

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS-MG
ENGENHARIA MECÂNICA
OTÁVIO PARAVIZO BREGALDA

N. CLASS.	M658.38
CUTTER	B933s
ANO/EDIÇÃO	2012

SEGURANÇA NO TRABALHO: tampa de proteção da mesa de trabalho da impressora de papelão da marca Tograf, produzida com sobras de barras e chapas de aço.

Varginha
2012

FEPESMIG

OTÁVIO PARAVIZO BREGALDA

SEGURANÇA NO TRABALHO: tampa de proteção da mesa de trabalho da impressora de papelão da marca Tograf, produzida com sobras de barras e chapas de aço.

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Esp. Fabiano Farias de Oliveira.

Varginha
2012

FEPESMIG

OTÁVIO PARAVIZO BREGALDA

SEGURANÇA NO TRABALHO: tampa de proteção da mesa de trabalho da impressora de papelão da marca Tograf, produzida com sobras de barras e chapas de aço.

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros: Prof. Esp. Fabiano Farias de Oliveira, Prof. Erik Vitor Silva e Prof. Nilson Antônio de Carvalho.

Aprovado em / /

Prof. Esp. Fabiano Farias de Oliveira

Prof. Erik Vitor Silva

Prof. Nilson Antônio de Carvalho

OBS:

RESUMO

Este trabalho tem a finalidade analisar as condições de segurança da impressora de papelão da marca Tograf, e implementar os recursos necessários para evitar possíveis acidentes. A impressora possui uma mesa, na entrada da máquina, que é utilizada para abastecer as chapas de papelão. Esta mesa possui uma abertura na forma de “U” para facilitar o acesso do operador aos rolos de impressão. O problema acontece quando se utiliza uma chapa de papelão com mais de 800 milímetros de largura. Nesta ocasião, o mecanismo que insere a chapa dentro da máquina, em conjunto com a abertura da mesa, cria uma espécie de “guilhotina” que gera risco de amputação dos membros do operador. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma proteção que garanta a integridade física do operador, sem prejudicar o funcionamento da máquina. O projeto visa realizar as seguintes atividades: analisar as condições de trabalho do operador, analisar os componentes mecânicos que geram o risco de acidente, colher as medidas da máquina, verificar se o material disponível para a fabricação da proteção atende às cargas aplicadas, construção e instalação do protótipo. Toda semana a mídia circula notícias sobre acidentes que ocorreram no ambiente do trabalho. Este projeto tem o intuito de eliminar uma possível falha de segurança na máquina, melhorando as condições de trabalho do operador. Portanto, conclui-se que uma tampa de proteção bem projetada e instalada, pode melhorar as condições de trabalho do funcionário, gerando até mesmo uma melhora na produtividade, devido ao aumento da confiabilidade no equipamento.

Palavras – chave: Segurança. Proteção. Impressora.

ABSTRACT

This work has the purpose of analyze the safety conditions of the cardboard printer Tograf, and implement the necessary resources to prevent possible accidents. The printer has a table at the entrance of the machine, which is used to supply the sheets of cardboard. This table has an opening in the shape of "U" to facilitate the operator access to the printing rollers. The problem occurs when using a cardboard sheet with more than 800 millimeters wide. On this occasion, the mechanism that inserts the sheet into the machine together with the opening of the table, creates a kind of "guillotine" which generates risk of amputation of the operator. The objective of this work is to develop a protection that ensures integrity of the operator without affecting the functioning of the machine. The project aims to undertake the following activities: analyze the working conditions of the operator to analyze the mechanical components that generate the risk of accident, spoon measures the machine, check that the material available for manufacturing of protective suits applied loads, and construction installation of the prototype. Every week the media circulates news about accidents that occurred in the workplace. This project aims to eliminate a potential security flaw in the machine, improving the working conditions of the operator. Therefore, it is concluded that a protective cover well designed and installed, can improve the working conditions of the employee, generating even an improvement in productivity due to increased equipment reliability.

Keywords: Security. Protection. Printer.

Dedico este trabalho a Deus, à minha família e aos amigos que contribuíram para a realização do mesmo.

