demonstra as informações.

Figura 88 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto C). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Inclusão do novo modelo (F).



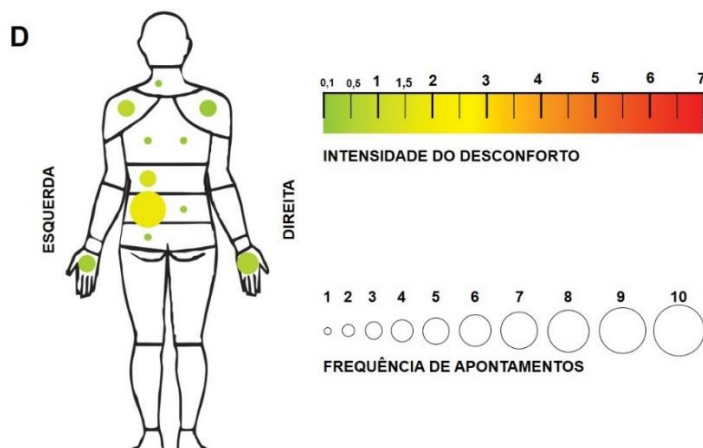
Fonte: autor.

4.7.1.4 Cinto modelo D

Para o cinto modelo D, avaliado neste experimento, foi registrado um aumento no número de queixas de dor/desconforto nas mãos e região lombar esquerda, se comparados aos resultados encontrados no tópico 4.5.1.4 (cinto modelo D).

O contrário pode ser notado na região dos ombros, onde houve uma tênue redução no número de apontamentos, conforme pode ser observado na Figura 89.

Figura 89 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C – cinto D). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto. Inclusão do novo modelo (F).



Fonte: autor.

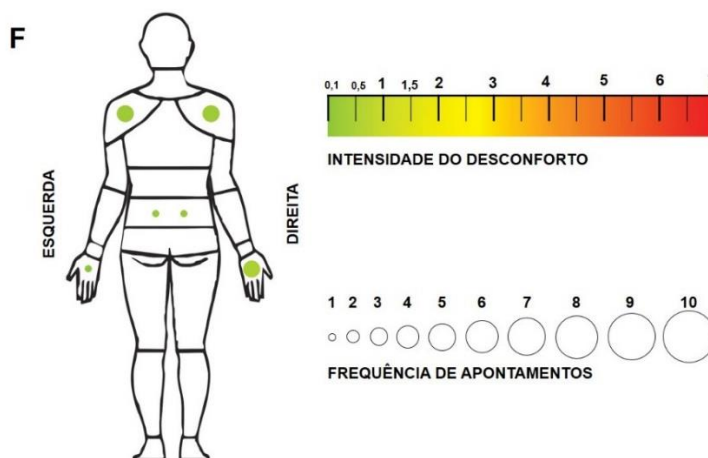
4.7.1.5 Cinto modelo F

De acordo com os apontamentos desse grupo de utilizadores, o cinto modelo F se configurou no acessório que apresentou menor número de queixas.

Ainda assim, foram registrados 3 apontamentos (intensidade 1) nos ombros e mão direita.

Por fim, foram evidenciados: 1 apontamento (intensidade 1) na região lombar esquerda e direita, bem como 1 registro na mão esquerda, conforme apresentado na Figura 90.

Figura 90 – Diagrama de Desconforto. Utilizadores (RLM modelo C - cinto F). Média de intensidade e frequência de percepção de desconforto.



Fonte: autor.

4.7.1.6 Considerações acerca dos apontamentos de dor/desconforto: experimento com o cinto reprojeto modelo (F)

Neste experimento foi possível observar uma relativa semelhança na frequência e intensidade dos apontamentos de dor/desconforto entre os cintos A e C, onde pôde ser constatada certa regularidade e simetria nos apontamentos que abrangeram toda a região costal. Tal constatação provavelmente pode estar atribuída ao ajuste correto das alças, procedimento que auxilia na justa distribuição da carga entre os ombros do usuário.

Em contrapartida, foi observada, nos cintos modelo B e D, uma distribuição assimétrica na frequência e na intensidade dos apontamentos, mais especificamente na região lombar esquerda. Essa constatação pode estar diretamente relacionada com a má distribuição da carga entre os músculos dos ombros, pois, ainda que não haja evidências diretas de desconforto na região trapezoidal, as cargas, mal distribuídas, podem sobrecarregar a musculatura lombar de maneira desigual.

Finalmente, o acessório redesenhado modelo (F) apresentou-se o modelo que trouxe menor número de registros de percepção de desconforto, se comparado aos demais. Suas superfícies de contato, providas de alças acolchoadas e relativamente mais largas que os demais acessórios, propuseram uma melhor distribuição das pressões nas regiões solicitadas.

Assim como o cinto modelo E, o acessório modelo F caracterizou-se o modelo mais pesado dentre os demais analisados (0,996 Kgf). Entretanto, foi também o que obteve menores queixas de percepção de dor/desconforto na região lombar, fato que provavelmente está vinculado à existência do cinto de quadril.

4.7.2 Protocolo estruturado sobre conforto subjetivo no pós-uso de cintos de sustentação de RLMS: experimento com cinto redesenhado modelo F

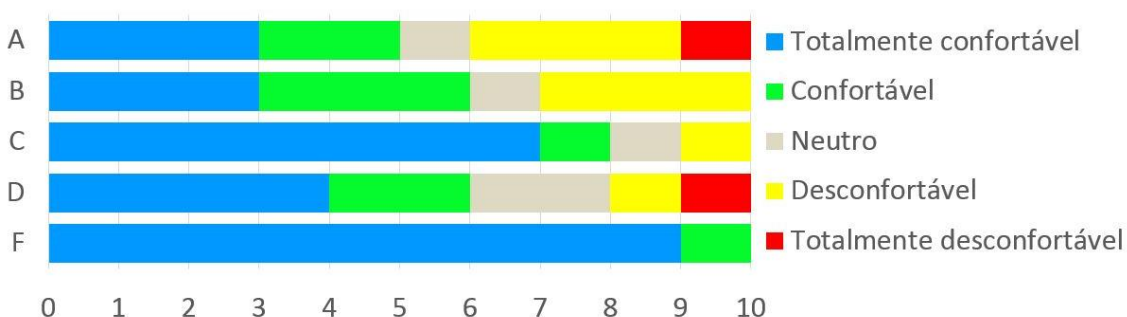
Neste tópico foram apresentados dados sobre às 6 questões relativas ao conforto no pós-uso dos 5 acessórios postos em análise, incluindo o cinto redesenhado modelo F.

4.7.2.1 Questão: “Sobre o material que constitui as alças que se acomodam nos ombros e em outras partes do corpo.”

Após comparar as respostas extraídas no primeiro experimento (item 4.5.2.1), notou-se uma maior criticidade por parte dos sujeitos que participaram desse experimento e que, de maneira geral, atribuíram consideráveis notas sobre desconforto aos cintos modelo A, B e D.

Por outro lado, o acessório modelo F foi o que recebeu o maior nível de concordância com as alternativas relacionadas ao conforto, seguidas pelo cinto modelo C. O Gráfico 23 ilustra as informações.

Gráfico 23 - Síntese das respostas: "Sobre o material que constitui as alças que se acomodam nos ombros e em outras partes do corpo." (Eixo X = n° de usuários. Eixo Y = Modelos) (Experimento com cinto modelo F).



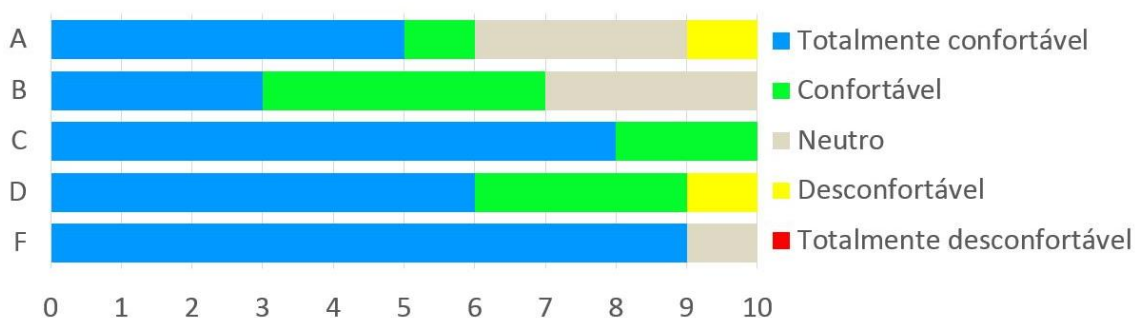
Fonte: autor.

4.7.2.2 Questão: “Sobre o material que constitui o *pad*, localizado entre a perna direita e a haste do equipamento.”

Nesta questão foram encontradas respostas similares entre os modelos A, B e D. Novamente, foram atribuídos maiores níveis de concordância com a percepção de conforto desse componente para o acessório modelo F, seguido do cinto modelo C.

De maneira geral, notaram-se menores níveis de criticidade nas respostas, se comparado ao primeiro experimento. O Gráfico 24 expõe tais informações.

Gráfico 24 – Síntese das respostas: "Sobre o material que constitui o *pad*, localizado entre a perna direita e a haste do equipamento." (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos)
(Experimento com cinto modelo F).



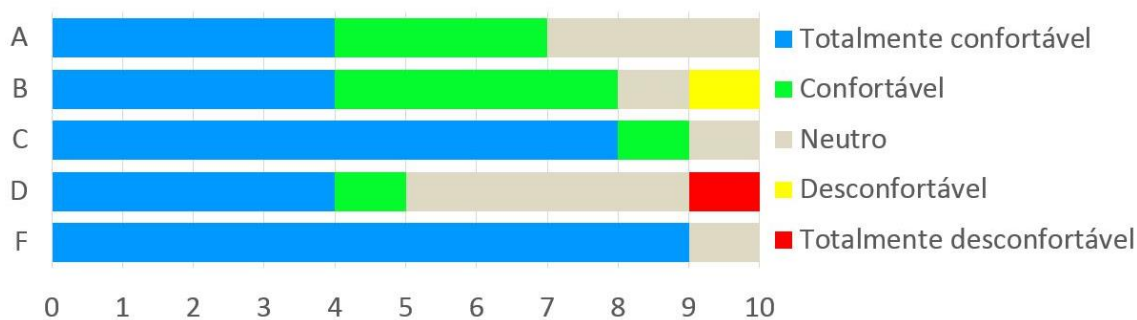
Fonte: autor.

4.7.2.3 Questão: “Sobre os elementos de fixação das alças ao corpo.”

Igualmente ao experimento anterior (tópico 4.5.2.3) não foram observadas diferenças relevantes entre os acessórios A, B e C. Todavia, foi averiguado um baixo nível de satisfação dos utilizadores que fizeram uso do cinto modelo D, circunstância que pode estar diretamente vinculada aos elementos metálicos que unem as alças desse acessório.

Em contrapartida, foi observada plena vantagem nos níveis de respostas satisfatórias atribuídas ao modelo F, seguido pelo acessório modelo C, conforme apresentado no Gráfico 25.

Gráfico 25 – Síntese das respostas: "Sobre os elementos de fixação das alças ao corpo." (Eixo X = n° de usuários. Eixo Y = Modelos) (Experimento com cinto modelo F).

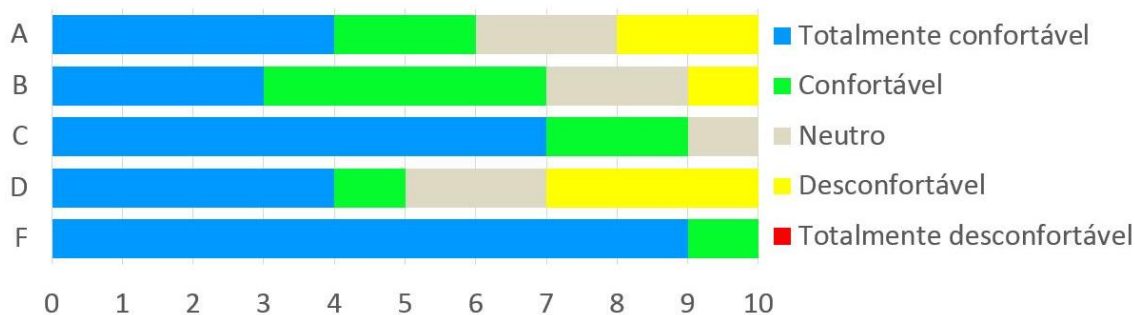


Fonte: autor.

4.7.2.4 Questão: “Sua avaliação geral sobre o produto.”

Igualmente às conclusões apresentadas no item 4.5.2.4, foi atribuído um importante grau de insatisfação dos usuários do cinto modelo D, ao contrário do acessório modelo F e C, que apresentaram maiores níveis de apontamentos positivos. O Gráfico 26 apresenta esses dados.

Gráfico 26 – Síntese das respostas: "Sua avaliação geral sobre o produto." (Eixo X = n° de usuários. Eixo Y = Modelos) (Experimento com cinto modelo F).



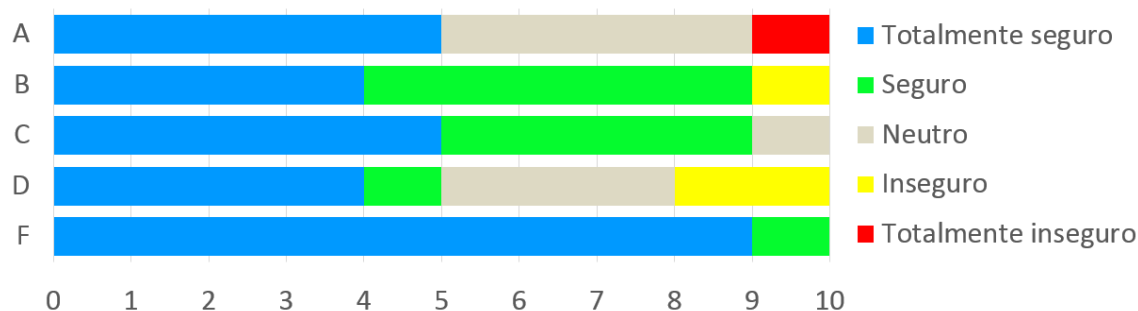
Fonte: autor.

4.7.2.5 Questão: “Você se sentiu seguro ao usar este cinto?”

Quanto ao fator “segurança”, notou-se forte semelhança entre as respostas fornecidas no item 4.5.2.5, onde, novamente, o acessório modelo D alcançou o maior número de respostas discordantes da afirmativa.

Por outro lado, o modelo F atingiu o maior número de respostas que concordaram com o adjetivo em questão, seguido dos modelos C e B, conforme demonstra o Gráfico 27.

Gráfico 27 – Síntese das respostas: "Você se sentiu seguro ao usar este cinto?" (Eixo X = nº de usuários. Eixo Y = Modelos) (Experimento com cinto modelo F).



Fonte: autor.

4.7.2.6 Questão: “Caso deseje, deixe alguma observação”

Neste experimento as observações positivas e negativas se definiram praticamente as mesmas da investigação anterior (item 4.5.2.6).

As respostas mais expressivas de cunho positivo foram imputadas ao modelo F:

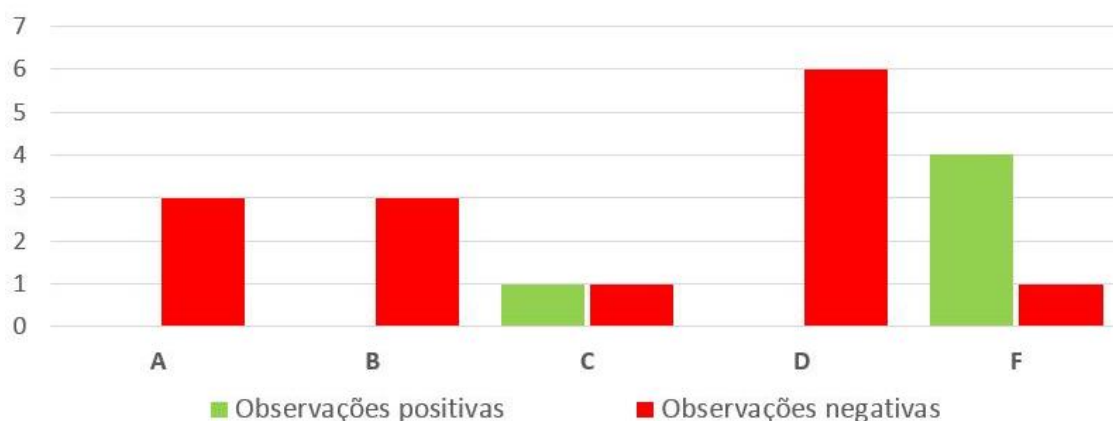
- Firmeza proporcionada pelo cinto de quadril.
- Elemento plástico costal protege a coluna.
- Maciez propiciada pelo bom estofamento das alças.

Já as impressões negativas mais importantes conferidas ao cinto modelo D foram:

- Alças demasiadamente finas.
- Elementos de ligação metálicos podem lesionar a pele.

O Gráfico 28 apresenta a síntese das informações proferidas pelos utilizadores.

Gráfico 28 – Síntese das observações positivas e negativas quanto ao conforto na experiência no uso de cintos de sustentação de RLMS (Eixo X = modelos. Eixo Y = nº de observações). Experimento com cinto modelo F.



Fonte: autor

4.7.3 Considerações acerca dos resultados do questionário estruturado sobre conforto: experimento com o cinto redesenhado modelo F

Nesta investigação foi possível observar, assim como o experimento exposto no tópico 4.5, uma estreita relação entre o baixo número de apontamentos de percepção de desconforto, indicados no diagrama, e um alto nível de concordância com atributos de conforto, apontados no protocolo estruturado.

O acessório reprojeto modelo F demonstrou-se satisfatoriamente menos desconfortável, segundo opiniões dos utilizadores. Mais uma vez, puderam ser observadas conclusões contrárias a respeito do acessório D, o mais desconfortável dentre os demais.

Após a realização dos dois experimentos, foi possível inferir que as sensações subjetivas de conforto dessa categoria de produto estão intimamente vinculadas ao aumento da maciez e, ao mesmo tempo, à diminuição de elementos “rígidos” nas estruturas de contato.

