



DISPOSITIVO DE MENSURAÇÃO DE FORÇAS APLICADO À SISTEMAS DE SUSPENSÃO DE ROÇADEIRAS LATERAIS MOTORIZADAS: UM ESTUDO DE CASO

Daniel Augusto Ferrari
UNESP/CEETEPS
daniel.ferrari@etec.sp.gov.br

Luis Carlos Paschoarelli
UNESP/FAAC
paschoarelli@faac.unesp.br

Gabriel Henrique Cruz Bonfim
UNESP/FAAC
gh_cb@hotmail.com

João Eduardo Guarnetti dos Santos
UNESP/FEB
guarneti@feb.unesp.br

Resumo: O crescimento do setor agrícola familiar, bem como o de paisagismo, ocasionou em um notável aumento na aquisição de ferramentas manuais motorizadas no Brasil, tendo assim demandado profunda atenção por parte de pesquisadores do ramo da Ergonomia, no que se refere principalmente à manutenção da postura com esses equipamentos. A presente pesquisa teve como objetivo investigar possíveis forças atuantes em sistemas de sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas e, através de um estudo de caso, projetar e construir um dispositivo de mensuração de forças aplicadas nesses equipamentos. Participaram da validação 8 sujeitos, que foram convidados a realizarem a montagem de 1, dos 4 equipamentos em análise que, em seguida, era anexado ao dispositivo. Os resultados demonstram variações de forças, principalmente empregadas nas empunhaduras. Certificou-se também que alguns sistemas não proporcionam o equilíbrio da máquina. Pesquisas com um maior número de sujeitos serão realizadas para que se obtenha maior precisão e confiabilidade nos dados.

Palavras-chave: Ergonomia na Agricultura, Biomecânica Ocupacional, Design de Produto, Postura, Roçadeira Lateral Motorizada.

Abstract: The growth of the agricultural household sector, as well as landscaping, resulted in a notable increase in the acquisition of motorized hand tools in Brazil, thus it has demanded deep attention from ergonomic researchers, with regard mainly to the maintenance of posture with such equipment. This research aimed to investigate possible acting forces on

support systems of brush-cutters with integral combustion engine, and through a case study, design and build a force measuring device applied in such equipment. Participated in the validation 8 subjects, who were asked to perform the assembly of 1 of the 4 equipments which were being analyzed, then it was attached to the device. The results show variations in forces applied primarily on the handle grips. It is also certified that some systems do not provide the balance of the machine. Research with a larger number of subjects will be conducted in order to obtain greater accuracy and reliability of data.

Keywords: *Ergonomics in Agriculture, Occupational biomechanics, Product Design, Posture, Brush-Cutters with Integral Combustion Engine.*

1. INTRODUÇÃO

O mercado brasileiro de ferramentas manuais cresce a cada ano e hoje nunca foi tão fácil adquirir um produto portátil. É tão amplo que abrange praticamente todos os ramos da economia, incluindo desde os setores da indústria e construção civil, passando pelo agrícola e de serviços, culminando nas residências através das ferramentas “hobby”.

Em iguais proporções crescem os números de reclamações aos Serviços de Atendimento aos Consumidores (SAC's), muitas vezes decorrentes do uso indevido do equipamento, ora pela não leitura ou incompreensão dos manuais de instrução, ora por falta de treinamento, ora por falhas no projeto da interface do desenho do produto.

No que diz respeito ao setor agrícola nota-se, especialmente nesta última década, um aumento do interesse em desenvolver e implementar intervenções ergonômicas na agricultura em todo o mundo (FATHALLAH, 2010).

Entretanto tem-se notado que os distúrbios musculoesqueléticos estão entre os problemas mais comuns dentre todas as lesões e doenças não fatais identificadas em trabalhadores do campo, especialmente naqueles que se envolvem em práticas de trabalho intensivo (FATHALLAH, 2010; MCCURDY *et al.*, 2003; MEYERS *et al.*, 1997; VILLAREJO, 1998; VILLAREJO & BARON, 1999).

As roçadeiras laterais motorizadas, utilizadas na limpeza da vegetação de áreas urbanas, florestais e rurais, enquadram-se na classe das ferramentas manuais e, segundo estudos recentes, nota-se uma relação de casualidade entre uso inadequado do equipamento e possíveis transtornos musculoesqueléticos.

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho consistiu, através de um estudo de caso, desenvolver e validar um mecanismo de mensuração de forças atuantes no sistema de sustentação e manipulação de roçadeiras laterais motorizadas com operador em posição estática.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos tem se notado considerável crescimento do setor de serviços de jardinagem e paisagismo. Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de 2006 haviam cerca de 3200 empresas que prestavam serviços de jardinagem ou paisagismo no Brasil. Entre 2006 e 2009 esse montante passou para 4184 estabelecimentos (MARTINS, 2011).

