

## ANÁLISE E MELHORIA ERGONÔMICA: MECANISMO DE MÁQUINA AGRÍCOLA

### ERGONOMIC ANALYSIS AND IMPROVEMENT: AGRICULTURAL MACHINE MECHANISM

### ANÁLISIS Y MEJORA DEL MECANISMO DE LA MÁQUINA AGRÍCOLA: ERGONÓMICO

Evandro Bertoldi<sup>1</sup>, Nara Liege Barbieri<sup>2</sup>, Everton Bertoldi<sup>3</sup>

#### RESUMO:

O ritmo acelerado da economia obriga as empresas a manterem atualizados e competitivos seus produtos no mercado, tendo a necessidade de serem constantemente melhorados. A ergonomia tem sido usada como um fator de melhoria da qualidade dos produtos para aumentar a sua competitividade. Desta maneira identificou-se a necessidade de reprojeter o sistema de regulagem de peneiras, que é um componente montado no sistema de limpeza dos grãos das colheitadeiras, com os objetivos de melhorar aspectos ergonômicos, reduzir o custo, manter o desempenho e resistência do projeto original, fácil operação e manuseio e fácil de produzir e montar.

Desenvolveu-se a melhoria analisando o projeto original com a finalidade de definir os pontos que podem ser melhorados. Para isso, precisou-se fazer uma pesquisa sobre regras e considerações de projeto, principalmente sobre ergonomia, que tem como objetivos a segurança, satisfação e o bem-estar dos trabalhadores. A partir do reprojeto e testes do protótipo do novo sistema, pode-se verificar que é possível através de um estudo para identificar possíveis melhorias, desenvolver um novo sistema a partir de um projeto simples, atendendo os objetivos anteriormente descritos.

**Palavras chave:** Ergonomia; Redução de Custos; Reprojeto; Sistema de Regulagem; Colheitadeira.

#### ABSTRACT:

The apace of economy makes the companies to keep their products updated and competitive in the market, having the need to be constantly

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI. Atua como coordenador na Engenharia de Produtos. E-mail: [evandro.bertoldi@unijui.edu.br](mailto:evandro.bertoldi@unijui.edu.br).

<sup>2</sup> Graduada em Agronomia pela Universidade de Passo Fundo – UPF. Atua como Engenheira Agrônoma autônoma. E-mail: [nara\\_barbieri@hotmail.com](mailto:nara_barbieri@hotmail.com).

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade de Passo Fundo – UPF. Atua como Supervisor na Engenharia de Produtos. E-mail: [bertoldi@rotoplastyc.com.br](mailto:bertoldi@rotoplastyc.com.br).

improved. The ergonomic have been used as an improvement factor of the products quality to increase competitiveness. Thus the need of redesign the sieves regulating system was identified, which is a mounted compound in the grain cleaning system in harvesters, with the idea of improving the ergonomic systems, low the costs, keep the performance and ruggedness of the original project, easy operation, handling and easy to assemble and manufacturing. The improvement was developed by studying the original project with the idea of determines the points to be improved. Thereunto it was necessary a research about the rules and considerations of the project, mainly about ergonomic which points are safety, ergonomic quality, and the workers wellness. From the redesign and prototype tests of new system, can be verified that it is possible through a study to identify possible improvements, develop a new system from a simple project, searching the goals previously described.

**Descriptors:** Ergonomic; Low Costs; Redesign; Regulating System; Harvesters.

## RESUMEN

El rápido ritmo de las compañías de las fuerzas de economía para mantener los productos actualizados y competitivos en el mercado, teniendo la necesidad de mejorar constantemente. Ergonomía se ha utilizado como un factor en la mejora de la calidad de los productos para aumentar su competitividad. . De esta manera ha identificado la necesidad de rediseñar el sistema de regulación de tamices, que es un componente montado en el sistema de una cosechadora, con el objetivo de mejorar los aspectos ergonómicos de limpieza de grano, reducir los costos, mantener el rendimiento y la resistencia de diseño único, fácil operación y manejo y fácil de producir y montar. Desarrolla la mejora analizando el proyecto original para definir los puntos que se pueden mejorar. Por eso, tomó una búsqueda sobre las reglas y las consideraciones de diseño, principalmente sobre ergonomía, cuyo objetivo es la seguridad, la satisfacción y el bienestar de los trabajadores. Desde el rediseño del circuito y pruebas del prototipo del nuevo sistema, puede comprobar que es posible a través de un estudio para identificar posibles mejoras, desarrollar un nuevo sistema de un diseño simple,