Também foi possível concluir que um possível aumento dessas áreas, obviamente, levando em consideração questões antropométricas, pode elevar a sensação de segurança, atributo de extrema significância nessa atividade.

4.8 Sétimo experimento

Com o intuito de se averiguar atributos de usabilidade, neste capítulo foram apresentados os resultados sobre a eficácia, eficiência e satisfação dos elementos de sustentação das RLMS providos com o sistema C/E e F/F.

4.8.1 Observação da atividade de montagem com vistas à eficácia dos sistemas de sustentação de RLMS: análise dos modelos C/E e F/F

4.8.1.1 Usuários do sistema C/E

Os sujeitos participantes do experimento com o sistema C/E (suporte de sustentação modelo C e cinto de sustentação modelo E) obtiveram os mesmos problemas na tarefa de montagem das empunhaduras, abordados no item 4.3.1.3 (Usuários montando o modelo C). Quatro, dos 15 sujeitos observados, realizaram a montagem das empunhaduras em angulações inadequadas com a postura de trabalho, conforme Figura 91.

Figura 91 – Sistema C/E. Montagem das empunhaduras em angulação inadequada.



Fonte: autor.

Três, dos quinze sujeitos observados, montaram as empunhaduras em posição invertida (aceleração no lado esquerdo do corpo). Entretanto, nenhum deles se declarou canhoto.

Cinco sujeitos realizaram a montagem das empunhaduras mantendo-as centralizadas em relação à haste principal da RLM, conforme a Figura 92.

Figura 92 – Sistema C/E. Empunhaduras montadas simetricamente em relação à haste principal do equipamento.



Fonte: autor.

Provavelmente, o maior obstáculo enfrentado pelos participantes da montagem do sistema C/E esteve na ajustagem para a realização do balanceamento. Especialmente os sujeitos que realizaram a montagem com os contrapesos 3, 4 e 5 (elementos que simularam as lâminas mais pesadas) não conseguiram atingir o ponto de equilíbrio do equipamento com a simples mudança do gancho do cinto para qualquer um dos furos disponíveis nesse sistema. Por consequência disso, os participantes foram levados a realizar o desaperto dos parafusos fixadores do suporte da haste principal, de forma a movimentar a peça para frente ou para trás, na busca de atingir o ponto de equilíbrio do equipamento (Figura 93). Todos os nove sujeitos que utilizaram de uma dessas configurações foram obrigados a realizar tal procedimento.

Figura 93 – Sistema C/E. Tentativa de movimentação do suporte de sustentação/empunhaduras com o equipamento empunhado ao corpo.



Fonte: autor.

Igualmente ao experimento exposto no item 4.3.2.3.5 (vide Figura 63), sete utilizadores do cinto modelo E apresentaram dúvidas em relação aos encaixes corretos das presilhas de fixação das alças.

Figura 94 – Sistema C/E. Dificuldades em encontrar os encaixes da presilha da alça lateral.



Fonte: autor.

Ao final do experimento todos os participantes alcançaram a eficácia no procedimento de balanceamento do sistema.

4.8.1.2 Usuários do sistema F/F (sistema reprojeto)

Os sujeitos participantes da montagem do sistema F/F (suporte modelo F e cinto de sustentação modelo F) obtiveram pequenas dificuldades na realização do experimento, se comparados aos do sistema C/E.

Um, dos quinze sujeitos observados, realizou a tentativa de montagem do suporte das empunhaduras de cabeça para baixo, entretanto, as setas de identificação da angulação das empunhaduras, fixadas na parte superior da peça, provavelmente sugeriram a correção do procedimento equivocado. Via de regra, todos os quatorze sujeitos avaliados realizaram a montagem sem maiores problemas. Portanto, é provável que as setas indicativas de orientação da localização e da angulação das empunhaduras tenham desempenhado uma função positiva no processo de montagem, conforme a Figura 95.

Figura 95 – Sistema F/F – Montagem correta das empunhaduras.



Fonte: autor.

Na tarefa de vestimenta do cinto, três, dos quinze participantes do experimento, enfrentaram dificuldades na localização dos encaixes das alças. Em contrapartida, foi observado que a grande maioria dos sujeitos realizou o

procedimento com certa facilidade. Tal constatação está possivelmente ligada às informações textuais (com indicações sobre a lateralidade dos elementos descritos nas alças) e cromáticas (com a apresentação de diferentes cores em cada fecho). Essas informações, somadas ao design tradicional dos fechos, fivela e sistema de *velcro*®, possivelmente transmitiram clareza no momento da vestimenta. A Figura 96 apresenta um sujeito realizando a vestimenta no cinto F.

Figura 96 – Sistema F/F. Vestimenta da alça de quadril. Empunhaduras montadas de maneira correta.



Fonte: autor.

A tarefa de ajuste para o balanceamento do sistema F/F consistiu na etapa mais compreensível dentre as demais, pois todos os sujeitos investigados realizaram o procedimento sem qualquer contratempo. Tal constatação demonstra a eficácia do sistema, que possibilitou com que os utilizadores ajustassem o equilíbrio do equipamento, sem ao menos serem obrigados a desengatar a RLM do cinto de sustentação, conforme apresenta a Figura 97.

Figura 97 – Sistema F/F. Realização de ajuste fino para balanceamento.



Fonte: autor.

4.8.1.3 Considerações acerca das observações da atividade

Segundo as normas ISO 9241-11 e ISO 20282-1, ao considerar que os níveis de eficácia de um sistema se correlacionam diretamente com o cumprimento efetivo de um determinado objetivo, pode-se concluir que ambos os sistemas (C/E e F/F) apresentaram um design favorável para que seus utilizadores realizassem a tarefa com eficácia, ainda que os sujeitos que realizaram o experimento com o modelo F/F, de modo geral, tenham enfrentado menores dificuldades.

4.8.2 Análise da montagem dos suportes e vestimenta dos cintos com vistas à eficiência dos sistemas: tempos de execução da atividade

Nesta análise, buscou-se investigar a eficiência entre os modelos C/E e F/F através da verificação dos tempos de montagem dos sistemas.

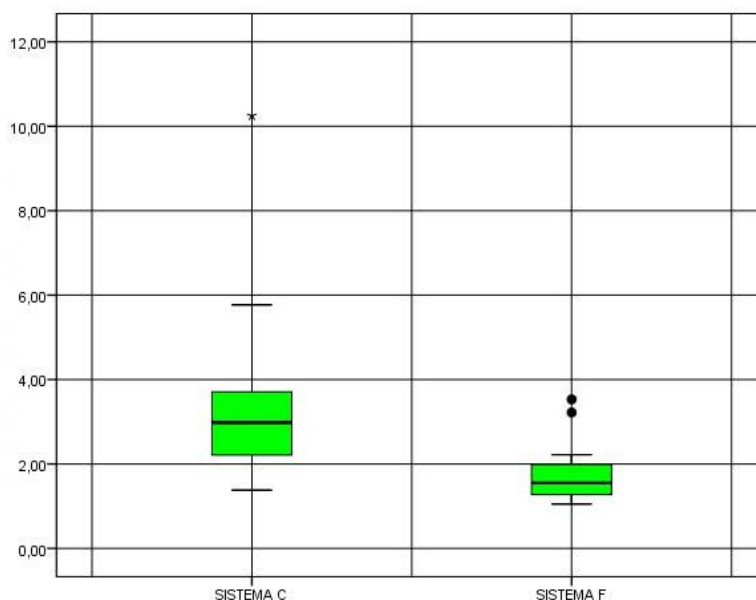
4.8.2.1 Tempos de montagem dos suportes de sustentação/empunhaduras: modelos C e F

Conforme a orientação do pesquisador, a tarefa de montagem das empunhaduras acontecia logo após a leitura dos procedimentos de balanceamento propostos por Government South Australia (2000).

Para os participantes da montagem do suporte modelo C (média = 3min 34s; d.p. = 2min 10s) foram observadas dispersões que variaram entre 1min 23s e 10min 15s nos tempos para execução desse procedimento.

Já os sujeitos que realizaram a montagem do suporte modelo F (média = 1min 46s; d.p. = 0min 42s) executaram a tarefa em menor tempo, se comparado ao modelo anterior. Também foi possível constatar maior consistência entre os tempos de montagem com o modelo F, conforme o Gráfico 29.

Gráfico 29 – Tempos de montagem dos suportes de sustentação/empunhaduras (Eixo X= Sistemas. Eixo Y= Tempo em minutos).



Fonte: autor.

Para verificação de variâncias estatísticas entre os tempos de montagem dos suportes em análise, foi realizado o teste estatístico de Mann-Whitney (Apêndice 13). Após a aplicação do teste, foram verificadas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre os tempos de montagem dos dois modelos postos em análise, confirmando menores tempos para os sujeitos que se utilizaram do sistema F.

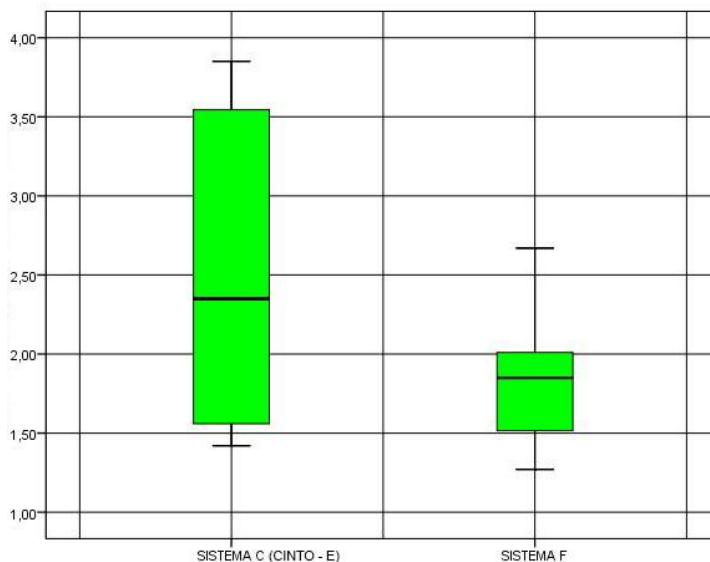
4.8.2.2 Tempos de vestimenta dos cintos de sustentação: modelos E e F

A próxima etapa da investigação consistiu na vestimenta adequada dos cintos de sustentação.

Os sujeitos que realizaram a vestimenta do acessório modelo E executaram a tarefa com tempos que variaram entre 1min 25s e 3min 51s (média = 2min 27s; d.p. = 0min 55s).

Já os participantes da vestimenta do cinto modelo F cumpriram a tarefa com variações de tempo entre 1min 16s e 2min 40s (média = 1min 53s; d.p.= 0min 27s), conforme o Gráfico 30.

Gráfico 30 – Tempos de vestimenta dos cintos de sustentação (Eixo X = Sistemas. Eixo Y = Tempo em minutos).



Fonte: autor.

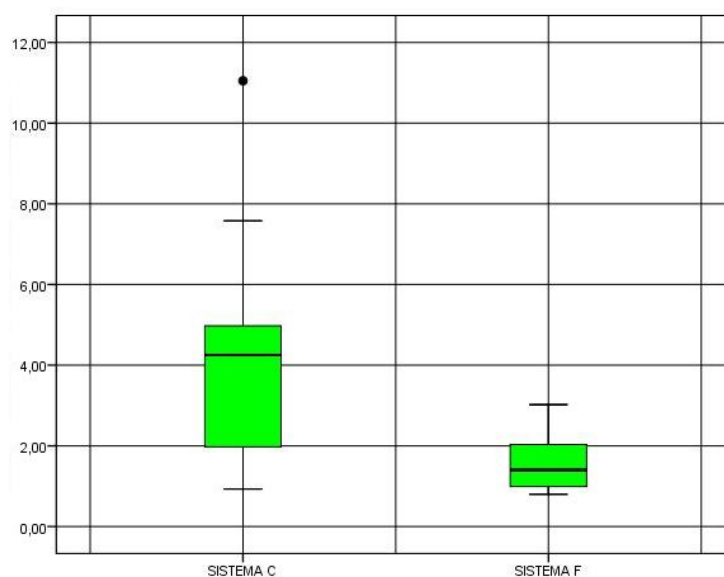
Para averiguar variâncias estatísticas entre os tempos de vestimenta dos cintos nos dois grupos, realizou-se, novamente, o teste estatístico de Mann-Whitney (Apêndice 14). Entretanto, não foi possível verificar diferenças estatísticas significativas ($p > 0,05$) entre os tempos de vestimenta dos cintos nos dois grupos, embora seja notada uma importante redução na média de vestimenta dos usuários do modelo F em relação aos utilizadores do acessório modelo E.

4.8.2.3 Tempos de ajustagem para balanceamento: sistemas C e F

Os usuários que executaram os ajustes para balanceamento do sistema C apresentaram uma expressiva dispersão entre os tempos, que variaram entre 0min 56s e 11min 3s (média = 4min 11s; d.p. = 2min 36s).

Já os participantes que realizaram a ajustagem do modelo F realizaram a tarefa em menores faixas de tempo, variando entre 0min 48s e 3min 1s (média = 1min 33s; d.p. = 0min 37s), conforme o Gráfico 31.

Gráfico 31 – Tempos de ajustagem para balanceamento (Eixo X = Sistemas. Eixo Y = Tempo em minutos).



Fonte: autor.

Para a investigação de diferenças estatísticas entre os tempos, utilizou-se do teste “T” student (Apêndice 15).

Após a análise, foram verificadas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre os tempos de ajustagem para balanceamento nos sistemas, indicando menor média de tempo de balanceamento aos usuários do sistema modelo F.

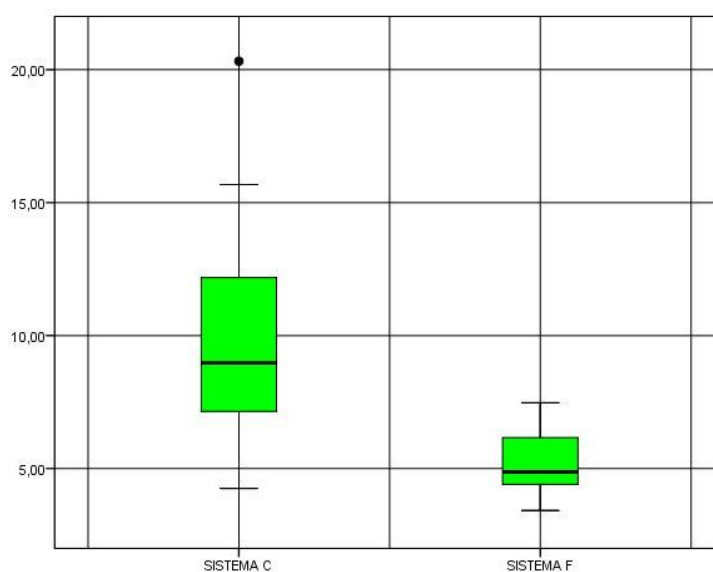
4.8.2.4 Somatória dos tempos de cada tarefa: sistemas C/E e F/F

Considerando que a montagem inadequada de algum dos elementos pertencentes ao sistema de sustentação pode ocasionar potenciais distúrbios na postura de trabalho, tornou-se apropriada a verificação do tempo total de execução de cada sistema, de modo a certificar qual seria o mais eficiente.

Os sujeitos que se utilizaram do sistema C/E executaram a montagem total do sistema com tempos que variaram entre 4min 15s e 20min 19s (média = 10min 13s; d.p. = 4min 9s), sendo verificada uma considerável dispersão entre os dados.

Já os participantes utilizadores do sistema F/F realizaram a montagem total do sistema com tempos que sofreram variações entre 3min 25s e 7min 28s (média = 5min 12s; d.p. = 1min 10s), praticamente metade da média do tempo de execução do sistema C/E, conforme a Gráfico 32.

Gráfico 32 – Somatória dos tempos de cada tarefa (Eixo X = Sistema. Eixo Y = Tempo em minutos).



Fonte: autor.

Com o propósito de investigar diferenças estatísticas entre os grupos em análise, utilizou-se, novamente, do teste “T” student (Apêndice 16). Mais uma vez foram encontradas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) entre os grupos, demonstrando que os usuários do arranjo F/F levaram menores médias de tempo para a realização da montagem integral do sistema, o que demonstrou ser mais eficiente.

4.8.3 Análise da satisfação no uso de sistemas de sustentação de RLMS: sistemas C/E e F/F

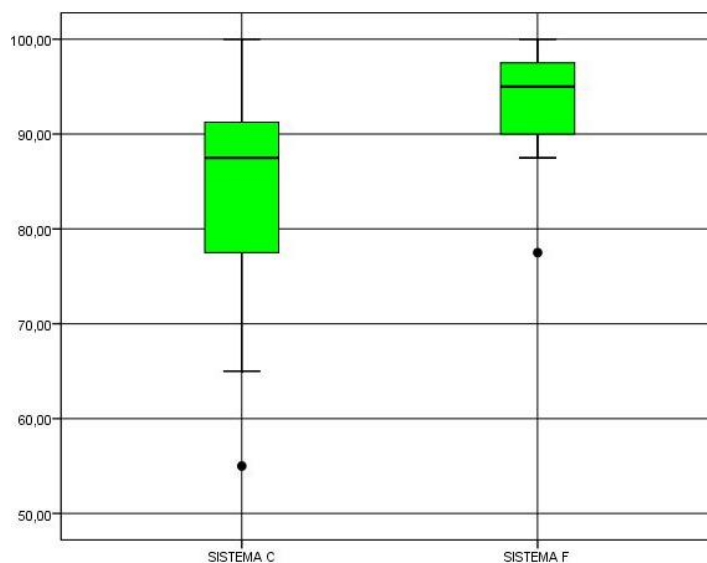
A última etapa do experimento consistiu no preenchimento do protocolo SUS, após o sujeito realizar toda a montagem do sistema. É importante notar que, para o método de avaliação em pauta, as notas atribuídas a cada questão são pouco significativas, sendo mais relevante a sua somatória, criando a pontuação final de cada protocolo.