No setor familiar agrícola constata-se expansão semelhante, tomando como suporte os crescentes estímulos ao crédito através do PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), empregando cerca de 77% das pessoas envolvidas no setor agrícola, segundo Comissão Econômica Para América Latina - CEPAL (2014).

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

2.1 Características de uma Roçadeira lateral Motorizada

Uma Roçadeira Lateral Motorizada caracteriza-se num equipamento manual provido de um motor a combustão que transmite energia mecânica a um sistema de corte (lâminas de aço ou fios de nylon) por meio de uma haste rígida. Nesta haste estão fixados o suporte de sustentação e o suporte das empunhaduras (figura 1).



Figura1 - Operador, Roçadeira Lateral Motorizada e seus componentes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sua ignição ocorre por meio do tracionamento de um cordão e uma mola espiral, ambos localizados na parte traseira do equipamento. Seu controle se dá através de um cabo flexível que liga o motor a um gatilho acelerador, localizado na empunhadura direita da máquina.

Estes equipamentos, além de oferecerem diversos riscos, exigem resistência e habilidade dos operadores, pois além de possuírem peso considerável, variando entre 6 a 13 Kg, demandam destreza na tarefa de “vesti-los”, balanceá-los e opera-los. Dentre os tópicos relevantes a serem considerados está a utilização incorreta do arnês, cinto de sustentação que liga a máquina ao usuário, pois seu uso incorreto pode permitir com que se trabalhe em uma postura inadequada.

2.2 A postura de trabalho com Roçadeiras Laterais Motorizadas

No que se refere ao estudo da postura de trabalho na atividade com roçadeiras laterais motorizadas constata-se a carência de bibliografia específica, contudo foram encontrados alguns manuscritos que puderam nortear os rumos deste trabalho.

Em um estudo realizado por Fiedler *et al.*, (2011), avaliando posturas adotadas em áreas declivosas concluíram que, dentre várias atividades exercidas por agricultores, a tarefa com roçadeiras necessitava de correções, pois esta atividade, segundo autores, poderia gerar problemas na coluna vertebral dentre outras doenças laborais que poderiam afetar o bem-estar físico do trabalhador.

Vergara *et al.*, (2012), que realizou 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. Concluíram que, para a melhoria da postura de trabalho, é fundamental que se faça o ajuste do equipamento, de modo a se adaptar melhor a postura do trabalhador, sugerindo também melhorias no cinto de sustentação da máquina.

Em um estudo realizado por Poletto Filho (2013), que analisou riscos físicos e ergonômicos em roçadeiras laterais motorizadas por meio da aplicação de questionário nórdico e EWA (*Ergonomic Workplace Analysis*), verificou que 100% dos usuários consideraram a atividade física ruim.