Grupo Educacional UNIS

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 – Impressora de papelão Tograf.....	12
Figura 02 – Mesa de abastecimento	12
Figura 03 – Abertura em “U” e dispositivo.....	12
Figura 04 – Pacote de papel na estante.....	13
Figura 05 – Estante de papéis.....	13
Figura 06 – Desenho em 3D da estrutura de aço.....	14
Figura 07 – Máquina de ensaios universais PANAMBRA.....	15
Figura 08 – Preparação para ensaio de flexão	16
Figura 09 – Exemplo dos tipos de barra utilizados	16
Figura 10 – Barra apoiada na horizontal	18
Figura 11 – Barra apoiada na vertical	18
Figura 12 – Painel de controle indicando a carga aplicada à barra na posição horizontal....	22
Figura 13 – Painel de controle indicando a carga excessiva de 500 kg	22
Figura 14 – Inspeção visual do corpo de prova na posição A com uma carga de 150 kg.....	22
Figura 15 – Inspeção visual do corpo de prova na posição A com uma carga de 500 kg.....	22
Figura 16 – Painel de controle indicando a carga aplicada à barra na posição vertical	23
Figura 17 – Painel de controle indicando a carga excessiva de 500 kg	23
Figura 18 – Inspeção visual do corpo de prova na posição B com uma carga de 150 kg.....	23
Figura 19 – Inspeção visual do corpo de prova na posição B com uma carga de 500 kg.....	23

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 SEGURANÇA EM EQUIPAMENTOS	10
2.1 Princípios da segurança no trabalho	10
2.2 Norma Regulamentadora	10
2.3 Ensaios mecânicos nas barras utilizadas.....	10
2.4 Processos de fabricação	11
2.5 Resistência dos materiais	11
3 METODOLOGIA	12
3.1 Análise de risco da máquina.....	12
3.2 Coleta de dados da máquina	13
3.3 Escolha dos materiais da tampa.....	13
3.4 Cálculos estruturais.....	14
3.5 Ensaio de flexão	15
3.6 Construção da tampa de proteção	16
3.7 Instalação da tampa de proteção	17
4 RESULTADOS	18
4.1 Resultados dos cálculos de resistência dos materiais	18
4.1.1 Cálculos dos momentos de inércia.....	19
4.1.2 Cálculos das tensões de flexão	19
4.1.3 Cálculo das flechas máximas	20
4.2 Resultados dos ensaios de flexão	22
4.2.1 Aplicação da carga na posição A (seção na horizontal).....	22
4.2.2 Aplicação da carga na posição B (seção na vertical)	23
CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

Uma das preocupações da indústria sempre foi a busca pelo aumento na produtividade, melhorias no processo e equipamentos, com o menor custo possível. Mas um dos requisitos principais foi deixado de lado, que é a segurança no trabalho.

Após seguir essa linha de raciocínio, a indústria marcou a década de 70 alcançando o maior índice de acidentes no trabalho já registrado. Com isso, a partir de 1978 o governo federal passou a criar Normas Regulamentadoras que exigem as condições mínimas de segurança para os trabalhadores, e todas as indústrias ficam obrigadas a cumprir os requisitos de segurança, seja nas máquinas e equipamentos, ou nas condições físicas do estabelecimento.

Baseado nisso este projeto tem o objetivo de analisar as condições de segurança e implementar a proteção necessária na mesa de abastecimento da impressora de papelão da marca Tograf.

Isto se faz necessário, pois a impressora possui uma mesa na entrada da máquina, que é utilizada para abastecer as chapas de papelão. Esta mesa possui uma abertura na forma de “U” para facilitar o acesso do operador aos rolos de impressão. O problema acontece quando se utiliza uma chapa de papelão com mais de 800 milímetros de largura. Nesta ocasião, o mecanismo que insere a chapa dentro da máquina, em conjunto com a abertura da mesa, cria uma espécie de “guilhotina” que gera risco de amputação dos membros do operador.

Este projeto visa garantir a segurança dos trabalhadores, fornecendo melhores condições para o trabalho.

Portanto, conclui-se que a utilização das ferramentas corretas de análise e construção dos equipamentos de segurança, pode garantir a integridade do trabalhador e pode gerar também aumento na produtividade, devido ao aumento da confiança na máquina.

2 SEGURANÇA EM EQUIPAMENTOS

2.1 Princípios da segurança no trabalho

Segundo os dados obtidos da (PREVIDÊNCIA SOCIAL, 2012), as estatísticas municipais de acidentes do trabalho, mostram que o município de Varginha-MG registrou 6 acidentes em 2009 e 1 acidente em 2010 que geraram doenças do trabalho, ou seja, algumas pessoas ficaram lesadas ou incapazes de trabalhar. Além disso, foram registrados 3 óbitos em 2010 provenientes de acidentes no trabalho.

Com base nas estatísticas acima, este projeto visa aplicar os conceitos sobre a segurança no trabalho tratados por (TAVARES, 1996) e (CARDELA, 2010) para analisar a falha de segurança real encontrada na impressora de papelão Tograf. Ambos os autores utilizam o conceito de se praticar segurança eliminando os “quase acidentes”, ou seja, pequenas lesões, identificação de riscos potenciais, etc.