Para os participantes que realizaram o experimento com o sistema C/E, as notas finais variaram entre 55 e 100 pontos (média = 83,66; d.p. = 12,34). A significativa dispersão entre altas e baixas pontuações pode estar diretamente relacionada com a randomização da ordem dos contrapesos (diferenças entre os pesos das lâminas). Os utilizadores que foram contemplados com lâminas (contrapesos 3, 4 e 5) mais pesadas tiveram como tarefa mais custosa desparafusar o suporte de sustentação, para que este atingisse o centro gravitacional da máquina.

Já os utilizadores sorteados com lâminas (contrapesos 1 e 2) mais leves realizaram o balanceamento apenas com a simples mudança do gancho para outro furo. Entretanto, tal adversidade não caracterizou um impedimento para que a maioria dos usuários atribuísse uma média final satisfatória.

As pontuações finais atribuídas pelos sujeitos que experimentaram o sistema F/F variaram entre 77,5 e 100 pontos (média = 93,5; d.p. = 5,83), aproximadamente 10 pontos acima da média atribuída ao sistema C/E, conforme o Gráfico 33.

Gráfico 33 – Pontuações finais dos protocolos SUS quanto à usabilidade dos sistemas de sustentação (Eixo X = Sistemas. Eixo Y = médias das pontuações finais).



Fonte: autor.

Para a averiguação de possíveis diferenças significativas entre as médias atribuídas aos sistemas em análise, utilizou-se do teste estatístico de Mann-Whitney (Apêndice 17).

Por fim, foram verificadas diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$), o que certifica uma maior média de satisfação do utilizadores do modelo F/F em relação aos usuários do sistema C/E.

4.8.4 Considerações acerca da eficácia, eficiência e satisfação dos usuários dos sistemas C/E e F/F

O experimento demonstrou que, embora com designs distintos em seus sistemas, ambos os grupos atingiram eficácia no procedimento de balanceamento das RLMS.

Com excessão da vestimenta dos cintos de sustentação, os elementos restantes que compuseram o sistema F/F apresentaram características de design que levaram seus utilizadores a cumprir a tarefa em menos tempo, o que evidencia a maior eficiência desse modelo.

Ademais, o novo sistema, reprojetoado a partir de parâmetros ergonômicos, trouxe atributos que levaram seus usuários a proferirem maiores

níveis de satisfação. Por outro lado, pequenas falhas de projeto atribuídas ao sistema C/E resultaram em adversidades, especificamente em algumas etapas da montagem, fato esse que pode ter gerado maior insatisfação de uma parcela dos sujeitos.

4.9 Oitavo experimento

Neste experimento foram apresentados os resultados dos níveis de atividade de quatro diferentes grupos musculares em uma simulação da atividade com RLMS providas com 2 diferentes sistemas de sustentação.

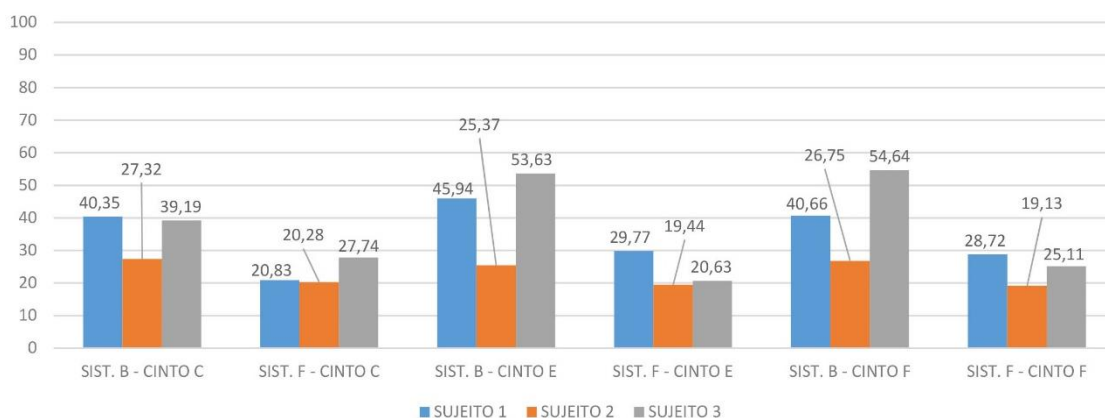
4.9.1 Níveis de atividade muscular encontrados na região lombar direita

Os níveis de atividade muscular encontrados na região lombar direita (longuíssimo do dorso direito) variaram entre 54,64 e 19,13 RMS.

Foi possível observar menores níveis de atividade quando os sujeitos se utilizaram do sistema F (SIST. F), onde os valores variaram entre faixas de 29,77 e 19,13 RMS. Por outro lado, os níveis de atividade aumentaram quando os participantes fizeram o uso do sistema B (SIST. B), que apresentou valores entre 54,64 e 25,37 RMS. Notou-se, também, que, nessa análise, os cintos pouco influenciaram para a diminuição da atividade nesse grupo muscular.

Em suma, pôde-se perceber uma redução média de aproximadamente 35% da atividade nessa região, quando os sujeitos utilizaram-se do sistema F, conforme o Gráfico 34.

Gráfico 34 – Atividade muscular – longuíssimo do dorso direito (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Média do sinal retificado RMS).



Fonte: autor.

4.9.2 Níveis de atividade muscular encontrados na região lombar esquerda

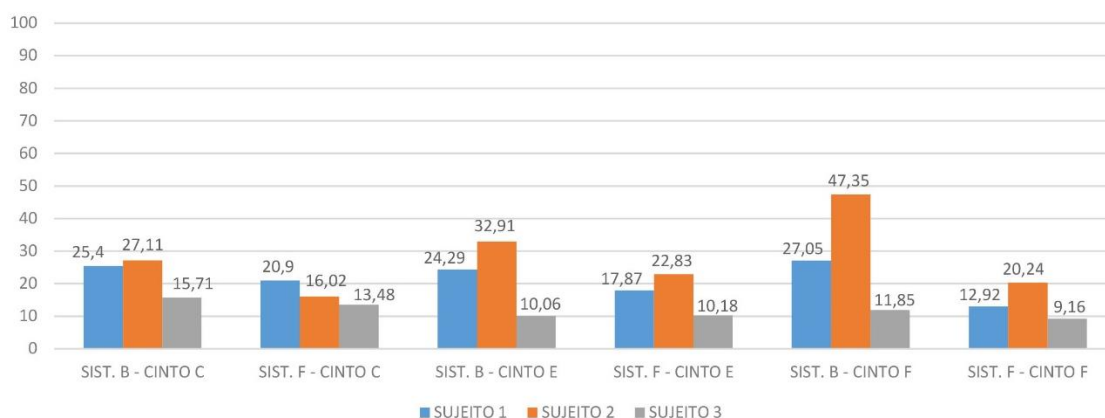
Os níveis de atividade muscular encontrados na região lombar esquerda (longuíssimo do dorso esquerdo) variaram entre 47,35 e 9,16 RMS.

Também foi possível notar menores níveis de atividade quando os sujeitos se utilizaram do sistema F, onde os valores variaram entre faixas de 22,83 e 9,16 RMS. Em contrapartida, os níveis de atividade aumentaram quando os participantes fizeram o uso do sistema B, que apresentou valores entre 47,35 e 11,85 RMS. Novamente, não foi observada a diminuição significativa da atividade nesse grupo muscular, alterando-se os diferentes modelos de cintos.

Especificamente, nesse grupo muscular, notou-se uma redução média de aproximadamente 27% da atividade, quando realizada a alteração do sistema B para o modelo F.

Partindo da condição de que uma RLM é utilizada no lado direito do operador, a hipótese de que haveriam maiores atividades nos grupos lombares direitos seria plausível. Entretanto, foi constatado, nesse experimento, que o aumento ou diminuição da atividade nessas regiões podem variar de sujeito para sujeito e estão mais relacionadas ao correto ajuste das alças dos cintos, que podem distribuir igualmente o peso da RLM sobre os ombros, bem como o ritmo e intensidade dos movimentos. O Gráfico 35 compila os dados em discussão.

Gráfico 35 – Atividade muscular – Longuíssimo do dorso esquerdo (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Média do sinal retificado RMS).



Fonte: autor.

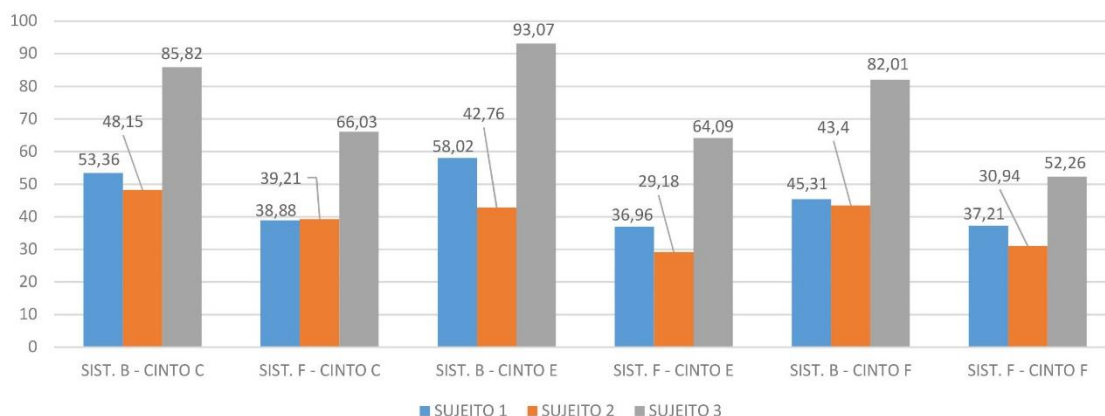
4.9.3 Níveis de atividade muscular encontrados na região braquiorradial direita

Ao contrário dos músculos lombares, que não sofreram a influência direta sobre a lateralidade do equipamento, os músculos do antebraço suportaram cargas diferentes, devido ao posicionamento das empunhaduras.

Os níveis máximos e mínimos de atividade encontrados na região braquiorradial direita variaram entre 93,07 e 29,18 RMS.

Foi possível observar que os maiores valores se apresentaram quando os sujeitos se utilizaram do sistema de sustentação B. Novamente, pôde ser notada uma redução média expressiva da atividade, aproximadamente 26%, quando os participantes fizeram uso do sistema de sustentação F, conforme o Gráfico 36.

Gráfico 36 – Atividade muscular – braquiorradial direito (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Média do sinal retificado RMS).



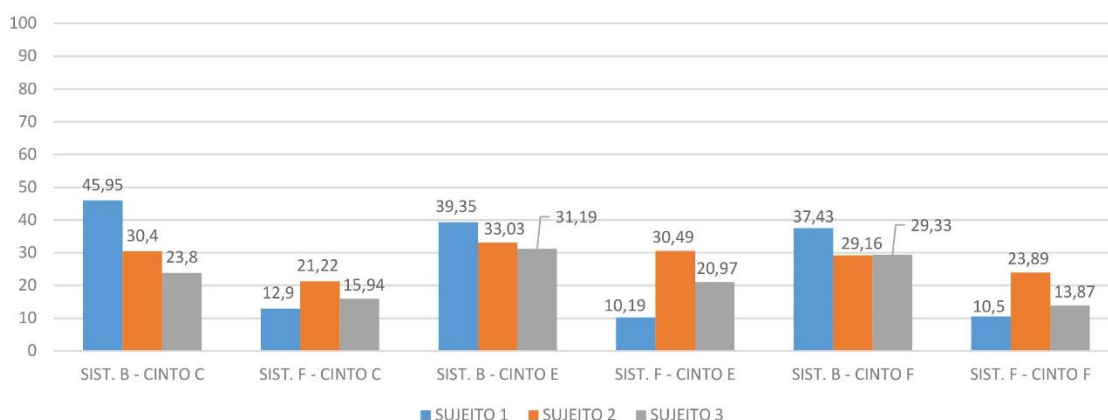
Fonte: autor.

4.9.4 Níveis de atividade muscular encontrados na região braquiorradial esquerda

Nos músculos braquiorradial esquerdos foram constatadas consideráveis reduções, se comparados ao lado direito (max. = 45,95 RMS; min. = 10,19 RMS). Em tais circunstâncias é possível afirmar que a lateralidade do equipamento causou influência direta na diferença dos níveis de atividade muscular entre os braços. Essa condição ocorre devido à posição de trabalho do equipamento, que, por imposição normativa, deve ser empunhado sempre pelo lado direito do usuário. Essa situação faz com que a empunhadura direita fique mais próxima do eixo central de rotação da máquina (suporte de sustentação), exigindo, assim, maior torque (Gráfico 37).

Também foram observados menores níveis de atividade muscular quando os sujeitos fizeram o uso do sistema de sustentação F, onde se obteve uma redução média de 34%.

Gráfico 37 – Atividade muscular – braquiorradial esquerdo (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Média do sinal retificado RMS).



Fonte: autor.

4.9.5 Somatória das atividades eletromiográficas com vistas à eficiência dos sistemas

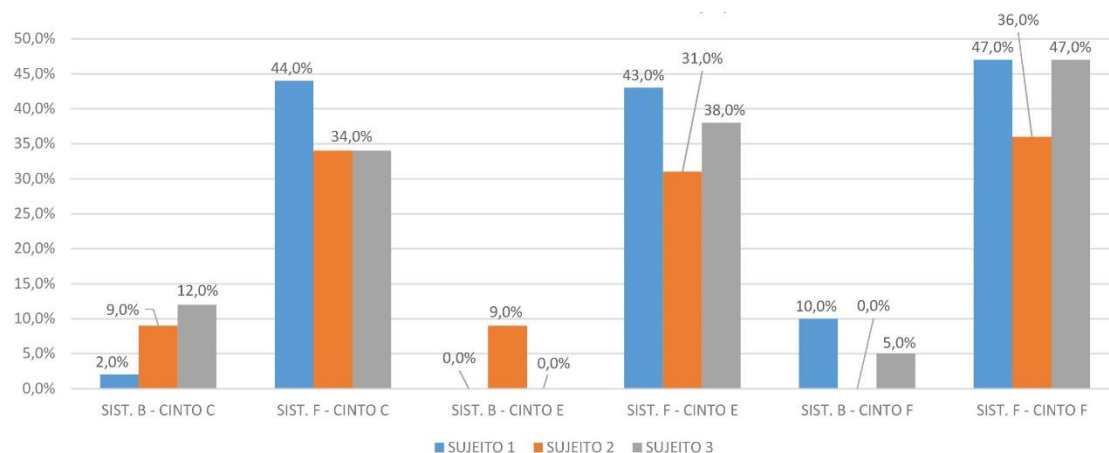
Ao considerar que o aumento da atividade muscular resulta em aumento no consumo de energia, é possível inferir que um conjunto de músculos (braços, tronco, pernas etc.) que realizem movimentos que consumam menor quantidade de energia tende a ser mais eficiente.

Partindo desse pressuposto, realizou-se a somatória dos dados da atividade eletromiográfica dos quatro grupos musculares de cada indivíduo em cada situação distinta, para que assim fosse possível confrontar em quais condições houve o maior nível de eficiência entre as seis situações analisadas.

Para a atividade de cada indivíduo, foi atribuída a percentagem zero (0%) ao maior valor encontrado da somatória dos quatro grupos musculares, levando em conta as seis situações experimentadas. Consequentemente, valores menores demonstrariam maior porcentagem de eficiência.

Analisando cada sujeito, foi possível observar maiores percentagens de eficiência (menores níveis de atividade nos grupos musculares) nas situações onde o sistema de sustentação F se encontrava presente. Também foi possível constatar um tênue aumento da eficiência do conjunto SIST. F – CINTO F nos 3 sujeitos analisados, se comparados às outras combinações. Entretanto, não foi possível obter evidências estatísticas, devido ao tamanho inexpressivo da amostra. O Gráfico 38 sintetiza as informações.

Gráfico 38 – Eficiência dos sistemas – somatória das atividades eletromiográficas encontradas nos 4 grupos musculares (Eixo X = Sistemas analisados. Eixo Y = Porcentagem de eficiência).



Fonte: autor.

Obviamente, é importante considerar que atividades com RLMS não se restringem apenas à ação dos quatro grupos musculares postos em análise; mais do que isto, a tarefa exige o desempenho complexo de diversos conjuntos de músculos, nervos e ossos, que agem harmonicamente com o objetivo de realizar, com precisão, todos os movimentos necessários para essa atividade.

4.9.6 Considerações acerca do experimento

A partir das investigações realizadas nesse condensado grupo, verificaram-se alguns resultados, apresentados a seguir.

Inicialmente, observou-se que o correto equilíbrio (balanceamento) do equipamento foi fundamental para a diminuição da atividade muscular, visto que as diferenças encontradas entre os sistemas B e F foram expressivas.

O modo operatório de cada sujeito influi diretamente no aumento ou diminuição da atividade em determinados grupos musculares, visto que, para realizar o movimento, o usuário pode tanto movimentar os quadris e deixar braços e antebraços imóveis como o contrário, aplicando menor movimentação nos quadris e maior atuação nos braços e antebraços.

Também foi possível verificar que, ao menos nos primeiros 2 minutos (tempo médio de atividade para cada sujeito), a existência de um cinto de quadril não reduziu a atividade muscular nas regiões lombares. Sendo assim, é muito

provável que a eficácia desse acessório tenha maior relação com a imobilização da coluna vertebral, mantendo-a num alinhamento correto e, conseqüentemente, evitando a má postura; entretanto, não impede a movimentação dos referidos grupos musculares.

Finalmente, constatou-se que nesse tipo de equipamento o braço direito exerce maiores níveis de atividade muscular em relação ao membro esquerdo, pois, devido à assimetria de posicionamento das empunhaduras, há um diferencial de torque durante os movimentos.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa realizou uma abordagem sobre as relações entre usabilidade de sistemas de sustentação de roçadeiras laterais motorizadas e suas conseqüências na percepção de dores ou desconfortos posturais.

O referencial teórico apontou sobre diversas conclusões que relacionam distúrbios musculoesqueléticos com essa atividade, bem como a importância de se aplicar atributos ergonômicos em projetos de ferramentas manuais.

Os diversos experimentos e observações realizados durante a pesquisa atestam que a atividade com RLMS consiste em uma tarefa com movimentos altamente prejudiciais sob o ponto de vista ergonômico, caso seja utilizada inadequadamente.