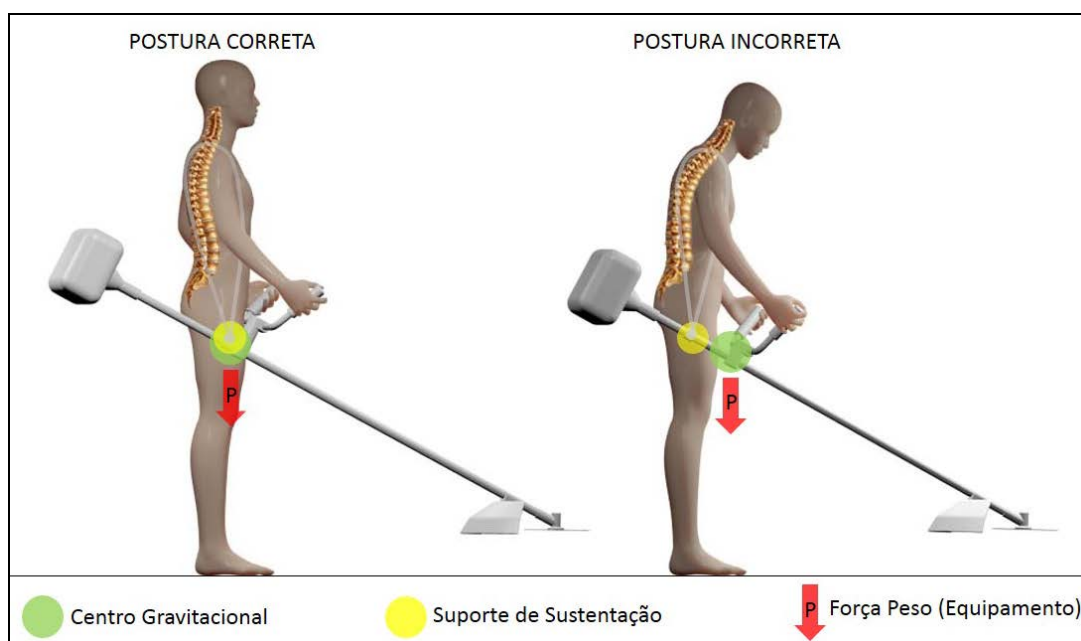


Figura 2 - Comparativo entre posturas no trabalho com Roçadeiras laterais Motorizadas. Fonte:
Elaborado pelo autor.

Dentro desse contexto, considerando os problemas apresentados em utilizadores do equipamento em estudo, é provável que relatos de dores e desconfortos tenham uma relação com a postura de trabalho inadequada. Tais dores podem ser potencializadas quando se faz o uso incorreto dos arneses ou cintos de sustentação, bem como o ajuste indevido dos sistemas de regulação das empunhaduras e balanceamento incorreto do produto.

2.3 Tipos de sistemas de sustentação e regulagens para balanceamento do equipamento

Segundo a norma ISO 11806-1 – 2011¹ o balanceamento da máquina consiste em permitir que o operador, através de sistemas de regulagens, possa ajustar o equipamento de modo que o mesmo fique em equilíbrio, proporcionando a correta altura do mecanismo de corte em relação ao solo e consequentemente uma postura confortável, como pode ser observado na figura 3. Este procedimento deve ser feito com o tanque de combustível na metade de sua capacidade total.

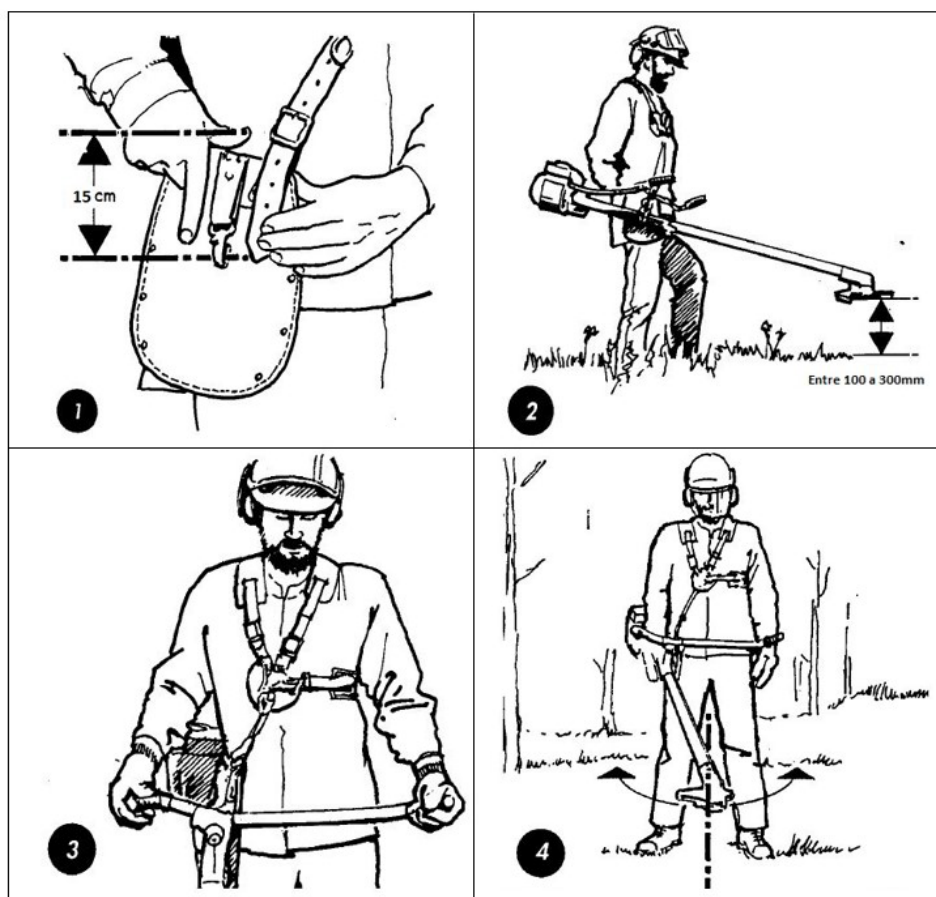


Figura 3 - Procedimentos básicos para o balanceamento de roçadeiras laterais motorizadas.