2.2 Norma Regulamentadora

Segundo a Norma Regulamentadora Nº 12 do Ministério do Trabalho “as zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantam proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores”. Baseado nesta norma, este projeto visa tornar a máquina segura e de acordo com a legislação.

2.3 Ensaios mecânicos nas barras utilizadas

No que quis respeito aos ensaios mecânicos este artigo se baseia no livro “Ensaios dos Materiais”, do autor (GARCIA, 2000). Ele apresenta os tipos de ensaios mecânicos aplicados em diferentes tipos de peças, para obter os dados com relação à resistência mecânica que elas suportam. Dentro da engenharia estes dados são fundamentais para conseguir aplicar o material adequado nas peças, máquinas, etc. Através desses testes é possível encontrar as forças máximas suportadas pelos materiais, para garantir a segurança do projeto.

A obra, citada acima, pode viabilizar a proposta deste artigo baseado no seguinte ensaio:

- a) Ensaio de flexão: As peças que serão criadas para solucionar o problema sofrerão flexão, ou flambagem, podendo comprometer a estrutura dos materiais. O ensaio é importante para medir o quanto de força o material pode suportar.

2.4 Processos de fabricação

Segundo (CHIAVERINI, 1986) os processos de fabricação e tratamentos térmicos e superficiais dos metais e ligas metálicas, são os mais utilizados pela indústria metalúrgica atual. Os processos de fabricação são os métodos utilizados para dar forma aos metais, exemplo: fundição, processos de conformação mecânica, forjamento, estampagem, metalurgia do pó, soldagem, usinagem, tratamentos térmicos, tratamentos superficiais e controle de qualidade. Esses temas são subdivididos em vários outros métodos, que dependem do tipo de maquinário ou ferramenta, empregados para transformar o material.

Dentre os diversos assuntos tratados por (CHIAVERINI, 1986), aqueles que possuem relação com o trabalho proposto, são:

- a) Soldagem: Para a criação do protetor de segurança precisa-se analisar o melhor método de soldagem para garantir a performance do produto. Caso a solda aplicada seja incorreta, a peça se quebra e o sistema fica prejudicado.
- b) Fresagem: Para que o dispositivo seja instalado na máquina a mesa de abastecimento deve ser fresada em alguns pontos, para permitir o apoio do suporte.

2.5 Resistência dos materiais

Segundo (HIBBELER, 2004) todos os cálculos, fórmulas e teoria necessários para analisar o equilíbrio das forças que são aplicadas nas peças, considerando também a capacidade de força suportada pelo material, estão descritos em seu livro. Pode contribuir para o projeto o seguinte assunto tratado por (HIBBELER, 2004):

- a) Flexão: O dispositivo pode sofrer uma flexão quando em contato com a faca, por isso, é importante dimensionar as peças para atender às forças aplicadas.

3 METODOLOGIA

3.1 Análise de risco da máquina

A Pactual Embalagens Ltda. é uma empresa do ramo de embalagens e fica situada no município de Varginha-MG. Através de uma observação no método de trabalho dos operadores da impressora de papelão, foi detectado um risco potencial à integridade física dos trabalhadores na mesa de abastecimento da máquina.

Figura 01 – Impressora de papelão Tograf



Fonte: Otávio Paravizo Bregalda

A impressora possui uma mesa, na entrada da máquina, que é utilizada para abastecer as chapas de papelão. Esta mesa possui uma abertura na forma de “U” para facilitar o acesso do operador aos rolos de impressão. O problema acontece quando se utiliza uma chapa de papelão com mais de 800 milímetros de largura. Nesta ocasião, o mecanismo que insere a chapa dentro da máquina, em conjunto com a abertura da mesa, cria uma espécie de “guilhotina” que gera risco de amputação dos membros do operador, conforme as imagens abaixo.

Figura 02 – Mesa de abastecimento.



Fonte: Otávio Paravizo Bregalda

Figura 03 – Abertura em “U” e dispositivo.



Fonte: Otávio Paravizo Bregalda

3.2 Coleta de dados da máquina

Para a realização dos cálculos e confecção da tampa de segurança, foram necessárias algumas medições na máquina. Os instrumentos utilizados foram:

- a) Paquímetro quadridimensional de 200 milímetros;
- b) Escala de 1000 milímetros ou 1 metro;
- c) Trena de 3000 milímetros ou 3 metros.