Devido a sua própria geometria estrutural, exige do utilizador uma movimentação repetitiva dos ombros, braços e quadris, inclinação frontal do tórax, além da aplicação considerável de carga sobre a coluna, braços e punhos.

A partir dos procedimentos metodológicos e de seus resultados discutidos na pesquisa, aceita-se a hipótese de que alguns designs de sistemas de sustentação de roçadeiras laterais motorizadas oferecem interfaces que levam seus usuários a empunharem a máquina de forma inadequada, provocando o aumento assimétrico das cargas devido à má distribuição do peso do equipamento sobre ombros e braços. Essa constatação foi demonstrada em várias etapas da investigação, dentre elas, os resultados sobre eficiência e eficácia na montagem dos sistemas, bem como os dados obtidos pelo dispositivo de mensuração, desenvolvido pelo pesquisador.

A pesquisa também atesta que a aplicação de técnicas de pesquisa sistêmicas, fundamentadas na coleta e análise de dados ergonômicos, podem fornecer parâmetros para o projeto de sistemas de sustentação de RLMS mais eficazes, eficientes e confortáveis para seus utilizadores. Tal evidência foi verificada em todas as fases da pesquisa, pois todas elas forneceram dados essenciais que contribuíram, de alguma forma, para a melhoria do conforto e da usabilidade do novo projeto.

Sendo assim, o projeto de um sistema de sustentação de RLM, quando tem como foco a minimização do número de componentes e ferramentas, o acréscimo de elementos de identificação textual ou mesmo a realização de pré-montagem dos acessórios antecipadamente na fábrica, pode diminuir equívocos concebidos por utilizadores em potencial.

Constatou-se que sistemas compostos com um maior número de componentes, de maneira geral, causaram maior desorientação aos usuários. Em uma possível ausência de instruções, o projeto deve suprir determinada deficiência por um design mais intuitivo do sistema, sobretudo nas etapas de montagem das empunhaduras e balanceamento dos equipamentos.

O método de avaliação subjetiva de percepção de conforto, criado especificamente para o produto em estudo, demonstrou-se confiável, visto que seus resultados corroboraram com os achados encontrados nos diagramas de Corllet e Manenica (1980), o qual revelou, em avaliações que envolveram os mesmos produtos, resultados semelhantes. Dessa forma, atesta-se um nexo causal entre o aumento das impressões subjetivas de conforto, apresentadas nos protocolos específicos, e a diminuição da percepção de desconforto, relatados nos diagramas de Corllet e Manenica (1980). Especialmente na região lombar, onde houveram reduções significativas de apontamentos de desconforto, foi demonstrado que os cintos providos de apoio para os quadris se demonstram maiores níveis subjetivos de segurança em atividade, ainda que os resultados eletromiográficos não tenham evidenciado, biomecanicamente, uma diminuição na atividade nesses grupos musculares. Ainda assim, corrobora-se a hipótese de que usuários de RLMS expressam menor percepção de desconforto e maior segurança quando utilizam cintos de sustentação providos de apoio para os quadris, contrapondo suas opiniões em relação aos demais cintos que não dispõem desse acessório.

Embora alguns procedimentos de investigação e avaliação tenham se demonstrado um tanto quanto “alternativos”, se comparados a métodos de pesquisa tradicionais, todos eles foram executados com critérios rigorosos, tal como qualquer experimento científico. Primou-se pela definição de amostras que refletiram o universo dos usuários de RMLs, preservação da ética, imparcialidade, precisão na coleta, análise e interpretação precisa dos dados. Ademais, grande parte dos resultados objetivos mensuráveis foi submetida a diversos tipos de análises estatísticas, que coadjuvaram na fundamentação da tese proposta.

Em contrapartida, ao considerar aspectos tecnológicos e orçamentários, conclui-se que as técnicas de avaliação ainda podem, e devem, ser aperfeiçoadas e, para isso, é importante considerar alguns pontos.

Outros dispositivos podem ser acrescentados, como, por exemplo, um eletrogoniômetro (para resultados biomecânicos) ou Escalas de Borg (para resultados subjetivos de percepção).

Ainda que realizados experimentos em campo, não foi possível testar todas as variáveis do ambiente natural em que o uso do equipamento está inserido, como, por exemplo, os diferentes tipos de vegetações, relevo do solo, e possíveis intempéries, condições essas que podem influenciar no modo operatório do utilizador.

Por fim, estudos que envolvem o design industrial, a ergonomia e suas diversas formas de abordagem podem contribuir para elevar a importância de se projetar para o homem, e não para o mercado, a fim de dar voz às necessidades humanas, aprimorando as relações entre homem e máquina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGNER, L. **Ergodesign e arquitetura da informação**: trabalhando com o usuário. Rio de Janeiro: Quartet, 2009. 196p.

ALONÇO, A. S. et al. Análise ergonômica do trabalho em atividades desenvolvidas com uma roçadora manual motorizada. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, Oct. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782006000500048&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 22 fev. 2015.

_____. **Metodologia de projeto para a concepção de máquinas agrícolas seguras**. 2004. 221f. Tese (Doutorado em Eng. Mecânica) – UFSC, Santa Catarina, 2004

ARAÚJO, M. **Tecnologia do vestuário**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996.

BARREIRA, T. H. C. Um enfoque ergonômico para as posturas de trabalho. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, 1989; 67 (17): 61-71.

BASMAJIAN J. V.; DE LUCA, C. J. **Muscle alive**: their function revealed by electromyography. 5th Ed. Williams & Wilkins, Baltimore, 1985.

BERETTA, E. M. **Obtenção e aplicação de microcápsulas de eicosano em espumas de poliuretano visando o conforto térmico em assentos para cadeiras de rodas**. 2015. 173 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

BO, L; SHUSEN, L. Research on Security of Improved Design of Knapsack Brush Cutter. **International Journal of Simulation Systems, Science & Technology**, 17(36), 1-5. Retrieved 22 June, 2017.

BOUERI, J. J. **Antropometria aplicada à Arquitetura, Urbanismo e Desenho Industrial**. São Paulo, FAU/USP, 1991, v. 1.

BROEGA, A. C. S.; SILVA, E. C. O conforto total do vestuário: design para os cinco sentidos. In: ENCUESTRO LATINOAMERICANO DE DISEÑO, 5., 2010. **Anais...** Buenos Aires: Auspicios Publicaciones, 2010. p. 59-64.

CACHA, C. A. **Ergonomics and safety in hand tool design**. New York: Lewis Publishers. 1999. 117p.

CARVALHO, A. J. et al. Análise postural de trabalhadores durante a aplicação de defensivos agrícolas no norte de minas gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 43., 2014, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Conbea, 2014. p. 1-4.

CHAFFIN, D. B.; ANDERSON, G. B. J. **Occupational biomechanics**. Nova York: John Wiley & Sons, 1991.

_____. **Biomecânica Ocupacional**. Tradução por Fernanda Saltiel Barbosa da Silva. Belo Horizonte: Ergo, 2001.

CODO, W.; ALMEIDA, M. C. C. G. **LER**: diagnóstico, tratamento e prevenção. Uma abordagem interdisciplinar. Petrópolis: Vozes, 1997. 355 p.

CORLETT, E. N.; MANENICA, I. The effects and measurement of working postures. **Applied ergonomics**, 1980; 11(1), 7-16.

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

DEWANGAN, K. O. C.; DATTA, R. Anthropometric data of female farm workers from north eastern India and design of hand tools of the hilly region. **International Journal of Industrial Ergonomics**, [S.L.], v. 38, n. 11, p. 90-100, 2008.

DONSKOI, D. D. **Biomechanik der Körperübungen**. Berlin: [s.n.], 1961.

FATHALLAH, F. A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. **Applied ergonomics**, [S.L.], v. 41, n. 6, p. 738-743, 2010.

FERNANDES, H. **Utilização da motorroçadora nos trabalhos florestais**. Lousã: Lousanense, 2014.

FERREIRA, E. D. et al. Sintomas osteomusculares relacionados às atividades com roçadeira manual motorizada. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: Abepro, 2017. p. 1-14.

FERREIRA, D. M. A. **Análise da influência do calço e do movimento de inclinação lateral da coluna vertebral em indivíduos com escoliose idiopática**. Tese (Doutorado Ciências da Motricidade) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Rio Claro, Brasil, 2009.

FIEDLER, N. C. et al. Avaliação das Posturas Adotadas em Operações Florestais em Áreas Declivosas. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 18, n. 4, p. 402-409, 2011.

GARDNER, E.; GRAY, D. J.; RAHILLY, O. R. **Anatomia**: estudo regional do corpo humano. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. p. 498-537.

GÖBEL, M. Empathy Meets Engineering: Implanting the User's Perspective into a Systematic Design Process. In: W. KARWOWSKI, M. SOARES; N. STANTON (Eds.). **Human Factors and Ergonomics in Consumer Product Design: Methods and Techniques**. [S.L.]: CRC Press, 2011. p. 161-175.

GOLRIZ, S. H.; FOREMAN, K. B.; WALKER, B. F. The effect of hip belt use and load placement in a backpack on postural stability and perceived exertion: a within-subjects trial. **Ergonomics**, 2015; 58(1), 140-147.

GOVERNMENT SOUTH AUSTRALIA. Brush cutter safety: adjusting the saw and harness. **Safeguards**, Adelaide, v. 1, n. 1, p.1-2, jun. 2000.

GRAY, H. **Anatomia**. 29. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p. 83-101, 1988.

HALL, S. J. **Basic biomechanics**. 7. ed. New York: Mcgrawhill, 1999.

HAY, J. **The biomechanics of sports techniques**. Englewoo Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1978.

HERMENS, H. J. (Org.). **Sensor locations**: recommendations for sensor locations on individual muscles. 2006. Disponível em: <<http://www.seniam.org/>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. et al. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

HOLEWUN, M.; LOTENS, W. A. The influence of backpack design on physical performance. **Ergonomics**, 1992; 35(2), 149-157.

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

_____; GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia**: Projeto e Produção. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

ISO 9241-11. **Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)**. Part 11: Guidance on usability. Geneva, Switzerland, International Organization for Standardization, 1998.

ISO 11806-1. **Agricultural and forestry machinery**: Safety requirements and testing for portable, hand-held, powered brush-cutters and grass-trimmers - Part 1: Machines fitted with an integral combustion engine. Geneva: ISO, 2011.

ISO 20282-1. **Ease of operation of everyday products** -- Part 1: Design requirements for context of use and user characteristics. International Organization for Standardization, 2016.

JORDAN, P. W. **An introduction to usability**. London: Taylor & Francis, 1998.

KNAPIK, J. J.; REYNOLDS, K. L.; HARMAN, E. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. **Military medicine**, 2004; 169(1), 45.

KROEMER, K.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Bookman, 2005.

KUMAR, S.; MITAL, A. **Electromiography in ergonomics**. UK: Taylor & Francis, 1996.

KUORINKA, I. et al. Standardized Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. **Applied Ergonomics**, 1986; 18(3), 233-237.

LAFIANDRA, M.; HARMAN, E. **The distribution of forces between the upper and lower back during load carriage**. *Medicine and science in sports and exercise*, 2004a; 36(3), 460-467.

_____; _____; LYNCH, S. **The effect of walking grade and backpack mass on the forces exerted on the hips and shoulders by the backpack**. United States Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, MA, 2004b.

LATEVA Z. C.; BURGAR C. G. **Anatomical and electrophysiological determinants of the human thenar compound muscle action potential**. *Muscle & Nerve*, v.19, p.1457-68, 1996.

LEGG, S. J.; MAHANTY, A. Comparison of five modes carrying a load close to the trunk. **Ergonomics**, v. 28, n. 12, p. 1653-1660, 1985.

LINDEN, J. C. S. Van der. **Um modelo descritivo da percepção de conforto e de risco em calçados femininos**. 2004. 346p. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.

MACTAMNEY, L.; CORLETT, N. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. **Applied Ergonomics**, v. 24, n. 2, p. 91-99, 1993.

MACKIE, H. W. et al. Comparison of four different backpacks intended for school use. **Applied Ergonomics**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 257-264, 2003.

MOCCELLIN, A. S. et al. **Avaliação ergonômica de um trabalhador da área de jardinagem**: relato de caso. CBB: USP Ribeirão Preto, 2007.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F. *Anatomia Orientada para a Clínica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-koogan, 2001.

MORAES, A. M. Ergonomia, ergodesign e usabilidade: algumas histórias, precursores: divergências e convergências. **Ergodesign & Hci**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.1-9, jan. 2013.

MORAES, A. **Aplicação dos dados antropométricos no dimensionamento da interface homem-máquina**: manequins antropométricos bidimensionais, 1983. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1983.

_____; MONT'ALVÃO, C. **Ergonomia Conceitos e Aplicações**. 4. ed. Teresópolis: 2AB, 2009.

NETTER, F. H. **Atlas de Anatomia Humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

NORMAN, D. A. **O design do dia-a-dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2006.

RIO, R. P.; PIRES, L. **Ergonomia**: fundamentos da prática ergonômica. 3. ed. São Paulo: LTr, 2001.

PACOLLA, S. A. O.; BORMIO, M. F.; SILVA, J. C. P. Contribuições do método E.W.A. para o design ergonômico de carteira escolar. **Revista Design Arte e Tecnologia**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 01-19. 2008.

PALUCH R. Are body dimensions affecting working body posture? **International Journal of Industrial Ergonomics** 1996; 17:1-9.

PAQUET, V.; FEATHERS, D. An anthropometric study of manual and powered wheelchair users. **International Journal of Industrial Ergonomics**, [S.L.], v. 33, n. 1, p.191-204, 2004.

PASCHOARELLI, L. C. **Usabilidade aplicada ao design ergonômico de transdutores de ultra-sonografia**: uma proposta metodológica para avaliação e análise do produto. Tese de Doutorado. São Carlos: UFSCAR, 2003. 143p.

PEREIRA. G. J. C. Lesões Ocasionadas por Acidentes com Tratores. In: SARDENBERG, T. et al. **Prevenção de Acidentes com Tratores Agrícolas**. Botucatu: Editora Diagrama, 2010. Disponível em: <www.fepaf.org.br>. Acesso em: 18 nov. 2014.

PEREIRA JÚNIOR, A. S.; MEJIA, D. P. M.; RAMOS, C. **Roçadores de trecho**: uma abordagem ergonômica. 2013. 15 f. Monografia (Especialização) – Curso de Pós-graduação em Ergonomia, Faculdade de Ávila, Manaus, 2013.

PHEASANT, S. **Bodyspace**: antropometry, ergonomics and design of the work. Londres: BSI Standards, 1986.

POLETO FILHO, J. A. **Análise dos Riscos Físicos e Ergonômicos em Roçadora Transversal Motorizada**. 2013. 165 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas) – Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (Unesp), Botucatu, 2013.

PREECE, J.; ROGERS, Y.; SHARP, H. **Interaction design**: Beyond human computer interaction. Chichester, UK: John Wiley and Sons Inc., 2002.

PROTEÇÃO (Org.). Trabalhador morre após ser atingido por roçadeira em MS. **Proteção**, Novo Hamburgo – RS, p.1-1, 5 set. 2014. Disponível em: <http://www.protecao.com.br/noticias/acidentes_do_trabalho/trabalhador_morre_apos_ser_atingido_por_rocadeira_em_ms/AQyJA5y4/7143>. Acesso em: 1 out. 2014.

QUESADA, P. M. et al. **Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching**. *Ergonomics*, 2000; 43(3), 293-309.

RAMADAN, M. Z.; AL-SHAYEA, A. M. A modified backpack design for male school children. **International Journal of Industrial Ergonomics**, 2013; 43(5), 462-471.

RIO, R. P; PIRES, L. **Ergonomia**: fundamentos da prática ergonômica. São Paulo: LTR, 2001.

SÁ, S. **Ergonomia e Coluna Vertebral no Seu Dia-a-Dia**. Rio de Janeiro: Taba Cultural, 2002.

SACCO, I. **Estudo de parâmetros biomecânicos na marcha e limiares somato-sensoriais em pacientes portadores da neuropatia diabética**. Tese (Mestrado em Educação Física e Esporte) – Universidade São Paulo (USP), [s.l.], 1997.

SBA – SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. **Terminologia Anatômica**, 2. ed. São Paulo: Manole, 2001.

SCHOENARDIE, R. P. et al. Design e Antropometria: diferenciação estratégica. **Projética**, Londrina, v. 2, n. 2, p.31-42, dez. 2011.

SHIDA, G. J.; BENTO, P. E. G. Métodos e ferramentas ergonômicas que auxiliam na análise de situações de trabalho: In: VIII CONGRESSO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2012. Rio de Janeiro, MG, CNEG, jun. 2012. p. 1-13.

SILVEIRA, I. Usabilidade do vestuário: fatores técnicos/funcionais. **Moda palavra**, Florianópolis, ano 1, n.1, p. 21-39, jan./jul. 2008.

SOUTHARD, S. A.; MIRKA, G. A. An evaluation of backpack harness systems in non-neutral torso postures. **Applied ergonomics**, 2007; 38(5), 541-547.

STIHL Ferramentas Motorizadas Ltda. **Manual de instruções de serviços**: Stihl FS 160, 220, 280, 290. 1. ed. São Leopoldo, 2014. 96p.

VAN DER LINDEN, J. **Ergonomia e design**: prazer, conforto e risco no uso dos produtos. Porto Alegre: UniRitter, 2007.

VERGARA, L. G. L. et al. Análise Ergonômica da atividade de Jardinagem e Paisagismo. **Revista Eletrônica Produção em Foco**, Joinville, v. 2, n. 1, p. 85-105, 2012.

YANAGI JUNIOR, T. et al. Spatial variability of noise level in agricultural machines. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, Apr. 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162012000200002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 31 out. 2014.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman. 2001.

WILSON, J. R. Fundamentals of ergonomics in theory and practice. **Applied Ergonomics**, 2000; 31:557-67.

WINTER, R. B.; BRADFORD, D. S.; LONSTEIN, J. E. **Textbook of Scoliosis and other Spinal Deformities**. 3. ed. Philadelphia: W. S. Saunders, 1987.