Fonte: Government South Australia (2000).

O primeiro passo consiste na ajustagem do “gancho” do cinto de sustentação (arnês), que deve ficar a aproximadamente 15 centímetros abaixo do osso ilíaco (Figura 3-1). Em um segundo momento o operador deverá soltar as empunhaduras de modo que o equipamento adquira equilíbrio suficiente para que a lâmina, dependendo do tipo de vegetação a ser roçada, fique entre 10 a 30 centímetros do solo (Figura 3-2). A terceira etapa compreende na regulagem das empunhaduras e cinto de sustentação, de modo que haja uma distribuição do peso entre os braços (Figura 3-3). A quarta e

¹ 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 denominado 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.

última etapa consiste em novamente soltar as empunhaduras de maneira que a lâmina paire e centralize igualmente sobre o eixo longitudinal do operador (Figura 3-4).

3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Materiais

- Software: *Dassaut Systèmes Solidworks* 2013;
- 3 Dinamômetros de tração da marca “Crown”, modelo AT, com capacidade de 10Kg/f, graduação em dupla escala (Quilos e Libras), precisão de 1% de sua capacidade total;
- 1 Antropômetro em madeira;
- 1 Estadiômetro (2 metros);
- 1 Trena convencional (3 metros);
- 8,7 metros de tubo em aço carbono com perfil quadrado (40X40X1mm);
- 19 centímetros de tubo em aço carbono com perfil quadrado (30X30x1mm);
- 0,5 m² de chapa em aço carbono com 2 milímetros de espessura;
- 2 metros de correntes de elo curto forjada, Ø2,4mmX19mmX12;
- 2 pedaços de tubo em PVC, Ø50mmX150mm;
- 50 centímetros de velcro®;
- 4 roçadeiras laterais motorizadas com diferentes mecanismos de regulagens em seu sistema de sustentação.

3.2 Procedimentos Metodológicos

Para a realização deste trabalho utilizou-se do estudo de caso que, segundo Yin (2001) consiste em uma técnica de caráter empírico que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. O experimento também abrangeu: pesquisa exploratória, descritiva e de campo, através de revisão dos conhecimentos envolvidos.

4. PROJETO, CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DO DISPOSITIVO: ESTUDO DE CASO

4.1 Sistemas de Sustentação

Após realização de ampla pesquisa de mercado, através de buscas em páginas da internet e visitas a lojas especializadas, foram encontrados basicamente 4 variações distintas de regulagens do sistema de sustentação do equipamento, como pode ser demonstrado na figura 4.

O mecanismo de sustentação apresentado na roçadeira modelo (A), apresenta o suporte das empunhaduras móvel. Tanto a fixação do suporte quanto as regulagens na angulação das empunhaduras, que se apresentam na forma de duas peças independentes, se dá através de parafusos do tipo “Allen”. Seu suporte de sustentação, fixado através de um parafuso do tipo “Philips”, pode ser posicionado de maneira independente (Figura 4A).

O sistema apresentado no modelo (B) apresenta seu suporte das empunhaduras móvel, podendo ser ajustado na parte inferior através de chave tipo “Allen”. A regulagem de angulação das empunhaduras, constituídas em uma única peça, se dão através de um único parafuso com cabeça emborrachada em forma de duas abas, podendo assim ser apertado apenas com as mãos. Seu suporte de

sustentação é fixo na região traseira do motor, dispondo-se de 3 furos, oferecendo consequentemente 3 opções de engate do gancho do cinto de sustentação (4B). O sistema exposto no modelo (D) é bem semelhante ao modelo (B), com a diferença de apresentar parafuso de regulagem de angulação das empunhaduras plásticas com formato triangular, bem como 5 opções de engate do gancho (4D).