As medições foram realizadas na abertura da mesa de abastecimento, e os seguintes dados foram coletados:

Largura: 633 mm

Profundidade: 456 mm

Espessura da mesa: 55 mm

Chanfro na parte superior da abertura: 5 x 5 mm

Raio dos cantos internos: 140 mm

3.3 Escolha dos materiais da tampa

Depois de algumas melhorias no processo produtivo a Pactual diminuiu o estoque de papéis, com isso algumas estantes foram eliminadas. Seguem abaixo algumas imagens das estantes:

Figura 04 – Pacote de papel na estante.



Fonte: O autor.

Figura 05 – Estante de papéis.



Fonte: O autor.

Um dos objetivos deste projeto é reaproveitar as barras de aço que eram utilizadas nas estantes, bem como uma chapa de aço que também estava inutilizada na empresa. Como as

mesmas eram capazes de suportar grandes cargas papel, pode-se afirmar que as barras e a chapa têm potencial para suportar as novas cargas que serão aplicadas.

As barras de aço são os elementos que estarão mais expostos à carga aplicada, portanto, para avaliar se as mesmas estão em condições de uso, algumas inspeções são necessárias:

- a) Inspeção visual: É uma inspeção prévia para verificar se as barras possuem alguma oxidação e se possuem algum ponto de estiramento ou amassados no material.
- b) Inspeção técnica: Para verificar se o material tem condições de suportar as cargas previstas, uma amostra é retirada da barra e submetida a um ensaio de flexão.

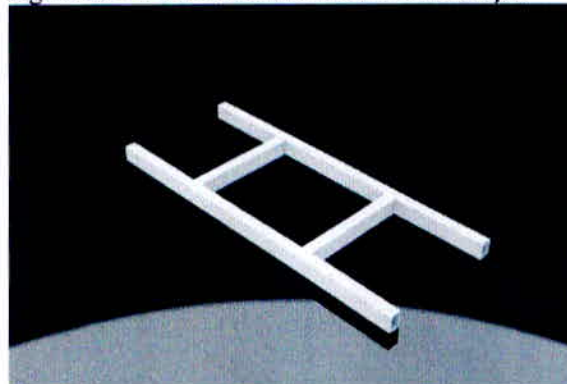
OBS: Admitindo-se que a chapa de aço possui as características necessárias para suportar e distribuir de forma homogênea a carga aplicada, apenas a inspeção visual é necessária.

Caso os resultados das inspeções sejam bons, o material estará apto a ser utilizado.

3.4 Cálculos estruturais

A tampa de proteção possui uma estrutura metálica composta pelas barras de aço. Através de cálculos de resistência dos materiais, é possível verificar se a disposição final das barras pode suportar as cargas pré-definidas.

Figura 06 – Desenho em 3D da estrutura de aço.



Fonte: O autor.

O projeto prevê que a tampa deve suportar uma carga equivalente ao peso de uma pessoa (adota-se 100 kg), mais o peso das chapas de papelão (adota-se 30 kg) que serão introduzidas na máquina, gerando uma carga de total de 130 kg.

Para garantir a segurança do equipamento adota-se o fator de segurança $FS = 1,2$, que será multiplicado à carga total aplicada.

Dentro dos cálculos de resistência dos materiais, são calculados: o momento de inércia da barra, o momento fletor, a tensão de flexão e a flecha máxima.

OBS: devido à falta de meios para avaliar a especificação correta do tipo de aço utilizado na barra, o módulo de elasticidade adotado será de $E = 200 \text{ GPa}$. Tal dado é muito utilizado em construções mecânicas e metálicas, por fazer referência a um aço com baixo teor de carbono.

3.5 Ensaio de flexão

Para verificar se as barras suportam as cargas, um ensaio de flexão deve ser realizado através de uma máquina de ensaios universais, conforme imagens abaixo.

Figura 07 – Máquina de ensaios universais PANAMBRA.



Fonte: O autor.

Para a realização do ensaio de flexão os instrumentos precisam ser substituídos por dois apoios (roletes) na parte inferior e pelo cutelo na parte superior, conforme imagem a seguir. O corpo de prova deve ser posicionado sobre os roletes e o cutelo deve pressionar a peça exatamente na metade.

Após a preparação, a máquina é acionada numa baixa velocidade (cerca de 3 mm/min), para facilitar a visualização de qualquer deformação na peça. Através de um painel

de comando é possível verificar a carga que está sendo aplicada em tempo real, permitindo uma análise mais detalhada da estrutura.

Figura 08 – Preparação para ensaio de flexão.



Fonte: O autor.