ZONA DE RISCO (Org.). **Produtor quase perde a perna em acidente com roçadeira**. 2011. Disponível em: <<http://zonaderisco.blogspot.com.br/2011/09/produtor-quase-perde-perna-em-acidente.html>>. Acesso em: 1 out. 2014.

APÊNDICES

1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIA EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 CNS-MS)

**USABILIDADE APLICADA AO ERGODESIGN DE ROÇADEIRAS LATERAIS
MOTORIZADAS: PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO E PROJETO DE SISTEMAS
DE SUSTENTAÇÃO MAIS CONFORTÁVEIS**

Esta pesquisa objetiva investigar e avaliar o nível de conforto após o uso de Cintos de Sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas. Em seguida você será convidado(a) a responder ao diagrama de Corlett e Manenica (1980), sendo indagado sobre possíveis ocorrências de dores ou desconfortos na utilização. Após o preenchimento do Diagrama você será convidado a responder a um questionário contendo perguntas referentes ao conforto dos materiais que compõem cada cinto.

Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis, antes, durante e após a realização da tomada de dados, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo.

Eu, _____ Rg nº _____ estou
ciente das informações descritas acima, concordo em participar da pesquisa e entendo
que **as informações e imagens cedidas por mim são confidenciais, ou seja,**
autorizo a sua divulgação única e exclusivamente no meio científico e acadêmico,
tendo a minha identidade totalmente preservada. Sou voluntário e não receberei
nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terei ônus algum. Tenho
total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa
não acarretará nenhum prejuízo para mim. Este "Termo de Consentimento Livre e
Esclarecido" atende a Resolução 196/96-CNS-MS e o "Código de Deontologia do
Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002 – ABERGO" -
CAAE:44196815.8.0000.5663.
Batatais, ____ de _____ de 20__.

Assinatura do voluntário

Certificamos que foi explicado ao sujeito acima, a natureza, propósito, benefícios
e possíveis riscos associados à sua participação nesta pesquisa, que respondemos
todas as questões que nos foram realizadas e testemunhamos a assinatura acima.

Prof. M.e Daniel Augusto Ferrari

Pesquisador
Rua das Acácias nº 503
Vila Lúcia
Batatais – SP
CEP 14300-000
Telefone (16) 9121 9816

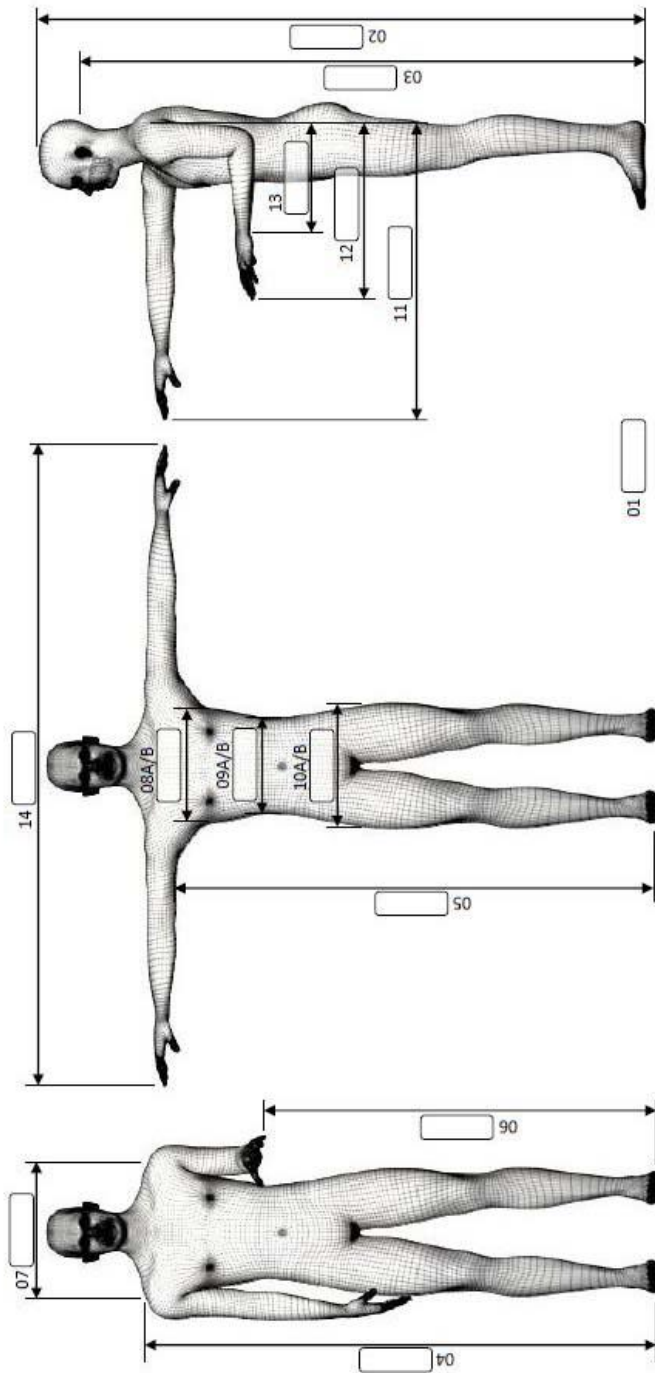
**Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos
Santos**

Orientador
PPGDI – FAAC – UNESP
Av. Eng. Luiz Edmundo C.
Coube, 14-01, Vargem
Limpa
Bauru – SP
CEP 17033-360
Telefone (14) 3103 6057

**2 – Ficha de coleta para levantamento antropométrico estático – posição
ereta**

FICHA DE COLETA PARA LEVANTAMENTO ANTROPOMÉTRICO ESTÁTICO – POSIÇÃO ERETA

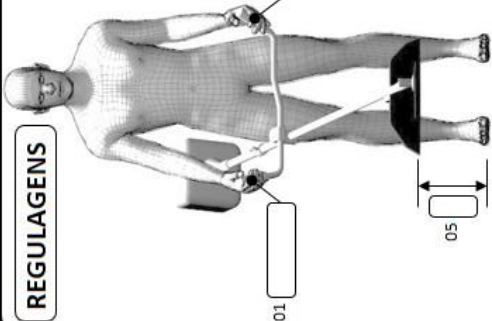
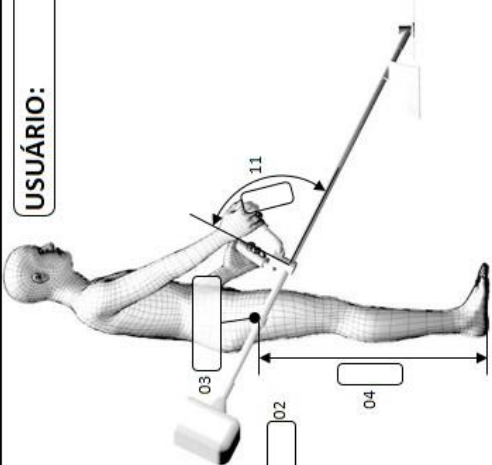
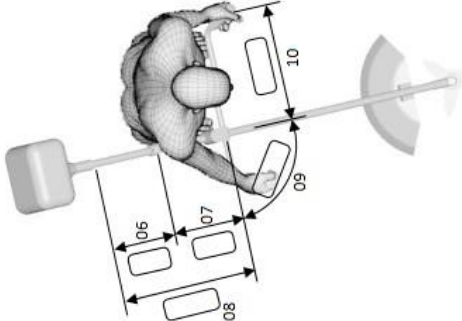
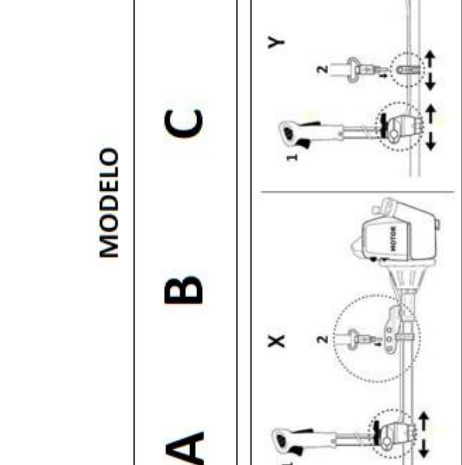
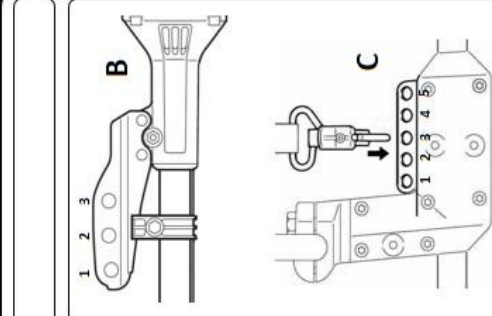
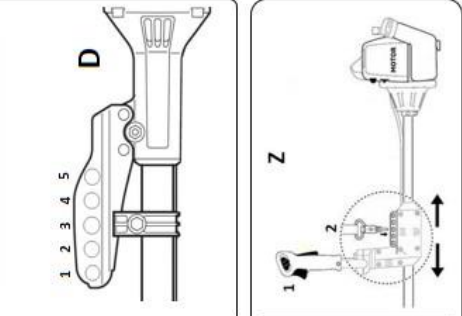
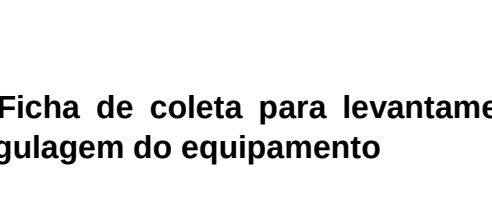
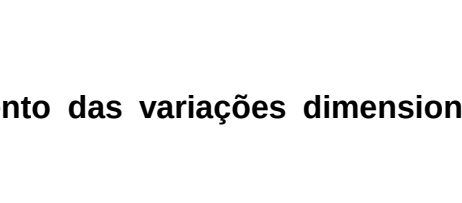
Nome: _____ Idade: _____ Responsável: _____ Data: _____



Dimensões lineares em centímetros. Peso em Kg/f.

01	Peso	05	Altura da Axila	09A	Diâmetro abdominal	13	Cotovelo-punho	10B	Perímetro do quadril
02	Estatura	06	Altura do cotovelo	10A	Bitrocantério	14	Envergadura		
03	Altura ocular	07	Biacromial	11	Acrômio extremo-mão	08B	Perímetro Torácico		
04	Altura acromial	08A	Diâmetro Torácico	12	Cotovelo-mão	09B	Perímetro abdominal		

3 – Ficha de coleta para levantamento das variações dimensionais de regulação do equipamento

REGULAGENS		USUÁRIO:	
			
			
			
			
			
			

4 – Protocolo – Usabilidade de Sistemas de Sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas

Protocolo - Usabilidade de Sistemas de Sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas	
Nome:	Idade: Data:
De acordo com o produto que você acabou de utilizar, faça um "x" em uma das quadriculas (à sua direita), correspondente às afirmações apresentadas na coluna à esquerda.	
1 A montagem do "guidão" é fácil.	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
2 Não é possível montar o "guidão" sem o uso do manual de instruções.	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
3 O "cinto de sustentação" me oferece estabilidade e segurança.	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
4 Após montado, o "guidão" não permite fácil regulagem para frente ou para traz, para direita ou para esquerda.	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
5 As regulagens do "cinto de sustentação" são fáceis de utilizar.	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
6 O "gancho" que prende o "cinto de sustentação" à roçadeira não permite o fácil desprendimento do equipamento.	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
7 O "suporte de sustentação" que prende a roçadeira ao "gancho" do "cinto de sustentação" oferece fácil regulagem.	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
8 Não consigo fazer o "sistema de corte" flutuar após soltar as duas mãos do "guidão".	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
9 O "suporte do guidão" e o "suporte de sustentação", elementos responsáveis pelo "equilíbrio" do equipamento, são práticos.	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
10 O "cinto de sustentação" não é confortável.	Concordo totalmente ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Discordo totalmente
Críticas e/ou sugestões sobre o uso do equipamento:	

5 – Protocolo – Conforto no pós-uso de cintos de sustentação em atividade com RLMS

Questionário - Conforto após o uso de Cintos de Sustentação em atividade com Roçadeiras Laterais Motorizadas					
Nome:	Idade:	Peso:	Altura:	Mod:	Data:
De acordo com o produto que você acabou de utilizar, faça um "x" em uma das quadrículas (á sua direita), correspondente às afirmações apresentadas na coluna à esquerda.					
1 Sobre o material que constitui as alças que se acomodam nos ombros e em outras partes do corpo.	☐	☐	☐	☐	Totalmente desconfortável
2 Sobre o material que constitui o <i>Pad</i> localizado entre a perna direita e a haste do equipamento.	☐	☐	☐	☐	Totalmente desconfortável
3 Sobre os elementos de fixação das alças ao corpo.	☐	☐	☐	☐	Totalmente desconfortável
4 Sua avaliação geral sobre o produto.	☐	☐	☐	☐	Totalmente desconfortável
5 Você se sentiu seguro ao usar este cinto?	☐	☐	☐	☐	Totalmente inseguro
6 Caso deseje, deixe alguma observação:					

6 – Teste estatístico – tempo de gasto na leitura dos manuais de instruções

Teste de Normalidade

Tests of Normality							
MODELO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Tempo total de leitura do manual	MODELO A	,215	10	,200*	,872	10	,106
	MODELO B	,239	10	,110	,875	10	,114
	MODELO C	,350	10	,001	,723	10	,002
	MODELO D	,127	10	,200*	,973	10	,914
	MODELO E	,242	10	,101	,917	10	,334

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Hipóteses:

H0 = O tempo total de leitura do manual segue uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo A/B/C/D/E.

H1 = H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=10, para os 5 modelos), aplica-se o teste (de aderência à normal) de *Shapiro-wilk*.

Regra de decisão: Rejeitar H0 se Sig. $\leq$ 0,05.

Resultado: Não segue distribuição normal.

Teste de *Kruskal Wallis*

Test Statistics ^{a,b}	
	Tempo total de leitura do manual
Chi-Square	8,007
df	4
Asymp. Sig.	,091

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: MODELO

Como sig. = 0,091 > 0,05 aceita-se H0, ou seja, não pode-se afirmar que existe pelo menos um modelo de manual diferente dos restantes.

7 – Teste estatístico – tempo de montagem e regulagem dos suportes de sustentação e empunhaduras: modelos A e C

Teste de normalidade

Tests of Normality

MODELO	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Tempo total de montagem MODELO AE	,164	20	,167	,872	20	,013
dos suportes MODELO C	,193	10	,200*	,897	10	,205

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Hipóteses:

H0 = o tempo total de montagem e regulagem dos suportes de sustentação e empunhaduras segue uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo A/C.

H1 = H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=10), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq$ 0,05.

Resultado: não segue distribuição normal

Teste de homogeneidade

Hipóteses:

H0 = a variância dos tempos de montagem do grupo A é igual à variância do grupo C.

H1 = H0 é falsa.

Regra de decisão: não rejeitar H0 se sig. $\geq$ 0,05.

Test of Homogeneity of Variance

	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Tempo total de montagem dos suportes	Based on Mean	1	28	,261
	Based on Median	1	28	,354
	Based on Median and with adjusted df	1	22,166	,356
	Based on trimmed mean	1	28	,317

Decisão: como $0,261 > 0,05$ não se rejeita H_0 , ou seja, podemos assumir a igualdade das variâncias.

Entretanto, os dados das amostras não apresentaram normalidade. Sendo assim, deve-se realizar o teste não paramétrico para duas amostras independentes.

Teste de MANN-WHITNEY**Hipóteses**

H_0 = não existem diferenças entre os tempos de montagem e regulação dos suportes A e C.

H_1 = H_0 é falsa.

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
Tempo total de montagem dos suportes e tentativa de balanceamento	30	9,0383	4,24588	2,97	23,07	5,8550	9,2250	11,5900
MODELO	30	1,33	,479	1	2	1,00	1,00	2,00

Mann-Whitney Test**Ranks**

MODELO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
Tempo total de montagem dos suportes MODELO AE	20	19,15	383,00
MODELO C	10	8,20	82,00
Total	30		

Test Statistics^b

	Tempo total de montagem dos suportes
Mann-Whitney U	27,000
Wilcoxon W	82,000
Z	-3,212
Asymp. Sig. (2-tailed)	,001
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,001 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: MODELO

Como $\text{sig.} = 0,001 > 0,05$ rejeita-se H_0 , portanto, há diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tempos de montagem dos suportes A e C.

Pode-se concluir que os utilizadores dos suportes modelos C levaram menor tempo para montagem e ajustagem do que o grupo de participantes que realizaram a montagem com o suporte A.

8 – Teste estatístico – tempo de vestimenta e ajustagem dos cintos

Teste de normalidade

Hipóteses:

H0 = o tempo total de vestimenta e ajustagem dos cintos segue uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo A/B/C/D/E.

H1 = H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=10, para os 5 modelos), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq$ 0,05.

Resultado: não segue distribuição normal.

Tests of Normality							
Modelo		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Tempo de vestimenta e ajustagem do cinto	Modelo A	,219	10	,193	,825	10	,029
	Modelo B	,265	10	,045	,831	10	,034
	Modelo C	,150	10	,200*	,969	10	,884
	Modelo D	,125	10	,200*	,939	10	,543
	Modelo E	,150	10	,200*	,924	10	,391

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Teste de Kruskal-Wallis

H0= nos cinco modelos não existem diferenças significativas no que concerne ao tempo de regulagem do cinto.

H1= H0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig $\leq$ 0,05.

Test Statistics ^{a,b}	
	Tempo de regulagem do cinto
Chi-Square	11,528
df	4
Asymp. Sig.	,021

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: Modelo

Como sig. =0,021<0,05 rejeita-se H₀, ou seja, pode-se afirmar que existe pelo menos um modelo diferente dos restantes.

Cria-se uma nova variável com o valor da ordenação (*ranking*) do tempo de regulagem do cinto.

Hipóteses do teste:

H₀= não existem diferenças significativas entre o modelo X e o modelo Y.

H₁= H₀ é falsa.