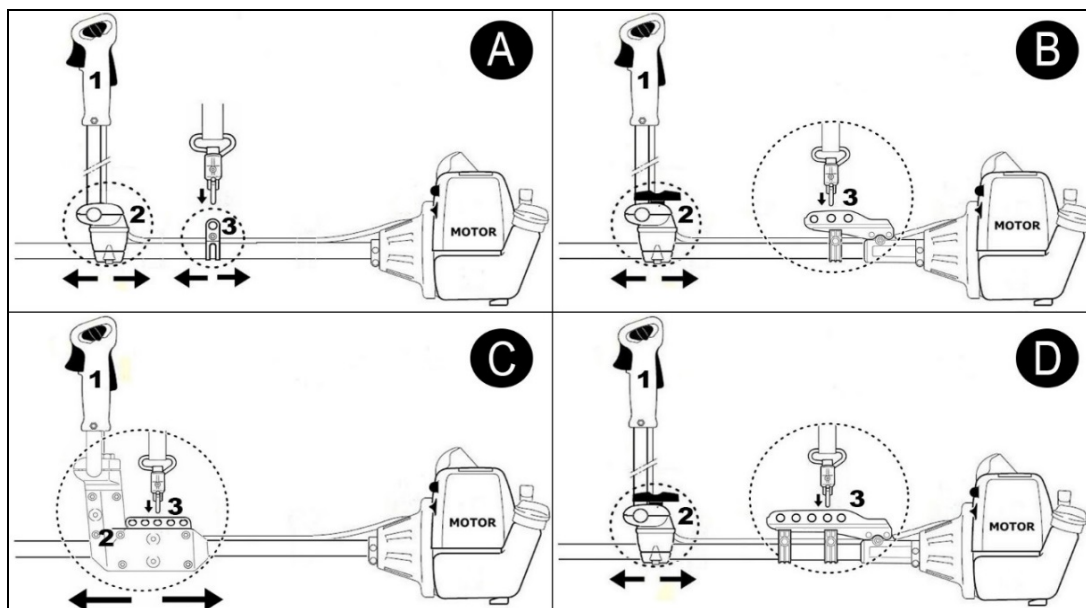


Figura 4 - Representação de sistemas de sustentação de Roçadeiras Laterais Motorizadas encontrados no mercado. 1- Empunhaduras, 2- Suporte das empunhaduras, 3- Suporte de Sustentação.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mecanismo apresentado no modelo (C) configura-se uma única peça, unindo suporte das empunhaduras e de sustentação. A movimentação do elemento, bem como o ajuste da angulação das empunhaduras, se dão através de parafusos do tipo “Torx”. Já a fixação das empunhaduras, compostas em peça única, ocorre através do aperto de um único parafuso com cabeça sextavada. O elemento também possui 5 opções de engate do gancho do cinto de sustentação (Figura 4C).

4.2 Observação da atividade e parâmetros antropométricos

Foi de essencial importância a coleta de alguns dados antropométricos para a construção do dispositivo. Entretanto, antes que fossem tomadas quaisquer decisões sobre quais dimensões seriam úteis para o projeto, foi de fundamental importância realizar minuciosa observação da atividade de roçagem, se atentando principalmente ao modo como os operadores procediam com as etapas de vestimenta e balanceamento da ferramenta.

Considerando que o equipamento em estudo pode ser utilizado tanto por profissionais quanto por amadores tomou-se o cuidado em realizar observações em ambos os grupos. Para a observação da atividade dos operadores profissionais foram utilizados como modelo de estudo 4 funcionários do setor de limpeza e manutenção das vias públicas da prefeitura municipal de Batatais – SP. Para a observação da atividade dos operadores amadores foram utilizados 4 alunos do curso técnico em mecânica da Etec Antônio de Pádua Cardoso, localizada na mesma cidade. Todos os 8

sujeitos observados apresentavam idade acima de 18 anos, assinaram o TCLE e fizeram uso de todos os equipamentos de proteção individual exigidos nesta atividade.

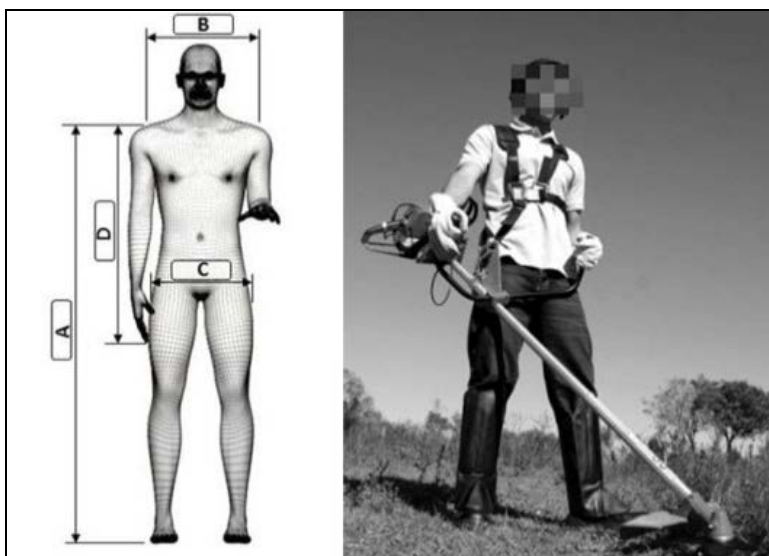


Figura 5 – À esquerda: dimensões a serem consideradas. À direita operador em atividade com roçadeira lateral motorizada. Fonte: Elaborado pelo autor.