teniendo en cuenta los objetivos descritos anteriormente.

**Palabras clave:** Ergonomía; Reducción de Costes; Rediseño; Sistema de Regulación; Cosechadora.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido ao constante crescimento da competitividade entre as empresas metal mecânica, os fornecedores de peças para as montadoras devem cada vez mais investir em pesquisa e desenvolvimento para melhorar e reduzir o custo de seus produtos, tornando-se, assim, um parceiro de seus clientes e conquistando cada vez mais o mercado.

De acordo com Pahl e Beitz<sup>(1)</sup>, 55% dos projetos são adaptativos, isto é, que adaptam um sistema conhecido a uma mudança de tarefa e 20% dos projetos são de variação, que variam apenas suas medidas ou a configuração.

Conforme Dufour<sup>(2)</sup>, o reprojeto começa quando o produto ou processo precisa ser melhorado ou otimizado. Este pode acontecer dentro do processo de desenvolvimento, ou também em produtos que já estão no mercado, como maneira de aumentar seu ciclo de vida.

Figgie<sup>(3)</sup> considera uma ótima performance quando o processo de

reprojeto resulta na redução de 50% dos custos de um produto, uma performance média quando a redução é 30% e uma performance insuficiente quando a redução atinge apenas 10%.

Para o reprojeto, identificou-se a peneira, que é um componente montado no sistema de limpeza dos grãos das colheitadeiras.

As peneiras são compostas por vários componentes obtidos de diferentes materiais e processos de manufatura. Dentre estes se identificou o sistema de regulagem das lamelas, que, por ser um subconjunto relativamente simples, contava com um alto número de componentes soldados e montados. Além disso, esse subconjunto não possuía formas geométricas favoráveis ao manuseio e dimensões antropométricas adequadas.

A partir de uma metodologia que orientou o trabalho desde a identificação do problema até o projeto final, buscou-se desenvolver um novo sistema de regulagem com os seguintes objetivos: melhorar aspectos ergonômicos; reduzir o custo; manter o desempenho e resistência do projeto original; fácil operação e manuseio e fácil de produzir e montar.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Peneiras Superior e Inferior**

De acordo com Wegener<sup>(4)</sup>, as peneiras, indiferentemente do modelo, tamanho e aplicação, são formadas basicamente por: quadro, divisória, eixo das lamelas, lamelas, fixação dos eixos das lamelas, alavanca de regulagem das lamelas, proteção da guia de regulagem, guia de regulagem e elementos de fixação como porcas, parafusos e arruelas.

### **2.2 Sistema de Regulagem das Lamelas das Peneiras**

Segundo Hoher Jr.<sup>(5)</sup>, a bibliografia sobre colheitadeiras é bastante restrita, pois este assunto é abordado como sigiloso, sendo que somente as empresas fabricantes têm o conhecimento. Dessa maneira, alguns assuntos descritos tem a opinião do autor e baseiam-se na experiência profissional no desenvolvimento de componentes para colheitadeiras.

Independente do sistema de regulagem das lamelas das peneiras ser manual ou automático, o sistema possui a mesma função e o mesmo princípio de funcionamento. Este sistema tem a função de regular a abertura das lamelas, podendo ser mais fechada ou

mais aberta.