Multiple Comparisons

Rank of T_cinto

Scheffe

(I) Modelo	(J) Modelo	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
Modelo A	Modelo B	14,300	5,948	,235	-4,80	33,40
	Modelo C	16,100	5,948	,139	-3,00	35,20
	Modelo D	,900	5,948	1,000	-18,20	20,00
	Modelo E	2,200	5,948	,998	-16,90	21,30
Modelo B	Modelo A	-14,300	5,948	,235	-33,40	4,80
	Modelo C	1,800	5,948	,999	-17,30	20,90
	Modelo D	-13,400	5,948	,296	-32,50	5,70
	Modelo E	-12,100	5,948	,400	-31,20	7,00
Modelo C	Modelo A	-16,100	5,948	,139	-35,20	3,00
	Modelo B	-1,800	5,948	,999	-20,90	17,30
	Modelo D	-15,200	5,948	,183	-34,30	3,90
	Modelo E	-13,900	5,948	,261	-33,00	5,20
Modelo D	Modelo A	-,900	5,948	1,000	-20,00	18,20
	Modelo B	13,400	5,948	,296	-5,70	32,50
	Modelo C	15,200	5,948	,183	-3,90	34,30
	Modelo E	1,300	5,948	1,000	-17,80	20,40
Modelo E	Modelo A	-2,200	5,948	,998	-21,30	16,90
	Modelo B	12,100	5,948	,400	-7,00	31,20
	Modelo C	13,900	5,948	,261	-5,20	33,00
	Modelo D	-1,300	5,948	1,000	-20,40	17,80

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq 0,05$.

Desse modo, como todas as sig são $> 0,05$ não se consegue identificar as diferenças.

9 – Teste estatístico – somatória dos tempos de vestimenta dos cintos, montagem e regulagem dos suportes de sustentação e empunhaduras

GRUPOS MODELOS: A / C / E

Teste de normalidade

Tests of Normality							
Modelo		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
SomaT	Modelo A	,185	10	,200*	,888	10	,160
	Modelo C	,209	10	,200*	,849	10	,057
	Modelo E	,143	10	,200*	,943	10	,591

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Hipóteses:

H0 = a somatória do tempo total de vestimenta dos cintos, montagem e regulagem dos suportes de sustentação/empunhaduras segue uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo A/C/E.

H1 = H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=10), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq$ 0,05.

Resultado: segue distribuição normal.

Teste de homogeneidade

Hipóteses:

H0 = A variância dos tempos de vestimenta e montagem dos grupos A, C e E são iguais.

H1 = H0 é falsa.

Regra de decisão: **NÃO** rejeitar H0 se sig. $\geq$ 0,05.

Test of Homogeneity of Variances

SomaT

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4,387	2	27	,022

Como $0,022 < 0,05$ rejeita-se H_0 , entretanto, como a dimensão das amostras é igual (10 sujeitos em todos os grupos), é possível realizar o teste de ANOVA.

Teste de ANOVA

Hipóteses:

$H_0: \mu_A = \mu_C = \mu_E$

H_1 : pelo menos uma das médias é diferente das restantes.

Critério: rejeitar H_0 se sig. $\leq 0,05$.

ANOVA

SomaT

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	361,119	2	180,560	7,000	,004
Within Groups	696,411	27	25,793		
Total	1057,530	29			

Neste caso, como $0,004 < 0,05$ rejeitamos H_0 , ou seja, existem evidências estatísticas que permitem afirmar que pelos menos uma das médias é significativamente diferente das restantes.

Para averiguar quais são as médias, realizaram-se os testes Post Hoc:

Multiple Comparisons

Dependent Variable:SomaT

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) Modelo	(J) Modelo	Lower Bound				Upper Bound	
Tukey HSD	Modelo A	Modelo C	8,10500*	2,27126	,004	2,4736	13,7364
		Modelo E	1,83900	2,27126	,700	-3,7924	7,4704
	Modelo C	Modelo A	-8,10500*	2,27126	,004	-13,7364	-2,4736
		Modelo E	-6,26600*	2,27126	,027	-11,8974	-,6346
	Modelo E	Modelo A	-1,83900	2,27126	,700	-7,4704	3,7924
		Modelo C	6,26600*	2,27126	,027	,6346	11,8974
Scheffe	Modelo A	Modelo C	8,10500*	2,27126	,005	2,2224	13,9876
		Modelo E	1,83900	2,27126	,723	-4,0436	7,7216
	Modelo C	Modelo A	-8,10500*	2,27126	,005	-13,9876	-2,2224
		Modelo E	-6,26600*	2,27126	,035	-12,1486	-,3834
	Modelo E	Modelo A	-1,83900	2,27126	,723	-7,7216	4,0436
		Modelo C	6,26600*	2,27126	,035	,3834	12,1486

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

SomaT

		N	Subset for alpha = 0.05	
Modelo			1	2
Tukey HSD^a	Modelo C	10	8,6170	
	Modelo E	10		14,8830
	Modelo A	10		16,7220
	Sig.		1,000	,700
Scheffe^a	Modelo C	10	8,6170	
	Modelo E	10		14,8830
	Modelo A	10		16,7220
	Sig.		1,000	,723

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.
- b.

Sendo assim, foi possível concluir, estatisticamente, que os utilizadores do equipamento modelo C levaram menor tempo para realizar o balanceamento da máquina em relação aos demais modelos.

10 – Teste estatístico – forças encontradas no dispositivo de mensuração (cintos de sustentação)

Teste de Normalidade

Tests of Normality							
MODELO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
FORÇA ENCONTRADA NO CINTO DE SUSTENTAÇÃO	MODELO A	,387	10	,000	,543	10	,000
	MODELO B	,193	10	,200*	,918	10	,339
	MODELO C	,383	10	,000	,555	10	,000
	MODELO D	,215	10	,200*	,899	10	,214

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Hipóteses:

H0: os dados de forças encontradas no cinto de sustentação seguem uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo A/B/C/D.

H1: H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=10, para os 4 modelos), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq 0,05$.

Conclusão: não se pode aceitar que os valores de todos os grupos seguem distribuição normal.

Sendo assim, só é possível aplicar testes não paramétricos.

Hipóteses:

H0: existem diferenças significativas entre os grupos A/B/C/D no que se refere às forças encontradas nos cintos de sustentação dos sujeitos analisados.

H1: H0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq 0,05$.

Test Statistics ^{a,b}	
	FORÇA ENCONTRADA NO CINTO DE SUSTENTAÇÃO
Chi-Square	27,453
df	3
Asymp. Sig.	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: MODELO

Como $\text{sig.} = 0,000 < 0,05$ rejeita-se H_0 , ou seja, pode-se afirmar que existe pelo menos um modelo diferente dos restantes.

Para averiguar qual, ou quais, são esses grupos, cria-se uma variável com o valor da ordenação (*ranking*) das forças encontradas no cinto de sustentação.

Em seguida, aplica-se o teste de comparações múltiplas de Tukey e Scheffé.

Hipóteses do teste:

H_0 : não existem diferenças significativas entre o modelo X e o modelo Y.

H_1 : H_0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H_0 se $\text{sig.} \leq 0,05$.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: RANK FORÇAS ENCONTRADAS NO CINTO DE SUSTENTAÇÃO

			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
(I) MODELO	(J) MODELO					Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	MODELO A	MODELO B	11,4000*	2,9551	,002	3,441	19,359
		MODELO C	-7,8000	2,9551	,057	-15,759	,159
		MODELO D	17,0000*	2,9551	,000	9,041	24,959
	MODELO B	MODELO A	-11,4000*	2,9551	,002	-19,359	-3,441
		MODELO C	-19,2000*	2,9551	,000	-27,159	-11,241
		MODELO D	5,6000	2,9551	,248	-2,359	13,559
	MODELO C	MODELO A	7,8000	2,9551	,057	-,159	15,759
		MODELO B	19,2000*	2,9551	,000	11,241	27,159
		MODELO D	24,8000*	2,9551	,000	16,841	32,759
	MODELO D	MODELO A	-17,0000*	2,9551	,000	-24,959	-9,041
		MODELO B	-5,6000	2,9551	,248	-13,559	2,359
		MODELO C	-24,8000*	2,9551	,000	-32,759	-16,841
Scheffe	MODELO A	MODELO B	11,4000*	2,9551	,006	2,734	20,066
		MODELO C	-7,8000	2,9551	,091	-16,466	,866
		MODELO D	17,0000*	2,9551	,000	8,334	25,666
	MODELO B	MODELO A	-11,4000*	2,9551	,006	-20,066	-2,734
		MODELO C	-19,2000*	2,9551	,000	-27,866	-10,534
		MODELO D	5,6000	2,9551	,325	-3,066	14,266
	MODELO C	MODELO A	7,8000	2,9551	,091	-,866	16,466
		MODELO B	19,2000*	2,9551	,000	10,534	27,866
		MODELO D	24,8000*	2,9551	,000	16,134	33,466
	MODELO D	MODELO A	-17,0000*	2,9551	,000	-25,666	-8,334
		MODELO B	-5,6000	2,9551	,325	-14,266	3,066
		MODELO C	-24,8000*	2,9551	,000	-33,466	-16,134

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

RANK FORÇAS ENCONTRADAS NO CINTO DE SUSTENTAÇÃO				
MODELO		N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Tukey HSD ^a	MODELO D	10	8,650	
	MODELO B	10	14,250	
	MODELO A	10		25,650
	MODELO C	10		33,450
	Sig.		,248	,057
Scheffe ^a	MODELO D	10	8,650	
	MODELO B	10	14,250	
	MODELO A	10		25,650
	MODELO C	10		33,450
	Sig.		,325	,091

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

Conforme a tabela acima, pode-se rejeitar H_0 , pois foi possível identificar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as forças encontradas nos cintos de sustentação dos grupos: (A e C) $\neq$ (B e D).

Como os dados dos grupos A e C apresentaram normalidade, foi possível realizar um teste de homogeneidade entre os dois grupos, de forma a utilizar um teste paramétrico.

As amostras também apresentaram homogeneidade de variâncias, sendo assim, foi realizado o teste T de *student*.

Hipóteses do teste:

H_0 : não existem diferenças significativas entre o modelo A e o modelo C.

H_1 : H_0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H_0 se sig. $\leq 0,05$.

T-Test

Group Statistics

	MODELO	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
FORÇA ENCONTRADA NO CINTO DE SUSTENTAÇÃO	MODELO A	10	7,5770	2,43547	,77016
	MODELO C	10	8,6300	,69450	,21962

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
FORÇA ENCONTRADA NO CINTO DE SUSTENTAÇÃO	Equal variances assumed	2,344	,143	-1,315	18	,205	-1,05300	,80086	-2,73555	,62955
	Equal variances not assumed			-1,315	10,454	,217	-1,05300	,80086	-2,82699	,72099

Após a realização do teste T, foi evidenciado que não há diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os grupos A e C.

Em seguida, buscou-se descobrir se haviam diferenças estatisticamente significativas nas forças encontradas nos cintos de sustentação entre os grupos B e D.

Como as amostras dos dois grupos não apresentaram distribuição normal, aplicou-se o teste de Mann-Whitney U.

Hipóteses do teste:

H0: não existem diferenças significativas entre o modelo B e D.

H1: H0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq 0,05$.

Mann-Whitney Test

Ranks				
	MODELO	N	Mean Rank	Sum of Ranks
FORÇA ENCONTRADA NO CINTO DE SUSTENTAÇÃO	MODELO B	10	13,25	132,50
	MODELO D	10	7,75	77,50
	Total	20		

Test Statistics ^b	
	FORÇA ENCONTRADA NO CINTO DE SUSTENTAÇÃO
Mann-Whitney U	22,500
Wilcoxon W	77,500
Z	-2,086
Asymp. Sig. (2-tailed)	,037
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,035 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: MODELO

Após realização do teste foi evidenciado que há diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os grupos B e D.

11 – Teste estatístico – forças encontradas no dispositivo de mensuração (empunhaduras direitas)

Teste de normalidade

Tests of Normality							
MODELO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
FORÇA	MODELO A	,226	10	,157	,888	10	,160
ENCONTRADA NO	MODELO B	,122	10	,200*	,964	10	,825
BRAÇO DIREITO	MODELO C	,300	10	,011	,602	10	,000
	MODELO D	,154	10	,200*	,949	10	,658

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Hipóteses:

H0: os dados de forças encontradas nas empunhaduras direitas seguem uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo A/B/C/D.

H1: H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=10, para os 4 modelos), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq 0,05$.

Conclusão: não se pode aceitar que os valores de todos os grupos seguem distribuição normal.

Sendo assim, só é possível aplicar testes não paramétricos.

Hipóteses:

H0: existem diferenças significativas entre os grupos A/B/C/D no que se refere às forças encontradas nas empunhaduras direitas dos sujeitos analisados.

H1: H0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq 0,05$.

Test Statistics ^{a,b}	
	FORÇA ENCONTRADA NO BRAÇO DIREITO
Chi-Square	31,558
df	3
Asymp. Sig.	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: MODELO

Como $\text{sig.} = 0,000 < 0,05$ rejeita-se H_0 , ou seja, pode-se afirmar que existe pelo menos um modelo diferente dos restantes.

Para averiguar qual, ou quais, seriam esses grupos, cria-se uma variável de valor da ordenação (*ranking*) das forças encontradas nas empunhaduras direitas. Em seguida, aplicou-se o teste de comparações múltiplas de Tukey e Scheffé.

Hipóteses do teste:

H_0 : não existem diferenças significativas entre o modelo X e o modelo Y.

H_1 : H_0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H_0 se $\text{sig.} \leq 0,05$.

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: RANK FORÇAS ENCONTRADAS NAS EMPUNHADURAS DIREITAS

	(I) MODELO	(J) MODELO	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	MODELO A	MODELO B	-14,700000*	2,368896	,000	-21,07997	-8,32003
		MODELO C	4,800000	2,368896	,197	-1,57997	11,17997
		MODELO D	-20,500000*	2,368896	,000	-26,87997	-14,12003
	MODELO B	MODELO A	14,700000*	2,368896	,000	8,32003	21,07997
		MODELO C	19,500000*	2,368896	,000	13,12003	25,87997
		MODELO D	-5,800000	2,368896	,086	-12,17997	,57997
	MODELO C	MODELO A	-4,800000	2,368896	,197	-11,17997	1,57997
		MODELO B	-19,500000*	2,368896	,000	-25,87997	-13,12003
		MODELO D	-25,300000*	2,368896	,000	-31,67997	-18,92003
	MODELO D	MODELO A	20,500000*	2,368896	,000	14,12003	26,87997
		MODELO B	5,800000	2,368896	,086	-,57997	12,17997
		MODELO C	25,300000*	2,368896	,000	18,92003	31,67997
Scheffe	MODELO A	MODELO B	-14,700000*	2,368896	,000	-21,64648	-7,75352
		MODELO C	4,800000	2,368896	,268	-2,14648	11,74648
		MODELO D	-20,500000*	2,368896	,000	-27,44648	-13,55352
	MODELO B	MODELO A	14,700000*	2,368896	,000	7,75352	21,64648
		MODELO C	19,500000*	2,368896	,000	12,55352	26,44648
		MODELO D	-5,800000	2,368896	,132	-12,74648	1,14648
	MODELO C	MODELO A	-4,800000	2,368896	,268	-11,74648	2,14648
		MODELO B	-19,500000*	2,368896	,000	-26,44648	-12,55352
		MODELO D	-25,300000*	2,368896	,000	-32,24648	-18,35352
	MODELO D	MODELO A	20,500000*	2,368896	,000	13,55352	27,44648
		MODELO B	5,800000	2,368896	,132	-1,14648	12,74648
		MODELO C	25,300000*	2,368896	,000	18,35352	32,24648

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

RANK FORÇAS ENCONTRADAS NAS EMPUNHADURAS DIREITAS

MODELO		N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Tukey HSD ^a	MODELO C	10	8,10000	27,60000 33,40000
	MODELO A	10	12,90000	
	MODELO B	10		
	MODELO D	10		
	Sig.		,197	,086
Scheffe ^a	MODELO C	10	8,10000	27,60000 33,40000
	MODELO A	10	12,90000	
	MODELO B	10		
	MODELO D	10		
	Sig.		,268	,132

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

Conforme a tabela acima, pode-se rejeitar H_0 , pois foi possível identificar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as forças encontradas nas empunhaduras direitas dos grupos: (A e C) $\neq$ (B e D).

12 – Teste estatístico – forças encontradas no dispositivo de mensuração (empunhaduras esquerdas)

Teste de normalidade

Tests of Normality							
MODELO		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
FORÇA	MODELO A	,159	10	,200*	,972	10	,911
ENCONTRADA NO	MODELO B	,188	10	,200*	,970	10	,890
BRAÇO	MODELO C	,389	10	,000	,564	10	,000
ESQUERDO	MODELO D	,172	10	,200*	,955	10	,730

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Hipóteses:

H0: os dados de forças encontradas nas empunhaduras esquerdas seguem uma distribuição normal na população de utilizadores dos modelos A/B/C/D.

H1: H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=10, para os 4 modelos), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq 0,05$.

Conclusão: não se pode aceitar que os valores de todos os grupos seguem distribuição normal.

Sendo assim só é possível aplicar testes não-paramétricos.

Hipóteses:

H0: existem diferenças significativas entre os grupos A/B/C/D no que se refere às forças encontradas nas empunhaduras esquerdas dos sujeitos analisados.

H1: H0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq 0,05$.

Test Statistics ^{a,b}	
	FORÇA ENCONTRADA NO BRAÇO ESQUERDO
Chi-Square	30,541
df	3
Asymp. Sig.	,000

a. Kruskal Wallis Test

b. Grouping Variable: MODELO

Como $\text{sig.} = 0,000 < 0,05$ rejeita-se H_0 , ou seja, pode-se afirmar que existe pelo menos um modelo diferente dos restantes.

Para averiguar qual ou quais seriam estes grupos, cria-se uma variável de valor da ordenação (*ranking*) das forças encontradas nas empunhaduras esquerdas. Em seguida aplica-se o teste de comparações múltiplas de Tukey e Scheffé.

Hipóteses do teste:

H_0 : não existem diferenças significativas entre o modelo X e o modelo Y.

H_1 : H_0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H_0 se $\text{sig.} \leq 0,05$.