Após realização das observações concluiu-se que as dimensões: altura acromial (A), distância biacromial (B), distância bitroncatérica (C) e distância entre acrômio e extremo da mão (D) seriam dados essenciais para o atendimento da variabilidade humana na tarefa de regulação e balanceamento do produto, como pode ser visualizado na figura 5.

Sendo assim foram considerados como referência os dados apresentados por Pheasant (1986) apud Kroemer & Grandjean (2005), onde são expostas estimativas dimensionais de populações adultas de britânicos, alemães e japoneses.

4.3 Elaboração do projeto e detecção de forças atuantes para condições de equilíbrio

A etapa seguinte consistiu na construção de um modelo virtual em 3D do dispositivo de mensuração de forças, levando em consideração os diferentes mecanismos de sustentação, bem como os dados antropométricos essenciais, discutidos no capítulo anterior. Este passo demonstrou-se importante, pois com o modelo tridimensional em mãos foi possível avaliar minuciosamente cada condição, possibilitando inserir as prováveis forças que atuavam no sistema com maior fidelidade.

Dessa forma concluiu-se que 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 nesta condição, onde 3 dinamômetros, 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 (figura 6).

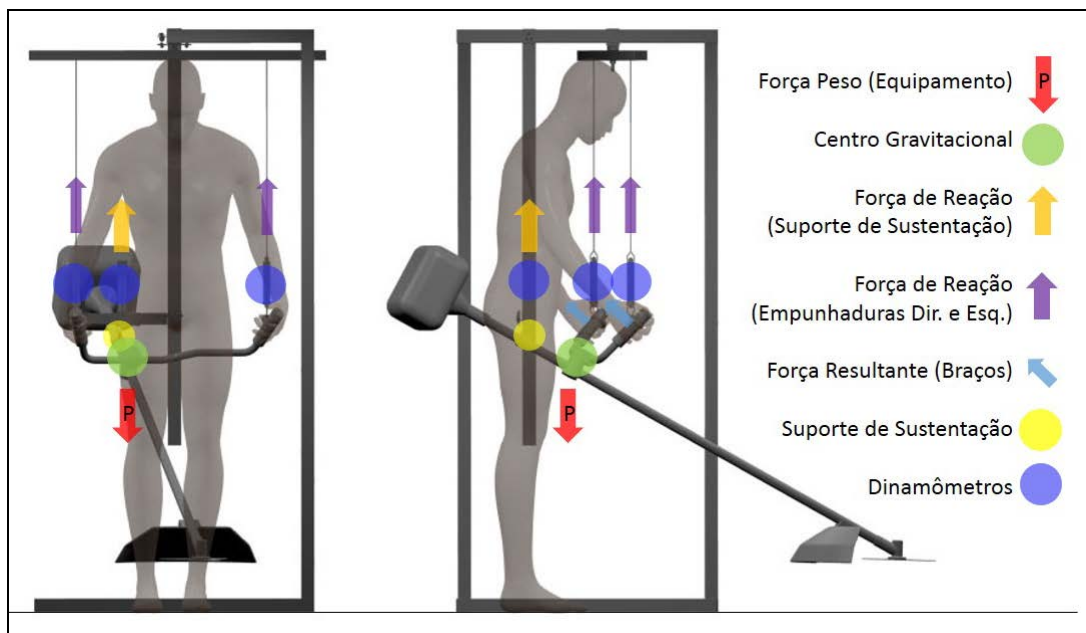


Figura 6 - Dispositivo de mensuração de forças. Vistas frontal, lateral e forças atuantes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O mecanismo do dispositivo deveria se adaptar às regulações de todos os sistemas, de modo que possíveis variações antropométricas pudessem ser ajustadas de acordo com o perfil de cada sujeito, como pode ser visualizado na figura 7.