3.6 Construção da tampa de proteção

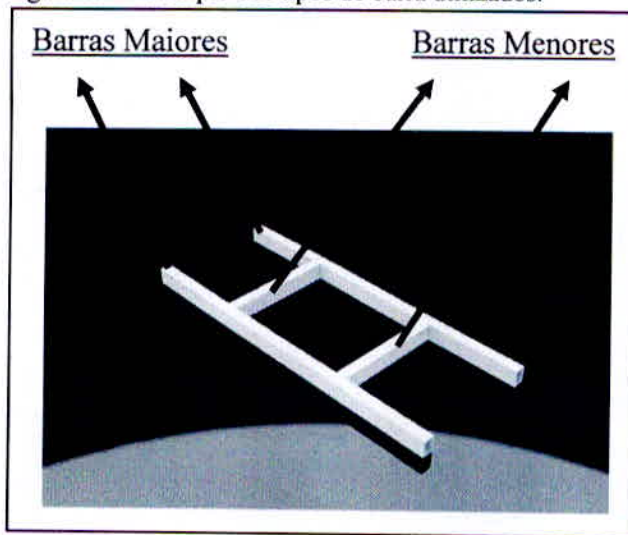
Após verificação da resistência mecânica das barras, a confecção da tampa tem início com a remoção das maiores barras da estante, utilizando serras manuais para materiais metálicos.

Com as barras removidas, extraem-se peças com as seguintes medidas:

- a) Barras maiores com 635 mm;
- b) Barras menores com 200 mm.

As barras maiores têm a função de uma viga e elas são aplicadas na maior medida da abertura da mesa, que é de 633 mm. Já as barras menores, são utilizadas para travar as barras maiores e conferir maior área de contato, para suportar as cargas que serão aplicadas.

Figura 09 – Exemplo dos tipos de barra utilizados.



Fonte: O autor.

Com as barras devidamente cortadas, elas entram no processo de soldagem com eletrodo. Para isso, são necessários uma máquina de solda de arco-elétrico, eletrodos para solda em aço carbono, uma morsa de bancada, paquímetro e escala.

Utilizam-se o paquímetro e a escala para medir e definir a posição correta em que as barras devem estar para a realização da solda. As peças devem ser marcadas a lápis nos pontos de solda para facilitar a visualização durante o processo.

Com as marcações realizadas, as peças são devidamente posicionadas com o auxílio da morsa e o soldador deve se certificar que as peças estão perfeitamente alinhadas e perpendiculares.

Após a realização da solda, os excessos de material na parte superior da estrutura são lixados no esmeril, para garantir que a chapa de aço possua a maior área de contato possível com a estrutura.

Após a eliminação das pontas, a estrutura pronta e a chapa de aço são encaminhadas para um soldador especializado em chapas finas, para soldar a chapa na estrutura. O soldador deve garantir que a chapa fique nivelada e sem danos provenientes da solda, caso contrário o encaixe da tampa na impressora de papelão fica prejudicado.

3.7 Instalação da tampa de proteção

Para a instalação da tampa, deve-se tomar o cuidado de não prejudicar o funcionamento do dispositivo automático de abastecimento da máquina. Como o dispositivo movimenta 1 mm acima da superfície da mesa, a tampa deve ser fixada nas laterais da abertura em “U”. Além disso, há outro problema, a tampa não pode ser fixada de forma permanente, ela deve ser instalada permitindo a sua remoção após o uso. Isso se deve, pois quando a máquina imprime chapas de papelão com medidas inferiores a 800 mm de largura, o operador precisa utilizar a abertura para repor o material.

Baseando-se nas informações acima, um pequeno suporte deve ser fixado na lateral da abertura, através de parafusos, para permitir o encaixe da tampa de proteção. Com isso o tamanho das barras maiores deve ser reduzido em 10 mm de cada lado da barra, ficando com o tamanho exato da abertura da mesa. Só assim será possível e viável a instalação da tampa.

4 RESULTADOS

A preocupação principal sobre este equipamento é garantir que o mesmo suporte as cargas aplicadas, para garantir a segurança do colaborador. Mas para realizar tal verificação alguns cálculos sobre a resistência dos materiais e os ensaios de flexão são essenciais.

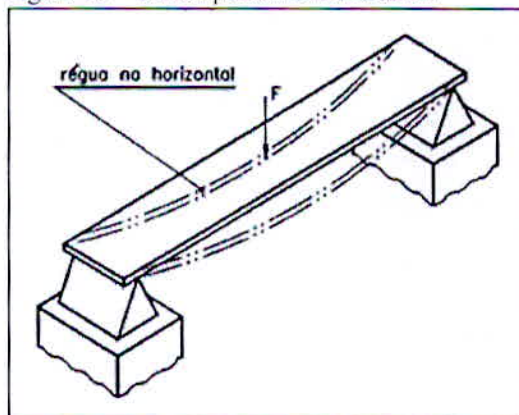
4.1 Resultados dos cálculos de resistência dos materiais

As barras utilizadas são tubos de seção retangular com 30 mm de altura, 20 mm de largura e dois comprimentos diferentes são utilizados: as barras maiores com 633 mm e as menores com 200 mm.