O sistema de regulagem das lamelas é composto por uma alavanca de regulagem, que a partir do movimento de rotação em torno do eixo de fixação, tem a função de movimentar a guia de regulagem no sentido longitudinal da peneira. Através do deslocamento longitudinal da guia de regulagem, o eixo das lamelas faz o movimento de rotação em torno do seu eixo. Este movimento de rotação tem a função de abrir e fechar as lamelas, pois as mesmas são unidas através de solda no eixo das lamelas.

### **2.3 Considerações para o Reprojeto do Sistema de Regulagem**

Back<sup>(6)</sup> define projeto como uma atividade orientada para o atendimento das necessidades humanas.

Segundo Hashim, Juster e Pennington<sup>(7)</sup>, o processo de reprojeto é a atividade que introduz mudanças no projeto original, satisfazendo e preservando seus requisitos funcionais, gerando possíveis alternativas que melhor atendam à necessidade apresentada.

#### **2.3.1 Projeto para Ergonomia**

Iida<sup>(8)</sup> define a ergonomia como o estudo da adaptação do trabalho ao

homem, tendo como objetivos práticos a segurança, satisfação e o bem-estar dos trabalhadores no seu relacionamento com sistemas produtivos obtendo como resultado, a eficiência.

Do ponto de vista ergonômico, todos os produtos destinam-se a satisfazer certas necessidades humanas. Então, conforme Iida<sup>(8)</sup>, para que esses produtos funcionem bem em suas interações com os seus usuários, devem ter as seguintes características básicas: qualidade técnica, qualidade ergonômica e qualidade estética.

A ergonomia tem sido usada como um fator de melhoria da qualidade dos produtos para aumentar a competitividade dos mesmos. Por outro lado, devido ao aumento do nível de

informação e do poder aquisitivo dos consumidores, têm sido exigidos produtos de melhor qualidade, e que atendam melhor as suas necessidades<sup>(8)</sup>.

No posto de trabalho, as exigências de forças e torques devem ser adaptadas às capacidades do operador, nas condições operacionais. No caso de uma alavanca, isso significa que a força deve ser medida na posição exata em que essa alavanca estiver situada, na postura corporal exigida e no tipo de deslocamento que será efetuado<sup>(8)</sup>.

O manejo é a forma, pela qual é possível, ao homem, transmitir movimentos de comando à máquina. Conforme ilustrado na Figura 1, existem dois tipos básicos de manejo: manejo fino e manejo grosseiro<sup>(8)</sup>.



**FIGURA 1 - Tipos básicos de manejo. Fonte: Iida(8).**

De acordo com Iida<sup>(8)</sup>, os movimentos de pega com a ponta dos dedos, tendo o dedo polegar em oposição aos demais, permite transmitir uma força máxima de 10 kg. E para pegas grosseiras, com todos os dedos fechando-se em torno do objeto, a força pode chegar a 40 kg.

A concentração de tensões na mão pode ser minimizada, melhorando-se o desenho da pega, aumentando-se o diâmetro da mesma e eliminando cantos-vivos<sup>(8)</sup>.

A antropometria trata de medidas físicas do corpo humano<sup>(8)</sup>. De acordo com Grandjean<sup>(9)</sup>, na ergonomia trabalha-se com a parcela de 95% da coletividade, às vezes até 90%. Essa parcela chama-se de limite de confiança

(LC) de 95% ou 90%.

Principalmente para a configuração de controles em máquinas e produtos de consumo são muito importantes as medidas da mão. Na Tabela 1 e Figura 2 são apresentadas as medidas antropométricas da mão conforme Grandjean<sup>(9)</sup>.

Conforme Iida<sup>(8)</sup>, o tamanho dos números e letras influencia na sua legibilidade. O tamanho de letras e números depende da distância de leitura. Recomendam-se mais especificamente as dimensões conforme Tabela 2 para diferentes distâncias de leitura.