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: RANK FORÇAS ENCONTRADAS NAS EMPUNHADURAS ESQUERDAS

(I) MODELO (J) MODELO			Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	MODELO A	MODELO B	-16,050000*	2,524821	,000	-22,84992	-9,25008
		MODELO C	5,700000	2,524821	,127	-1,09992	12,49992
		MODELO D	-18,050000*	2,524821	,000	-24,84992	-11,25008
	MODELO B	MODELO A	16,050000*	2,524821	,000	9,25008	22,84992
		MODELO C	21,750000*	2,524821	,000	14,95008	28,54992
		MODELO D	-2,000000	2,524821	,858	-8,79992	4,79992
	MODELO C	MODELO A	-5,700000	2,524821	,127	-12,49992	1,09992
		MODELO B	-21,750000*	2,524821	,000	-28,54992	-14,95008
		MODELO D	-23,750000*	2,524821	,000	-30,54992	-16,95008
	MODELO D	MODELO A	18,050000*	2,524821	,000	11,25008	24,84992
		MODELO B	2,000000	2,524821	,858	-4,79992	8,79992
		MODELO C	23,750000*	2,524821	,000	16,95008	30,54992
Scheffe	MODELO A	MODELO B	-16,050000*	2,524821	,000	-23,45371	-8,64629
		MODELO C	5,700000	2,524821	,185	-1,70371	13,10371
		MODELO D	-18,050000*	2,524821	,000	-25,45371	-10,64629
	MODELO B	MODELO A	16,050000*	2,524821	,000	8,64629	23,45371
		MODELO C	21,750000*	2,524821	,000	14,34629	29,15371
		MODELO D	-2,000000	2,524821	,889	-9,40371	5,40371
	MODELO C	MODELO A	-5,700000	2,524821	,185	-13,10371	1,70371
		MODELO B	-21,750000*	2,524821	,000	-29,15371	-14,34629
		MODELO D	-23,750000*	2,524821	,000	-31,15371	-16,34629
	MODELO D	MODELO A	18,050000*	2,524821	,000	10,64629	25,45371
		MODELO B	2,000000	2,524821	,889	-5,40371	9,40371
		MODELO C	23,750000*	2,524821	,000	16,34629	31,15371

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

**RANK FORÇAS ENCONTRADAS NAS EMPUNHADURAS
ESQUERDAS**

		N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Tukey HSD ^a	MODELO C	10	7,70000	
	MODELO A	10	13,40000	
	MODELO B	10		29,45000
	MODELO D	10		31,45000
	Sig.		,127	,858
Scheffe ^a	MODELO C	10	7,70000	
	MODELO A	10	13,40000	
	MODELO B	10		29,45000
	MODELO D	10		31,45000
	Sig.		,185	,889

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 10,000.

Conforme a tabela acima, pode-se rejeitar H₀, pois foi possível identificar diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as forças encontradas nas empunhaduras esquerdas dos grupos: (A e C) $\neq$ (B e D).

13 – Teste estatístico – tempos de montagem dos suportes C e F

Teste de normalidade

Hipóteses:

H0: o tempo de montagem dos suportes de sustentação segue uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo C/F.

H1: H0 é falsa.

Como a amostra é pequena ($n=15$ para cada modelo), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq 0,05$

Tests of Normality							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TEMPO DE MONTAGEM DO SUPORTE	SISTEMA C	,266	15	,005	,781	15	,002
	SISTEMA F	,192	15	,144	,830	15	,009

a. Lilliefors Significance Correction

Conclusão: de acordo com as Sig.<0,05 em relação ao tempo de montagem dos suportes, pode-se considerar que os 2 modelos não seguem distribuição normal, sendo assim, é possível aplicar apenas testes não paramétricos.

Teste não paramétrico de Mann-Whitney

Hipóteses:

H0: não existe variância entre os tempos de montagem dos suportes de sustentação dos grupos C e F.

H1: H0 é falsa

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq 0,05$.

Test Statistics^b

	TEMPO DE MONTAGEM DO SUPORTE
Mann-Whitney U	36,500
Wilcoxon W	156,500
Z	-3,153
Asymp. Sig. (2-tailed)	,002
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,001 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: SISTEMA

Como $0,002 < 0,05$, rejeita-se H_0 , ou seja, existem evidências estatísticas que permitem afirmar a variância estatística entre os tempos de montagem dos suportes entre os grupos C e F.

14 – Teste estatístico – tempos de vestimenta dos cintos de sustentação: modelos E e F

Teste de normalidade

Hipóteses:

H0: o tempo de vestimenta dos cintos segue uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo E/F

H1: H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=15 para cada modelo), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq 0,05$.

Tests of Normality							
SISTEMA		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TEMPO DE VESTIMENTA	SISTEMA C	,232	15	,029	,833	15	,010
DO CINTO	SISTEMA F	,164	15	,200*	,893	15	,074

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Conclusão: de acordo com uma das Sig. $< 0,05$ em relação ao tempo de vestimenta dos cintos, pode-se considerar que um dos grupos não segue a distribuição normal, sendo assim, é possível aplicar apenas testes não paramétricos.

Teste não paramétrico de Mann-Whitney

Hipóteses:

H0: não existe variância entre os tempos de vestimenta dos cintos de sustentação entre os grupos E e F.

H1: H0 é falsa

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq 0,05$.

Test Statistics^b

	TEMPO DE VESTIMENTA DO CINTO
Mann-Whitney U	80,500
Wilcoxon W	200,500
Z	-1,328
Asymp. Sig. (2-tailed)	.184
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,187 ^a

a. Not corrected for ties.

b. Grouping Variable: SISTEMA

Como $0,184 > 0,05$, não se rejeita H_0 , ou seja, não existem evidências estatísticas que permitem afirmar que há variância estatística entre os tempos de vestimenta dos cintos nos grupos E e F.

15 – Teste estatístico – tempos de ajustagem para balanceamento: sistemas E e F

Teste de normalidade

Hipóteses:

H0: o tempo de ajuste para balanceamento segue uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo E/F

H1: H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=15 para cada modelo), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq 0,05$

Tests of Normality							
SISTEMA		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
TEMPO DE AJUSTE PARA BALANCEAMENTO	SISTEMA C	,212	15	,069	,904	15	,109
	SISTEMA F	,134	15	,200*	,922	15	,204

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Conclusão: de acordo com as Sig. $> 0,05$ em relação ao tempo de ajuste para balanceamento, pode-se considerar que ambos os grupos seguem distribuição normal, sendo assim, é possível aplicar testes paramétricos.

Teste “T” student para duas amostras independentes

Hipóteses:

H0: não existe variância entre os tempos de ajuste para balanceamento entre os grupos E e F.

H1: H0 é falsa

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq 0,05$.

Group Statistics

SISTEMA		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
TEMPO DE AJUSTE PARA	SISTEMA C	15	4,1827	2,70262	,69781
BALANCEAMENTO	SISTEMA F	15	1,5527	,65396	,16885

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
TEMPO DE AJUSTE PARA BALANCEAMENTO	Equal variances assumed	7,680	,010	3,663	28	,001	2,63000	,71795	1,15934	4,10066
	Equal variances not assumed			3,663	15,634	,002	2,63000	,71795	1,10511	4,15489

Como $0,002 < 0,05$, rejeita-se H_0 , ou seja, existem evidências estatísticas que permitem afirmar que há variância estatística entre os tempos de balanceamento dos equipamentos nos grupos E e F.

16 – Teste estatístico – somatória dos tempos de cada tarefa: sistemas C/E e F/F

Teste de normalidade

Hipóteses:

H0: o tempo total de montagem do sistema segue uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo E/F.

H1: H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=15 para cada modelo), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq 0,05$.

Tests of Normality							
SISTEMA		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
SOMATÓRIA	SISTEMA C	,196	15	,125	,924	15	,218
DOS TEMPOS	SISTEMA F	,143	15	,200*	,957	15	,642

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Conclusão: de acordo com as Sig. $>0,05$ em relação ao tempo total de montagem do sistema, pode-se considerar que ambos os grupos seguem distribuição normal, sendo assim, é possível aplicar testes paramétricos.

Teste “T” student para duas amostras independentes

Hipóteses:

H0: não existe variância entre os tempos de ajuste para balanceamento entre os grupos E e F.

H1: H0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq 0,05$.

Group Statistics

SISTEMA		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
SOMATÓRIA DOS TEMPOS	SISTEMA C	15	10,2280	4,30017	1,11030
	SISTEMA F	15	5,2087	1,21295	,31318

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
SOMATÓRIA DOS TEMPOS	Equal variances assumed	10,303	,003	4,351	28	,000	5,01933	1,15362	2,65624	7,38243
	Equal variances not assumed			4,351	16,214	,000	5,01933	1,15362	2,57638	7,46229

Como $0,000 < 0,05$, rejeita-se H_0 , ou seja, existem evidências estatísticas que permitem afirmar que há diferenças estatísticas entre os tempos totais de montagem dos sistemas nos grupos E e F.

17 – Teste estatístico – médias finais dos protocolos SUS: sistemas C/E e F/F

Teste de normalidade

Hipóteses:

H0: os valores dados às respostas finais dos protocolos SUS seguem uma distribuição normal na população de utilizadores do modelo E/F.

H1: H0 é falsa.

Como a amostra é pequena (n=15 para cada modelo), aplica-se o teste (de aderência à normal) de Shapiro-wilk.

Regra de decisão: rejeitar H0 se Sig. $\leq$ 0,05.

Tests of Normality						
SISTEMA		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk	
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df
NOTA FINAL	SISTEMA C	,197	15	,122	,918	15
PROTOCOLO	SISTEMA F	,148	15	,200*	,880	15
SUS						

a. Lilliefors Significance Correction

*. This is a lower bound of the true significance.

Conclusão: de acordo com as Sig., em relação às notas finais obtidas no protocolo SUS, pode-se considerar que um dos grupos não segue distribuição normal, sendo assim, é possível apenas aplicar testes não paramétricos.

Teste de Mann-Whitney U

Hipóteses:

H0: não existe variância entre notas finais atribuídas pelos grupos E e F.

H1: H0 é falsa.

Regra de decisão: rejeitar H0 se sig. $\leq$ 0,05.

Test Statistics ^b	
	NOTA FINAL PROTOCOLO SUS
Mann-Whitney U	53,000
Wilcoxon W	173,000
Z	-2,486
Asymp. Sig. (2-tailed)	.013
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,013 ^a

a. Not corrected for ties.

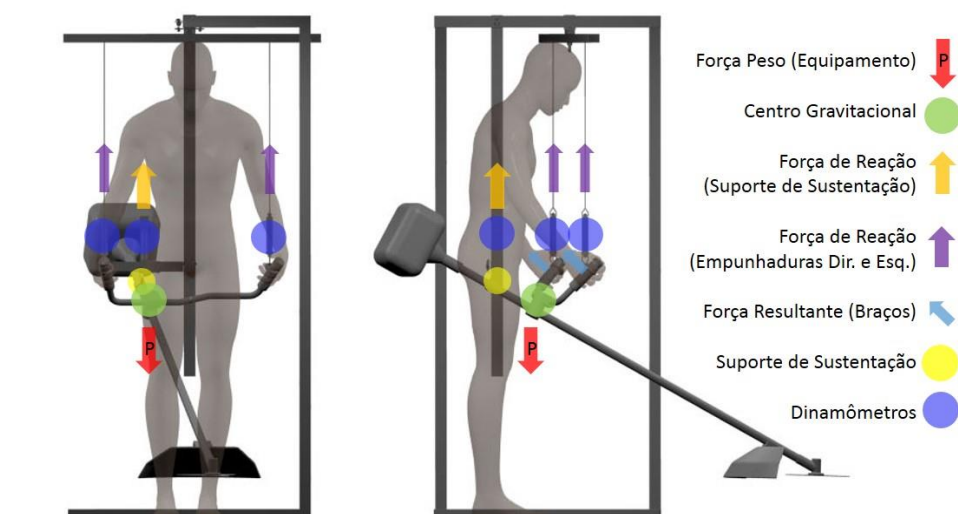
b. Grouping Variable: SISTEMA

Como $0,013 < 0,05$, rejeita-se H_0 , ou seja, existem evidências que permitem afirmar que há diferenças estatísticas entre as notas finais do protocolo SUS atribuídas entre os grupos E e F.

18 – Projeto e construção do dispositivo de mensuração de forças

O projeto e construção do dispositivo de mensuração partiu do desenho de um modelo virtual 3D, levando em consideração os diferentes mecanismos de sustentação, bem como os dados antropométricos coletados (vide tópico 3.2.2.3). Este passo se demonstrou importante, pois, com o modelo tridimensional, foi possível avaliar minuciosamente cada condição, possibilitando inserir as prováveis forças que atuavam no sistema com maior fidelidade. A Figura 98 apresenta uma representação esquemática do dispositivo, homem e componentes de forças atuantes na postura com RLM.

Figura 98 – Representação humana empunhando uma RLM, dispositivo de mensuração e forças atuantes no sistema.



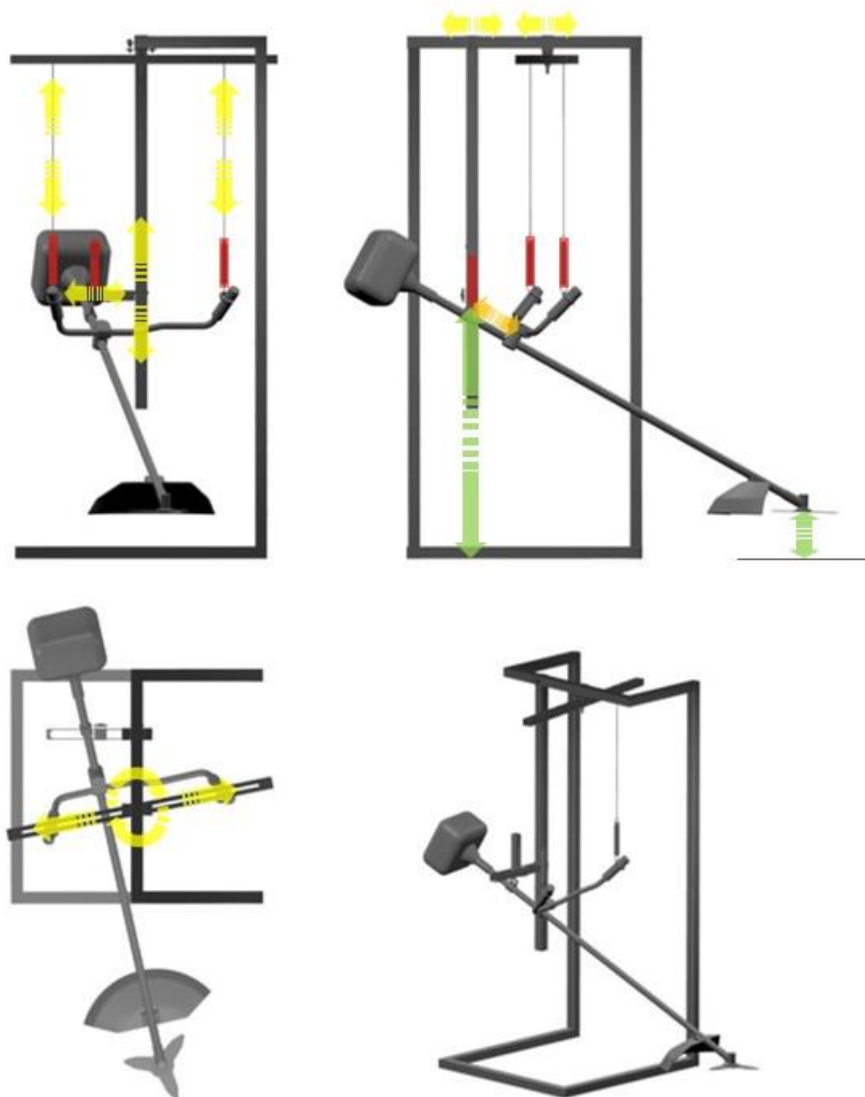
Fonte: autor

Dessa forma, concluiu-se que o sistema em estudo é constituído pelo: peso do equipamento, centro gravitacional, força de reação (suporte de sustentação), forças de reação (empunhaduras direita e esquerda) e forças resultantes nos braços

Sendo assim, 3 forças atuam separadamente nessa condição, onde 3 dinamômetros (vide item 3.2.2.2), conectados às extremidades do dispositivo, poderiam mensurar as cargas de maneira independente. É válido lembrar que

neste estudo foram consideradas somente as forças atuantes com o operador na posição estática e que o projeto deveria ser executado de maneira a se adaptar as diferentes formas de regulagens dos 4 sistemas em análise. A Figura 99 demonstra uma representação em três vistas ortográficas e isometria do dispositivo de mensuração, RLM e seus ajustes.

Figura 99 – Dispositivo de mensuração de forças e seus ajustes.



Fonte: autor.

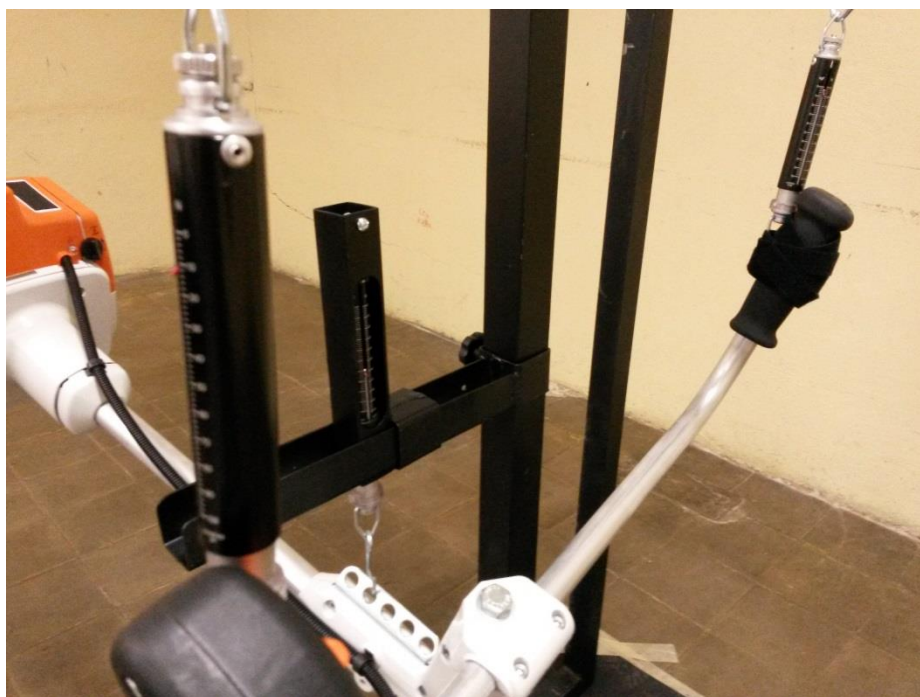
Alguns aspectos de construção foram levados em consideração devido a alguns requisitos importantes como:

- Resistência a uma carga de até 13Kgf, (peso máximo de uma roçadeira).
- Facilidade de montagem e desmontagem.