As barras podem ser utilizadas na estrutura de duas formas:

- a) Com a maior medida da seção na horizontal, conforme ilustração abaixo;

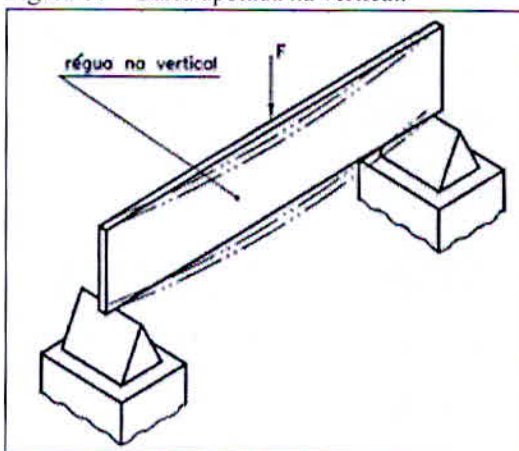
Figura 10 – Barra apoiada na horizontal.



Fonte: Fabiano Farias de Oliveira

- b) Com a maior medida da seção na vertical, conforme ilustração abaixo.

Figura 11 – Barra apoiada na vertical.



Fonte: Fabiano Farias de Oliveira

4.1.1 Cálculo dos momentos de inércia

Para cada tipo apoio da barra, sendo A ou B, calcula-se um momento de inércia diferente. A fórmula utilizada para calcular os momentos de inércia em seções retangulares é:

$$J = \frac{b_e \times h_e^3}{12} - \frac{b_i \times h_i^3}{12} \text{ [mm}^4\text{]}$$

Sendo:

b_e = medida externa da base

b_i = medida interna da base

h_e = altura externa

h_i = altura interna

Considerando que a barra possui as medidas externas iguais a 30 x 20 mm e espessura de parede igual a 2 mm, temos que os momentos de inércia são iguais a:

a) Barra na posição A (Seção na horizontal):

$$J_a = \frac{30 \times 20^3}{12} - \frac{26 \times 16^3}{12} = 11125,33 \text{ mm}^4$$

b) Barra na posição B (Seção na vertical)

$$J_b = \frac{20 \times 30^3}{12} - \frac{16 \times 26^3}{12} = 21565,33 \text{ mm}^4$$

Baseando-se nos resultados acima podemos verificar que a barra na posição vertical adquire maior momento de inércia, confirmando que a posição A terá maior resistência mecânica que a posição B.

4.1.2 Cálculos das tensões de flexão

Além do momento de inércia é preciso calcular também a pressão que a carga irá exercer sobre as duas medidas de barra e nas posições A e B, tal pressão é denominada Tensão de Flexão. Para isso utiliza-se a seguinte equação:

$$TF = \frac{F \times L \times c}{4 \times J} [N/mm^2]$$

Sendo:

F = força aplicada em Newtons

L = comprimento da barra em milímetros

c = equivale à metade do valor da altura da seção retangular

J = momento de inércia

O projeto prevê que a tampa deve suportar uma carga de 130 kg. Além disso, adota-se a aceleração da gravidade com $9,81 \text{ m/s}^2$ e o fator de segurança igual a 1,2.

a) Cálculos das tensões de flexão nas barras de 633 mm.

$$\text{Posição A: } TF = \frac{(130 \times 9,81 \times 1,2) \times 633 \times \left(\frac{10}{2}\right)}{4 \times 11125,33} \rightarrow TF = 108,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Posição B: } TF = \frac{(130 \times 9,81 \times 1,2) \times 633 \times \left(\frac{30}{2}\right)}{4 \times 21565,33} \rightarrow TF = 168,45 \text{ N/mm}^2$$

b) Cálculos das tensões de flexão nas barras de 200 mm.

$$\text{Posição A: } TF = \frac{(130 \times 9,81 \times 1,2) \times 200 \times \left(\frac{10}{2}\right)}{4 \times 11125,33} \rightarrow TF = 34,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Posição B: } TF = \frac{(130 \times 9,81 \times 1,2) \times 200 \times \left(\frac{30}{2}\right)}{4 \times 21565,33} \rightarrow TF = 53,22 \text{ N/mm}^2$$

Com os resultados acima, nota-se que as barras de 633 ou 200 mm quando são empregadas na posição B, elas suportam as maiores de tensões de flexão.