**TABELA 1 - Medidas antropométricas da mão em cm.**

Número da medida	Medida antropométrica	Homens		Mulheres	
		Média	LC 90%	Média	LC 90%
1	Perímetro da mão	21,1	19,3 – 23,0	18,7	17,5 – 20,1
2	Largura da mão	10,6	9,8 – 11,1	--	--
3	Perímetro do punho	17,1	15,5 – 18,8	16,1	14,3 – 17,9
4	Perímetro de “pega” (anel formado pelo polegar e indicador)	13,4	12,0 – 15,3	--	--

Fonte: Grandjean<sup>(9)</sup>.

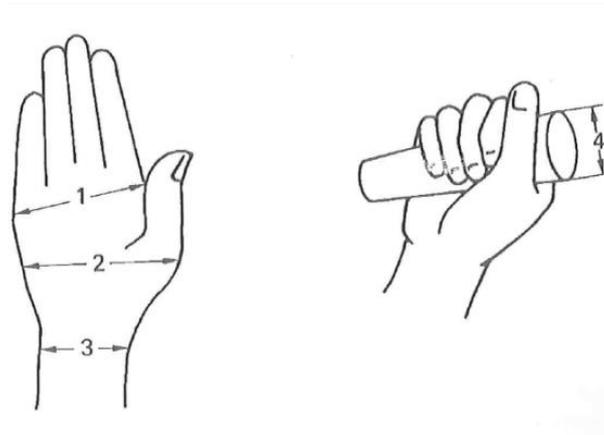


FIGURA 2 – Indicação das medidas da Tabela 1. Fonte: Grandjean(9).

TABELA 2 - Dimensões da altura da letra para diferentes distâncias.

Distância de leitura (mm)	Altura da letra (mm)
Até 500 mm	2,5
500 - 900	4,5
900 - 1800	9
1800 - 3600	18
3600 - 6000	30

Fonte: Iida<sup>(8)</sup>.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma vez identificada a necessidade de melhorar um produto, o primeiro passo antes de iniciar o reprojeto será a recompilação e análise das informações relacionadas à concepção inicial. O reprojeto é originado do conhecimento do projeto<sup>(2)</sup>.

O processo de reprojeto do sistema de regulagem de peneiras baseou-se em Dufour<sup>(2)</sup> e Valdiero<sup>(10)</sup>.

As informações desta fase do reprojeto estão contidas no ciclo de vida do produto, que é composto das seguintes etapas: projeto e produção, distribuição, uso e operação, descarte<sup>(10)</sup>.

#### 3.1 Análise de Ergonomia do Atual Sistema de Regulagem

A análise do atual sistema de regulagem realizou-se com base nas características básicas citadas anteriormente, tais como: qualidade

técnica, qualidade ergonômica e qualidade estética.

Quanto à qualidade técnica, o atual sistema de regulagem executa a função de regular a abertura das lamelas de peneira de forma satisfatória e eficiente, atendendo a necessidade.

Do ponto de vista ergonômico, o manuseio é prejudicado devido à geometria da alavanca de regulagem, que possui cantos vivos, ao diâmetro de pega e à largura da alavanca. A atual alavanca de regulagem não possui forma geométrica favorável, tem espessura de 2,65 mm, diâmetro de pega de 20 mm após pressionado para destravar a alavanca, e largura da alavanca para manusear com a mão de 80 mm. Essas dimensões são muito abaixo do indicado por Grandjean<sup>(9)</sup>, conforme Tabela 1 e Figura 2, que especifica perímetro médio de pega de 13,4 cm, que equivale aproximadamente a um diâmetro de pega de 42,6 mm, e largura média da mão de 106 mm, aumentando, dessa forma, a concentração de tensões na mão, não permitindo o manuseio adequado, provocando dores e ferimentos nos usuários. Outro aspecto ergonômico analisado foi o fornecimento claro de informações, no qual, para o usuário regular, a abertura desejada das lamelas da peneira, é preciso contar o número de

dentos, pois não existem indicações gravadas para facilitar a leitura da regulagem, como números ou letras.

O projeto do atual sistema de regulagem não se preocupou com a qualidade estética, ou seja, aspectos como formas geométricas, cores e texturas não foram considerados.