- Precisão nos mecanismos de regulação.
- Facilidade de transporte.
- Os processos de fabricação envolvidos empregaram:
 - Corte dos tubos (serra poli-corte)
 - Realização de cavidades em alguns tubos (tecnologia a jato d'água).
 - Dobragem de chapas (dobradeira hidráulica).
 - Soldagem (Solda MIG).
 - Torneamento dos anéis de sustentação dos dinamômetros (Torno convencional)

A Figura 100 apresenta o protótipo de dispositivo de mensuração e uma RLM, conectada aos dinamômetros.

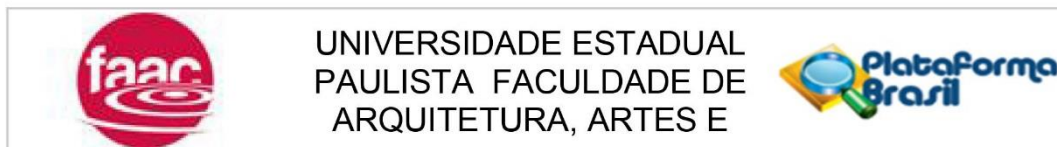
Figura 100 – RLM acoplada ao dispositivo de mensuração de forças e dinamômetros.



Fonte: autor.

ANEXOS

1 – Parecer consubstanciado do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: USABILIDADE APLICADA AO ERGODESIGN DE ROÇADEIRAS LATERAIS MOTORIZADAS: PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO E PROJETO DE SISTEMAS DE SUSTENTAÇÃO E MANIPULAÇÃO DO PRODUTO

Pesquisador: Daniel Augusto Ferrari

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 44196815.8.0000.5663

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.164.421

Data da Relatoria: 30/07/2015

Apresentação do Projeto:

Os interessados argumentam, de forma consistente, o crescente aumento na utilização de ferramentas manuais e a facilidade na aquisição de produtos portáteis que envolvem as operações de cortar, furar, lixar, serrar, dentre outras. Ferramentas manuais estão presentes em praticamente todos os ramos da economia; inclusive como “hobby”.

Em contrapartida, informam as crescentes proporções no número de reclamações aos serviços de informações ao consumidor (SAC's), em grande parte, decorrentes do uso indevido do equipamento, que pode ser pela não leitura ou incompreensão dos manuais de instrução, falta de treinamento específico, possíveis falhas no projeto da interface do produto do produto. Assim, tem-se usuários insatisfeitos e com possibilidade de serem geradas doenças ocupacionais, acidentes graves ou fatais, dentre outros.

Objetivo da Pesquisa:

O objeto da proposta é o de avaliar a interface de sustentação e manipulação de Roçadeiras Laterais Motorizadas, utilizadas na limpeza da vegetação de áreas urbanas, florestais e rurais. Nesta classe de equipamentos o usuário realiza a roçada ou aparagem dos mais variados tipos de vegetações; que é muito utilizado no mercado.

Endereço: Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube nº 14-01

Bairro: VARGEM LIMPA

CEP: 17.033-360

UF: SP

Município: BAURU

Telefone: (14)3103-6055

E-mail: sta@faac.unesp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL
PAULISTA FACULDADE DE
ARQUITETURA, ARTES E



Continuação do Parecer: 1.164.421

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os interessados descrevem, na Fundamentação Teórica, comentários relevantes sobre os fatores ergonômicos a serem considerados, a postura no trabalho agrícola e paisagístico, a postura no trabalho com equipamentos manuais costais, aspectos vibracionais do equipamento, dentre vários outros. No item "Considerações acerca da fundamentação" demonstram segurança de conhecimento ao afirmarem que se trata de um equipamento relativamente complexo em seu uso e que sendo erroneamente utilizado pode trazer sérios danos ao usuário, como mutilações, perdas auditivas, doenças circulatórias e distúrbios músculo-esqueléticos. Alertam para o fato de que experimentos que relacionam e enfatizam a usabilidade com a postura do usuário no trabalho com esse equipamento são escassos e, quando abordados, apresentam-se com pouca profundidade.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

No item "Etapas Metodológicas", são apresentados conceitos importantes que envolvem a Pesquisa experimental em campo como análise comparativa de vibrações em usuários experientes e equipamento em funcionamento. Foram abordados no texto do projeto os itens relacionados a segurança dos operadores, como protetores auriculares, cuidados com a vibração sofrida pelos operadores, dentre outros, relacionados diretamente aos experimentos a serem feitos. Considerando a experiência e o profissionalismo do orientador do trabalho, entendo que os interessados devem ter os cuidados a serem tomados em mente; para a segurança de todos os envolvidos, estes cuidados foram informados no projeto.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Anexa à proposta do projeto, encontra-se o item "Protocolo SUS (System Usability Scale) - Sistema de Suspensão - Roçadeiras Laterais Motorizadas"; foi informado no texto do projeto quando e como este formulário será aplicado. De forma similar, foi informado os procedimentos relacionados ao formulário "TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIA EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 CNS-MS)". Conforme solicitado no parecer anterior, os interessados fizeram as correções solicitadas (apresentadas nas páginas 13 e 14); assim, entendo que o projeto esteja adequado para ser aprovado, já que os riscos eminentes estão sendo cuidados para que não ocorram acidentes durante a sua execução.

Recomendações:

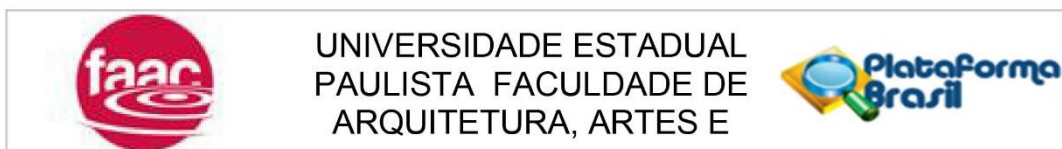
O projeto foi adequado e encontra-se em condições de ser executado. Apenas como sugestão, recomenda-se que utilize a NR 6 (equipamentos de proteção).

Endereço: Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube nº 14-01
Bairro: VARGEM LIMPA **CEP:** 17.033-360

UF: SP **Município:** BAURU

Telefone: (14)3103-6055

E-mail: sta@faac.unesp.br



Continuação do Parecer: 1.164.421

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Recomendo a aprovação da proposta.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

O Comitê de Ética em Pesquisa da FAAC acata o parecer do relator e reafirma a recomendação do relator quanto ao uso da NR6.

BAURU, 30 de Julho de 2015

Assinado por:
Luis Carlos Paschoarelli
(Coordenador)

Endereço: Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube nº 14-01
Bairro: VARGEM LIMPA **CEP:** 17.033-360
UF: SP **Município:** BAURU
Telefone: (14)3103-6055 **E-mail:** sta@faac.unesp.br

2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIA EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 CNS-MS)

USABILIDADE APLICADA AO ERGODESIGN DE ROÇADEIRAS LATERAIS MOTORIZADAS: PARÂMETROS PARA AVALIAÇÃO E PROJETO DE SISTEMAS DE SUSTENTAÇÃO MAIS CONFORTÁVEIS

Esta pesquisa objetiva investigar e avaliar o nível de conforto após o uso de Cintos de Sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas. Em seguida você será convidado(a) a responder ao diagrama de Corlett e Manenica (1980), sendo indagado sobre possíveis ocorrências de dores ou desconfortos na utilização. Após o preenchimento do Diagrama você será convidado a responder a um questionário contendo perguntas referentes ao conforto dos materiais que compõem cada cinto.

Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis, antes, durante e após a realização da tomada de dados, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo.

Eu, _____ Rg nº _____ estou
ciente das informações descritas acima, concordo em participar da pesquisa e entendo
que **as informações e imagens cedidas por mim são confidenciais, ou seja,
autorizo a sua divulgação única e exclusivamente no meio científico e acadêmico,
tendo a minha identidade totalmente preservada.** Sou voluntário e não receberei
nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terei ônus algum. Tenho
total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa
não acarretará nenhum prejuízo para mim. Este “Termo de Consentimento Livre e
Esclarecido” atende a Resolução 196/96-CNS-MS e o “Código de Deontologia do
Ergonomista Certificado – Norma ERG BR 1002 – ABERGO” -
CAAE:44196815.8.0000.5663.
Batatais, ____ de _____ de 20__.

Assinatura do voluntário

Certificamos que foi explicado ao sujeito acima, a natureza, propósito, benefícios
e possíveis riscos associados à sua participação nesta pesquisa, que respondemos
todas as questões que nos foram realizadas e testemunhamos a assinatura acima.

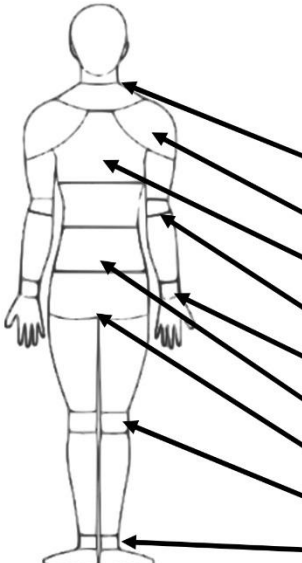
Prof. M.e Daniel Augusto Ferrari

Pesquisador
Rua das Acácias nº 503
Vila Lúcia
Batatais – SP
CEP 14300-000
Telefone (16) 9121 9816

Prof. Dr. João Eduardo Guarnetti dos
Santos

Orientador
PPGDI – FAAC – UNESP
Av. Eng. Luiz Edmundo C.
Coube, 14-01, Vargem
Limpa
Bauru – SP
CEP 17033-360
Telefone (14) 3103 6057

3 – Questionário Nórdico de Sintomas Musculoesqueléticos

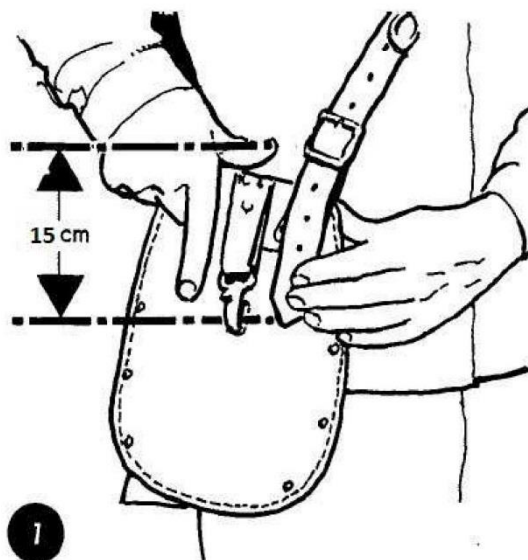
QUESTIONÁRIO NÓRDICO DE SINTOMAS MUSCULOESQUELÉTICOS.					
NOME:					
DATA DE NASCIMENTO:			SEXO:		
POSTO DE TRABALHO:					
Responda as questões abaixo com um "X". Responda todas as perguntas, mesmo que você nunca tenha tido problemas em qualquer parte do seu corpo. A figura abaixo mostra como o corpo foi dividido. Você deve decidir, por si mesmo, qual parte está ou foi afetada, se houver alguma.					
		Nos últimos 12 meses você teve problemas (como dor, formigamento/dormência) em:	Nos últimos 12 meses você foi impedido(a) de realizar atividades normais (por exemplo, trabalho, atividades domésticas e de lazer) por causa desse problema em:	Nos últimos 12 meses você consultou algum profissional da área de saúde (médico, fisioterapeuta) por causa dessa condição em:	Nos últimos 7 dias você teve algum problema em:
	PESCOÇO	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM
	OMBROS	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM
	PARTE SUPERIOR DAS COSTAS	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM
	COTOVELOS	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM
	PUNHOS/MÃOS	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM
	PARTE INFERIOR DAS COSTAS	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM
	QUADRIL/COXAS	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM
	JOELHOS	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM
TRONOZELOS/PÉS	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	() NÃO () SIM	

Fonte: adaptado de Kuorinka et al. (1986).

4 – Procedimento de ajustagem do cinto e balanceamento de RLMs

AJUSTAGEM APROXIMADA DO GANCHO DA “ALMOFADA DE QUADRIL”

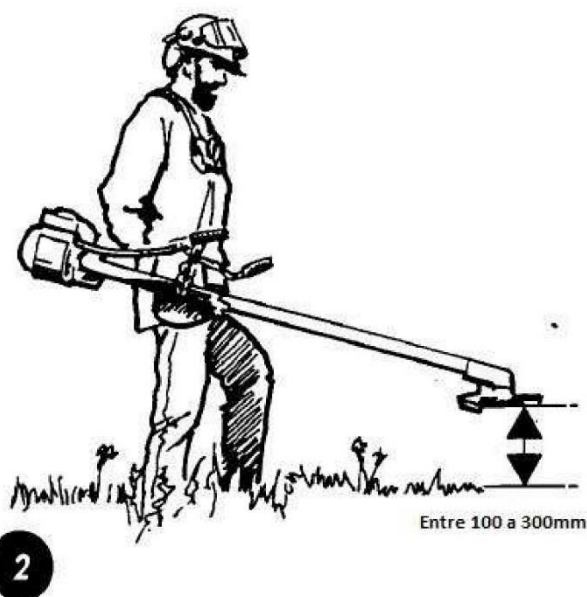
O gancho deve estar cerca de 15 cm abaixo do osso ilíaco (osso do quadril). (Fig. 01)



AJUSTAGEM DO BALANÇO DA MÁQUINA

Deixe a máquina se sustentar apenas pelo “cinto de sustentação”, solte as 2 manoplas (guidão). (Fig. 02)

Para as roçadeiras providas com lâminas em metal a distância do solo ao ponto mais próximo da lâmina é de $200 \text{ mm} \pm 100 \text{ mm}$, segundo a Norma ISO 11806-1 2011. Sendo assim máquina deve “flutuar” entre 100 a 300 mm do solo. (Fig. 02)



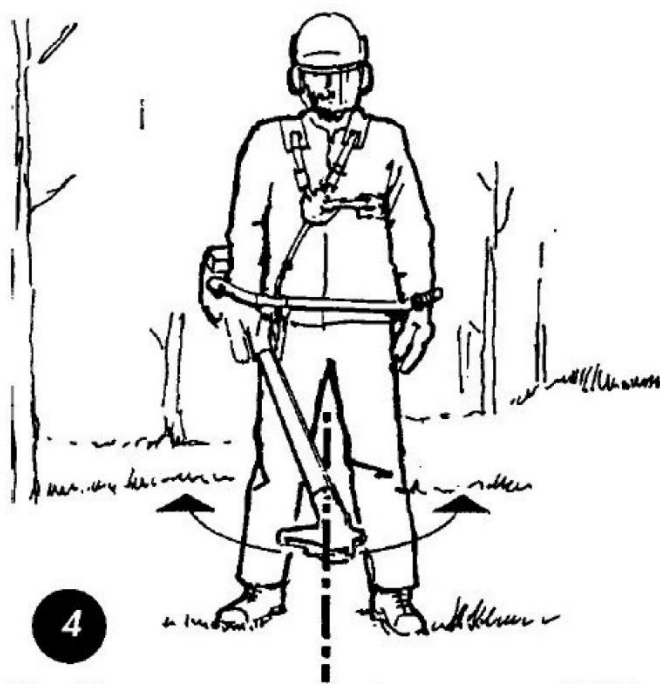
AJUSTE DO ARNÊS (CINTO DE SUSTENTAÇÃO)

A pressão fornecida pelo peso da máquina deve estar igualmente distribuída em ambos os ombros. (Fig. 03)



CENTRALIZAÇÃO DA LÂMINA

Certifique-se de que a lâmina esteja exatamente a sua frente. A serra deve “pairar” livremente e se estabilizar na direção de seus pés.



Fonte: Adaptado (GOVERNMENT SOUTH AUSTRALIA, 2000)

6 – Protocolo SUS – System Usability Scale



Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação
Laboratório de Ergonomia e Interfaces
Usabilidade do Sistemas de Sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas

PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO - SUS

| Código do Sujeito _____ |

Prezado Colega! Procure relembrar cada uma das etapas, movimentos e ajustes que realizou durante a simulação de uso da ROÇADEIRA. Atente-se a todos os procedimentos, analisando cada detalhe e a maneira como foi sua experiência. Agora, assinale à caneta, apenas um único ponto da ESCALA (coluna à direita), correspondente às AFIRMAÇÕES apresentadas na coluna à esquerda. Lembre-se: procure ser o mais fiel possível!

AFIRMAÇÕES	ESCALA					
Acredito que usaria este produto frequentemente.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente
Penso que precisaria de ajuda de um técnico especialista para me ajudar na montagem do sistema.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente
Achei a montagem do sistema fácil de ser realizada.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente
Ao montá-lo, achei o sistema desagradável.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente
As várias funções do sistema estão bem integradas e facilitam sua montagem.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente
Preciso aprender várias coisas antes de conseguir montar este sistema.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente
Me senti confiante durante a montagem do sistema.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente
Penso haver muita incoerência neste sistema.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente
Imagino que a maioria das pessoas, como eu, aprenderiam a montar este sistema rapidamente.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente
Foi difícil a montagem do sistema.	Discordo Completamente	☐	☐	☐	☐	Concordo Completamente

[Método SUS, baseado em Brooke (1996)]