4.1.3 Cálculo das flechas máximas

Através dos cálculos realizados, nota-se que a posição B é a mais indicada para a construção da estrutura da tampa, mas apenas o ensaio de flexão pode confirmar se o material realmente suporta as cargas aplicadas. Com isso, antes da realização do ensaio há a necessidade de se calcular o quanto material pode deformar após a aplicação da carga. Este

dado é importante para garantir a segurança do ensaio e prever o momento exato da deformação da barra. Para isso utiliza-se a seguinte fórmula:

$$f = \frac{F \times L^3}{48 \times E \times J} [mm]$$

Sendo:

F = força aplicada em Newtons

L = comprimento da barra em mm

E = módulo de elasticidade

J = momento de inércia

Este cálculo deve ser realizado aplicando as medidas das duas barras, e quanto ao módulo de elasticidade adotar $E = 200 \text{ GPa}$ ou $200 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ (este valor é utilizado em aços com baixo teor de carbono, que é o caso deste projeto). Logo, temos que:

a) Cálculos das flechas máximas nas barras de 633 mm.

$$\text{Posição A: } f = \frac{(130 \times 9,81 \times 1,2) \times 633^3}{48 \times 200 \times 10^3 \times 11125,33} \rightarrow f = 3,63 \text{ mm}$$

$$\text{Posição B: } f = \frac{(130 \times 9,81 \times 1,2) \times 633^3}{48 \times 200 \times 10^3 \times 21565,33} \rightarrow f = 1,87 \text{ mm}$$

b) Cálculos das tensões de flexão nas barras de 200 mm.

$$\text{Posição A: } f = \frac{(130 \times 9,81 \times 1,2) \times 200^3}{48 \times 200 \times 10^3 \times 11125,33} \rightarrow f = 0,11 \text{ mm}$$

$$\text{Posição B: } f = \frac{(130 \times 9,81 \times 1,2) \times 200^3}{48 \times 200 \times 10^3 \times 21565,33} \rightarrow f = 0,06 \text{ mm}$$

Com o resultado acima, nota-se que as barras menores (200 mm) possuem valores de deformação baixos e podem ser aplicadas com segurança no projeto, sendo na posição A ou B. Já as deformações das barras maiores (633 mm), indicam que na posição A pode gerar uma deformação plástica, comprometendo o material e a estrutura. E na posição B, a barra pode ser utilizada, pois a deformação é pequena e não afetará a segurança da tampa.

4.2 Resultados do ensaio de flexão

Os ensaios de flexão realizados em barras de tubos retangulares com as mesmas características das barras menores (200 mm de comprimento), e os resultados seguem abaixo.

4.2.1 Aplicação da carga na posição A (seção na horizontal)

1º Ensaio: Primeiramente aplica-se uma carga de aproximadamente 1530 N ou 150 kg, que corresponde à carga projetada. Depois a barra é pressionada com uma carga excessiva de 500 kg para testa o limite de resistência do material, conforme imagem do painel de controle da máquina de ensaios universais.

Figura 12 – Painel de controle indicando a carga aplicada à barra na posição horizontal.



Fonte: O autor.

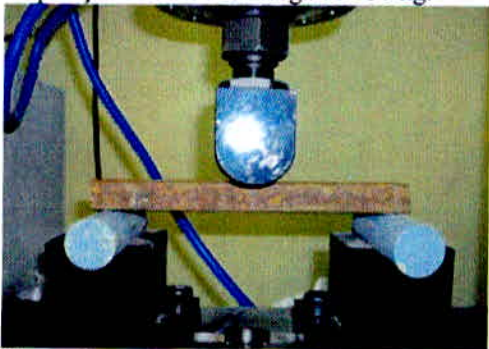
Figura 13 - Painel de controle indicando a carga excessiva de 500 kg.



Fonte: O autor.

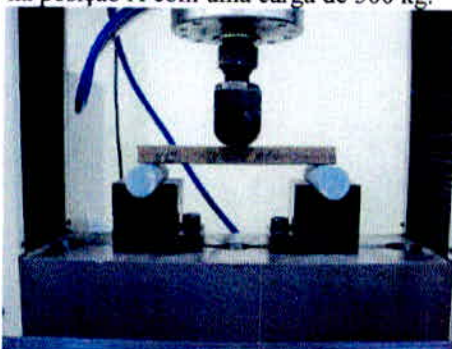
Após a aplicação das cargas uma inspeção visual é realizada no corpo de prova, para verificar se houve alguma deformação, conforme imagem abaixo.