Após a análise descrita acima, pode-se verificar a forma com a qual são transmitidos os movimentos para regular a abertura das lamelas. Na pega da atual alavanca de regulagem, os dedos têm a função de prender, enquanto os movimentos são realizados pelo punho e braço. Dessa forma, de acordo com Iida<sup>(8)</sup>, conforme Figura 1, define-se o manejo como grosseiro.

### **3.2 Análise de Solicitações e Simulação Numérica do Atual Sistema de Regulagem**

Para a análise estrutural de carga estática linear do atual sistema de regulagem, utilizou-se o software Siemens, chamado *Finite Element Modeling and Postprocessing* (FEMAP). Para a simulação de elementos finitos no FEMAP, dados relevantes devem ser informados, tais como: geometria da peça; cargas que a mesma será submetida; pontos de

fixação da peça; coeficiente de poisson; módulo de elasticidade.

Após uma análise, constatou-se que o componente que sofre as maiores solicitações quando em funcionamento é a alavanca de regulagem, devido a sua função.

A partir dessa análise, identificou-se a posição da carga F que a atual alavanca de regulagem é submetida e os pontos de fixação para a simulação de elementos finitos.

Para a medição da carga aplicada na atual alavanca de regulagem, utilizou-se uma balança digital, calibrada conforme certificação de calibração, no qual o valor máximo obtido para deslocar a alavanca de regulagem foi 9,2 kg.

Para a simulação, adotou-se um valor de coeficiente de segurança de 2,17, a partir do valor obtido na medição, ou seja, 20 kg, mesmo que a carga máxima aplicada por uma pessoa nessa situação possa chegar a 40 kg. Preferiu-se usar esse valor para obter parâmetros para dimensionar o novo sistema de regulagem e evitando o superdimensionamento.

O resultado das simulações é apresentado a seguir. A tensão máxima obtida na simulação para o carregamento na atual alavanca de regulagem é de 60 MPa. E para a

deformação, apresenta uma deformação máxima de cerca de 0,5 mm.

Sabendo-se que para a atual alavanca de regulagem é usado o material SAE 1008 de espessura 2,65 mm, foram consultadas as informações dos ensaios de tração em corpos de prova, obtendo o valor médio de tensão de escoamento igual a 294 MPa.

Com base no resultado da tensão máxima encontrada na simulação comparado com o resultado da tensão de escoamento encontrado no ensaio de tração, pode-se afirmar que a atual alavanca de regulagem está dimensionada de forma segura.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Novo Sistema de Regulagem**

Desenvolveu-se o novo sistema de regulagem a partir da metodologia de reprojeto mencionada anteriormente. A concepção escolhida é descrita a seguir.

A potência do sistema de regulagem é produzida através de força humana com acionamento manual a partir de uma alavanca que, a partir do movimento de rotação em torno do eixo de fixação, transmite movimento linear no sentido longitudinal da peneira através da própria alavanca, que é fixada na guia de regulagem, através de

arruela lisa e porca autotravante. A partir desse movimento linear, a guia de regulagem movimenta-se no sentido longitudinal da peneira fazendo, o eixo das lamelas girarem em torno do seu eixo. Esse movimento de rotação do eixo das lamelas tem a função de abrir e fechar as lamelas. A alavanca é montada no parafuso, que é soldado na divisória, através de arruela lisa e porca.

O sistema de travamento, que tem a função de manter a abertura das lamelas na posição desejada, é composto por uma chapa dentada chamada de cremalheira, na qual permite o encaixe do componente chamada de crivo. O crivo é pressionado na cremalheira através de uma mola de torção montada entre a alavanca e o crivo, travando o sistema. A montagem do crivo na alavanca é feito através de parafuso, espaçador, arruela lisa e porca autotravante.

Para fazer a leitura da regulagem, o sistema possui uma escala com marcação numérica na cremalheira, onde é feito a leitura conforme a posição da alavanca.