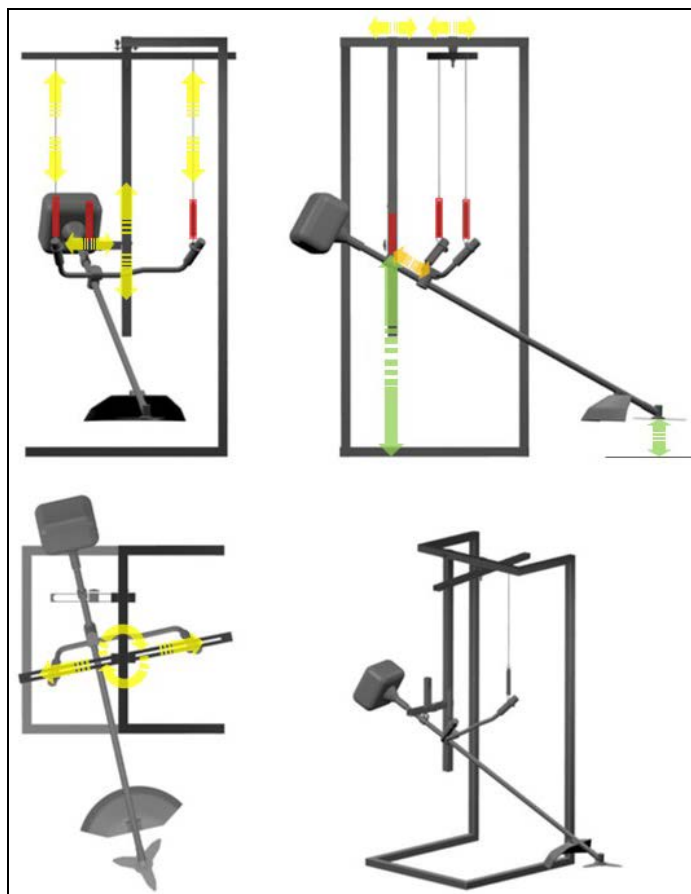


Figura 7 - Dispositivo de mensuração de forças. Vistas ortográficas, perspectiva e opções de regulação do sistema. Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Construção e validação do dispositivo

A estrutura principal, tal como os mecanismos de sustentação dos dinamômetros, foram construídos com tubos de aço de seção retangular e unidos, em sua maior parte, através de processo de soldagem.

O mecanismo estruturante responsável pela mensuração das forças no gancho do cinto deveria permitir que se ajustasse às diferenças antropométricas do diâmetro do quadril de cada sujeito, bem como a altura estabelecida pela regulagem do gancho este, podendo também sofrer variações. Um dos dinamômetros atuaria dentro de um tubo de seção quadrada, fabricado por processo de corte a água.

O sistema de sustentação dos dinamômetros atuantes nas empunhaduras também deveria se ajustar às variações de distância entre os diferentes modelos de equipamentos. Sendo assim inseriu-se no projeto sistemas reguláveis através de abraçadeiras e parafusos.



Figura 8 - Materiais utilizados e processo de soldagem do dispositivo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A validação do dispositivo ocorreu com os oito sujeitos observados anteriormente.

Utilizou-se de um antropômetro, um estadiômetro e uma trena para coleta de todas as dimensões necessárias para o experimento.

Cada sujeito foi orientado a ajustar o cinto de sustentação e a balancear o equipamento da maneira que julgasse mais adequada. Nenhum dos oito sujeitos fizeram uso do manual de instruções. Não houve restrição de tempo para a tarefa.

Ao final do procedimento cada sujeito retirava o cinto e o equipamento era conectado aos 3 pontos de suspensão do dispositivo (Figura 9).

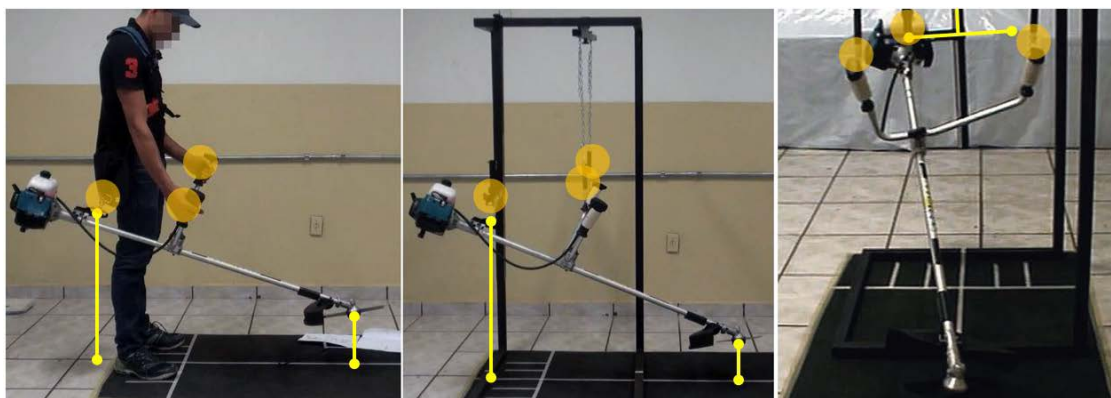


Figura 9 - À esquerda, sujeito empunhando o equipamento. Ao centro e à direita, equipamento fixado ao dispositivo de mensuração através de três dinamômetros de tração. Fonte: Elaborado pelo autor.