Figura 14 – Inspeção visual do corpo de prova na posição A com uma carga de 150 kg.



Fonte: O autor.

Figura 15 - Inspeção visual do corpo de prova na posição A com uma carga de 500 kg.



Fonte: O autor.

O resultado do primeiro ensaio mostra que a barra suportou bem as cargas e a deformação encontrada é mínima, mesmo quando foi submetida a uma condição extrema. Além disso, o ensaio confirma o resultado encontrado no cálculo da flecha que foi de 0,11 mm.

4.2.2 Aplicação da carga na posição B (seção na vertical)

2º Ensaio: Agora com a barra na posição vertical as mesmas cargas que foram aplicadas na horizontal serão aplicadas na vertical, conforme imagens abaixo.

Figura 16 – Painel de controle indicando a carga aplicada à barra na posição vertical.



Fonte: O autor.

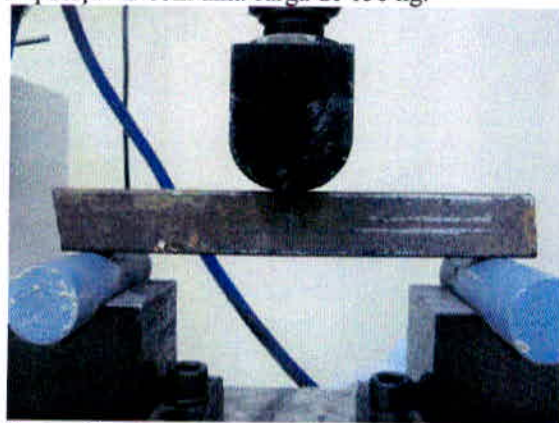
Figura 17 - Painel de controle indicando a carga excessiva de 500 kg.



Fonte: O autor.

Após a aplicação das cargas uma inspeção visual é realizada no corpo de prova, para verificar se houve alguma deformação, conforme imagem abaixo.

Figura 18 – Inspeção visual do corpo de prova na posição B com uma carga de 150 kg.



Fonte: O autor.

Figura 19 - Inspeção visual do corpo de prova na posição B com uma carga de 500 kg.



Fonte: O autor.

Após a realização dos ensaios, os resultados revelam que as barras se comportaram dentro do esperado, que é a ausência de deformações visíveis. Com isso o material está apto a ser utilizado e no geral a posição B apresentou os melhores resultados, sendo mais confiável para ser aplicada à tampa.

CONCLUSÃO

Conclui-se que um ambiente de trabalho seguro é essencial não só para garantir a segurança dos operários, mas também para ganhar produtividade. Quando o trabalhador está seguro e tem confiança no equipamento, o trabalho ganha agilidade e o mesmo se sente mais valorizado, e passa a respeitar mais seu ambiente de trabalho.

Com relação ao posicionamento final das peças, após análise dos cálculos e a realização dos ensaios chega-se à conclusão que as barras de tubos retangulares na posição vertical são as mais confiáveis e indicadas. Devido ao momento de inércia ser maior, as barras possuem maior resistência mecânica, conforme os resultados apresentados. A princípio, realizou-se o primeiro ensaio de flexão com a carga projetada (de aproximadamente 150 kg) e a barra resistiu sem demonstrar qualquer deformação visível. E para confirmar a resistência da barra, aplicou-se uma carga excessiva de 500 kg e a barra também não apresentou deformação. Com isso, é possível comprovar a veracidade dos cálculos através da análise dos dados obtidos durante os ensaios de flexão.

Portanto, a confecção de dispositivos de proteção em qualquer tipo de máquina deve levar em conta as cargas que serão aplicadas, as características do local onde serão utilizados, as propriedades dos materiais que serão usados posteriormente e o modo como a proteção será confeccionada e instalada, para garantir um ambiente de trabalho seguro para o operador.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL. **Estatísticas municipais de acidentes do trabalho, por situação do registro e motivo - 2009/2010**. Disponível em: <<http://www.previdencia.gov.br/conteudoDinamico.php?id=1220>>. Acesso em: 20/09/12.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/seg_sau/nr_12_texto.pdf>. Acesso em: 26/08/12.

HIBBELER, R. C.. **Resistência dos Materiais**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2004.

GARCIA, A. **Ensaio dos Materiais**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000.

CHIAVERINI, V. **Tecnologia dos Materiais**. São Paulo: McGraw-Hill, 1986. v. 3.

TAVARES, José. **Noções de Prevenção e Controle de Perdas em Segurança do Trabalho**. 8. ed. São Paulo: Editora Senac, 1996.

CARDELLA, Benedito. **Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes – Uma Abordagem Holística**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.