#### **4.1.1 Projeto de Ergonomia do Novo Sistema de Regulagem**

Do ponto de vista ergonômico, melhorou o manuseio devido à

geometria que possuem abas dobradas. Dessa forma, aumentou a área de contato no manuseio e conseqüentemente diminuiu as concentrações de tensões na mão. A largura da alavanca de regulagem e o diâmetro de pega foram dimensionados de acordo com as medidas antropométricas.

A partir da construção do protótipo, pode-se verificar o que foi anteriormente descrito sobre as proporções antropométricas da mão com relação às dimensões e forma geométrica do novo sistema, que pode ser comparado com o atual sistema de regulagem. Pode-se também, verificar a melhora na pega durante o manuseio, que pode ser comparado com o atual sistema de regulagem. A forma como são transmitidos os movimentos e o tipo de manejo permanecem o mesmo do atual sistema de regulagem.

#### **4.1.2 Análise de Solicitações e Simulação Numérica do Novo Sistema de Regulagem**

Após analisado o novo sistema de regulagem, também se concluiu que a alavanca de regulagem é o componente principal e que sofre as maiores solicitações. Dessa maneira, será feita a análise de elementos finitos

somente para esse componente, para em seguida comparar os resultados com o atual sistema, que servirá como parâmetro no dimensionamento do novo sistema de regulagem. A carga  $F$  a que a nova alavanca de regulagem é submetida para regular a abertura das lamelas e os pontos de fixação para a simulação de elementos finitos permaneceram idênticos a atual alavanca de regulagem.

Nessa simulação, considerou-se 20 kg como a carga aplicada na nova alavanca de regulagem, a mesma usada na simulação da atual alavanca de regulagem.

A tensão máxima obtida na simulação para o carregamento na nova alavanca de regulagem é de aproximadamente 80 MPa, sendo o valor de tensão um pouco superior ao encontrado na atual alavanca de regulagem, em que a tensão máxima encontrada foi de 60 MPa. E para a deformação máxima, é de cerca de 0,7 mm, um pouco acima da atual alavanca que tem deformação de 0,5 mm.

Com base nisso, a geometria e espessura 2,00 mm usadas na nova alavanca, estão dimensionadas de forma segura. Mesmo que a tensão máxima encontrada na simulação esteja muito abaixo da tensão de escoamento do material SAE 1008, que é 294 MPa, por

motivo de segurança, desenvolveu-se a nova alavanca de regulagem tendo como parâmetro o resultado da simulação numérica da atual alavanca de regulagem.

## 5. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Finalmente, detalhado o projeto e construído o protótipo, pode-se realizar os testes e modificações conforme descrito em Valdiero<sup>(10)</sup>. Após o desenvolvimento, construção e teste do protótipo, podem ser comparados os resultados obtidos com o intuito de evidenciar as melhorias do novo sistema de regulagem em relação ao atual.

Quanto à qualidade técnica, nos testes do protótipo o novo sistema de regulagem se mostrou de fácil operação e manuseio e mesmo desempenho do projeto original, executando a sua função de forma satisfatória e eficiente.

A marcação numérica permitiu fácil leitura da posição da alavanca. No teste observou-se que o número de entalhes da cremalheira pode ser diminuído, podendo, com isso, diminuir as dimensões da mesma.

O furo oblongo da alavanca de regulagem compensou o raio de giro em relação ao ponto de fixação da mesma, mas tem-se a necessidade de aumentar o

comprimento do furo oblongo para compensar as variações dimensionais da manufatura, soldagem e montagem.

Quanto ao número de partes, conseguiu-se, com o reprojeto, reduzir de 21 para 13 componentes, ou seja, obteve-se uma redução de aproximadamente 38%, o que implicou em redução do tempo de montagem e custos de manufatura. Além disso, conseguiu-se eliminar operações de manufatura em outros componentes. Dessa maneira, conseguiu-se eliminar 5 dispositivos de solda e 9 ferramentas de dobra, repuxo e estampo.