5. RESULTADOS

Ainda que testado com um número restrito de sujeitos, foi constatada a efetividade do dispositivo, pois foram encontradas diferentes variações de forças na leitura dos 3 dinamômetros, principalmente as atuantes nas empunhaduras (Tabela 1).

Tabela 1 – Forças e dimensões encontradas nos ajustes de oito sujeitos

Sujeito	01	02	03	04	05	06	07	08
Roçadeira/Sistema	A	A	B	B	C	C	D	D
Força/ Empunhadura Dir. (Kg)	0,7	0,1	4	2,6	0,3	0,0	3,1	3,3
Força/ Empunhadura Esq. (Kg)	0,4	0,2	2,5	1,7	0,0	0,0	1,9	2,1
Força/ Cinto (gancho) (Kg)	7,9	8,7	2,5	4,7	8,7	9	4	3,6
Altura – gancho/solo	66,5	83	69	61	62,5	7,8	83,5	90
Altura – lâmina/solo	17	13	15	10	24	20	8	12

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse estudo consistiu na pesquisa, desenvolvimento e validação de um dispositivo de mensuração de forças atuantes no sistema de suspensão de roçadeiras laterais motorizadas.

Constatou-se relevantes diferenças nas leituras dos 3 dinamômetros, principalmente nas empunhaduras, o que pode provocar o desequilíbrio na distribuição do peso do equipamento.

Senso assim corrobora-se a hipótese de que nem todos os operadores de roçadeiras laterais motorizadas são passíveis de realizarem adequadamente o procedimento de balanceamento da máquina, podendo assim operarem a ferramenta de maneira inadequada.

Notou-se também que alguns desenhos de sistemas de sustentação de algumas roçadeiras não proporcionam o correto equilíbrio no balanceamento, podendo assim ocasionar em riscos posturais a quem as opera.

Pesquisas futuras, com um maior número de sujeitos, serão realizadas na busca de proporcionar maior confiabilidade ao experimento, especialmente no que se refere

à realização de comparações entre sistemas de sustentação mais ou menos eficientes sob o ponto de vista da ergonomia e usabilidade.

REFERÊNCIAS

CEPAL, (2014), Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2014. **CEPAL, FAO e IICA, Santiago de Chile.**

FATHALLAH, Fadi A. Musculoskeletal disorders in labor-intensive agriculture. **Applied ergonomics**, [S.L.], v. 41, n. 6, p. 738-743, 2010.

FIEDLER, Nilton Cesar *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.

GOVERNMENT SOUTH AUSTRALIA. **Brush cutter safety:** adjusting the saw and harness. Safeguards, Adelaide, v. 1, n. 1, p.1-2, jun. 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARTIZATION. **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.

KROEMER, Karl; GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia:** adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MARTINS, Lauri Tadeu Correa. **Ideias de negócios:** Como montar um serviço de jardinagem. Brasília: Sebrae, 2011.

MCCURDY, S.A., SAMUELS, S.J., CARROLL, D.J., BEAUMONT, J.J., MORRIN, L.A. **Agricultural injury in California migrant Hispanic farm workers.** Am. J. Ind. Med. [S.L.], v.44, n.3, p.225-235, 2003.

MEYERS, J.M., MILES, J.A., FAUCETT, J., JANOWITZ, I., TEJEDA, T.G., KABASHIMA, J.N. **Ergonomics in agriculture:** workplace priority setting in the nursery industry. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. [S.L.], v.58, n.2, p.121-126, 1997.

POLETTTO FILHO, José Antonio. **Análise dos Riscos Físicos e Ergonômicos em Roçadora Transversal Motorizada.** 2013. 165 f. Tese (Doutorado) - Curso de Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" - Unesp, Botucatu, 2013.

VERGARA, Lizandra Garcia Lupi *et al.* **Análise Ergonômica da atividade de Jardinagem e Paisagismo.** Revista Eletrônica Produção em Foco. Joinville, v.2, n.1, p.85-105, 2012.

VILLAREJO, D., BARON, S.L. **The occupational health status of hired farm workers.** Occup. Med. [S.L.], v.14, n.3, p.613-635, 1999.

VILLAREJO, D. **Occupational injury rates among hired farm workers.** J. Agric. Saf. Health, [S.L.], v.1, n.1, p.39-46, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de caso – planejamento e métodos.** (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.