Quanto à ergonomia, melhorou o manuseio devido à nova geometria e dimensões. No atual sistema o manuseio é prejudicado pela presença de cantos vivos, diâmetro de pega pequeno e largura da alavanca de regulagem menor que a dimensão da mão. No novo sistema, isso foi resolvido com a inclusão de abas dobradas, aumentando a área de contato no manuseio e conseqüentemente diminuindo as concentrações de tensões na mão, diâmetro de pega e largura da alavanca de acordo com as medidas antropométricas da mão.

No reprojeto, não se preocupou com a qualidade estética por se tratar de um componente que é montado na parte interna da colheitadeira.

De acordo com as melhorias descritas anteriormente, conseguiu-se uma redução de peso no sistema de regulagem de 28% e uma redução de custo de 40%.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e a construção do protótipo da peneira com o novo sistema de regulagem permitiu reforçar a relação de parceria entre fornecedor e cliente, através da melhoria contínua de seus produtos, com o intuito de mantê-los atualizados e competitivos.

A construção do protótipo permitiu verificar que os objetivos foram alcançados, sendo necessário, nos próximos trabalhos, fazer algumas modificações. O novo sistema apresentou redução de custo, diminuição do número de partes e processos de manufatura e montagem, facilidade de produção e montagem, melhoria no aspecto ergonômico com forma geométrica simples e dimensões adequadas, facilidade de leitura da regulagem, facilidade de operação e manuseio, mantendo o mesmo desempenho e resistência do atual sistema de regulagem.

Algumas modificações podem ser feitas, como diminuir o número de

entalhes e diminuir as dimensões da cremalheira, e aumentar o comprimento do furo oblongo da alavanca de regulagem para compensar as variações dimensionais dos componentes.

Através do reprojeto, pode-se verificar que a partir do estudo e aplicação de critérios, regras e considerações de projetos, durante o desenvolvimento, é possível identificar possíveis melhorias e desenvolver um novo sistema através de um projeto simples.

Além da melhoria no sistema de regulagem, pode-se fazer uma análise no produto com o objetivo de identificar outras partes que possam ser melhoradas, pois se o mesmo trabalho de reprojeto for feito em outras partes, pode-se melhorar o produto de forma significativa.

## REFERÊNCIAS

1. PAHL, G. and BEITZ, W. Engineering Design: A Systematic Approach. 2nd. Ed. Berlin: Springer-Verlag, 1988.
2. DUFOUR, C. A. Estudo do Processo e das Ferramentas de Reprojeto de Produtos Industriais, como Vantagem Competitiva e Estratégia de Melhoria Constante. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produto e Processo)-Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, Florianópolis, 1996.
3. FIGGIE, H. E. JR. 'Product Redesign as a Cost-Cutting Tool. Chairman and CEO Figgie International Inc. Richmond, VA', Machine Design. 26, June, 1986.
4. WEGENER, D. D. S. Desenvolvimento de Concepções para Substituição de Material nas Peneiras das Colheitadeiras de Grãos. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica)-Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul-UNIJUÍ, Panambi, 2011.
5. HÖHER JR, A. Design de uma Peneira Rotativa para Colheitadeira de Grãos. Dissertação (Mestrado em Design)-Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, Porto Alegre, 2011.
6. BACK, N. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.
7. HASHIM, F. M., JUSTER, N. P. and PENNINGTON, A. Generating. Generating Design Variants Based on Functional Reasoning. In: International Conference on Engineering Design - ICED '93, The Hague, August 17-19, 1993.
8. IIDA, I. Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Edgard

Blücher Ltda, 1990.

9. GRANDJEAN, E. Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.
  
10. VALDIERO, A. C. Inovação e Desenvolvimento do Projeto de Produtos Industriais. Programa de Incentivo à Produção Docente, Coleção Cadernos Unijuí- UNIJUÍ, Série Tecnologia Mecânica, n. 2, Ijuí, 1997.

Sources of funding: No

Conflict of interest: No

Date of first submission: 2015-02-08

Last received: 2015-02-08

Accepted: 2015-02-09

Publishing: 2015-04-30