

CONFECÇÃO DE DOBRADORA HIDRÁULICA DE PEQUENO PORTE

Rodrigo Lima da Silva¹

Anderson Inácio Junqueira Junior²

RESUMO

A proposta do projeto é construir um protótipo de uma prensa hidráulica para dobra de chapas metálicas. A prensa deverá ser capaz de realizar a dobra em 90°, com chapas de até 2 mm de espessura e, desta forma, possibilitando ao estudante fazer as observações e cálculos desse tipo de processo e compará-los ao resultado obtido na teoria, focando, assim, em um estudo mais prático sobre o assunto. O equipamento será constituído de uma estrutura metálica onde será fixado um cilindro hidráulico, que por sua vez será acionado pelo fluido hidráulico pressurizado. Após a fabricação da prensa, foi possível realizar a ação de dobra em chapas e realizar comparações entre os métodos práticos e teóricos. O equipamento apresentou facilidade como esperado em realizar a dobra na chapa acima especificada, poderão ser realizados novos estudos e futuramente novos projetos para melhoria de algumas funções do equipamento.

Palavras-chave: Hidráulica. Ferramentas. Dobra.

¹ Graduando em Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde.

² Orientador, mestre em Engenharia Mecânica.

1 INTRODUÇÃO

As primeiras dobradoras de chapas utilizadas nas indústrias foram manuais, elas possuíam um princípio de funcionamento rudimentar. Já as dobradoras hidráulicas permitem uma conformação em chapas de maior espessura e com resultados mais satisfatórios e foram muito importantes durante a revolução industrial, pois antes disso era necessário que o material fosse martelado, dando-lhe a forma manualmente. O princípio físico que se aplica em prensas hidráulicas deve-se ao físico e matemático francês Blaise Pascal (1623-1662), que diz que “O acréscimo de pressão produzido num líquido em equilíbrio transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido”, ou seja, a hidráulica possibilita potencializar, através de prensas, as forças aplicadas (BRAGANFER, 2012).

Dobreiras possuem uma grande aplicação em diversos setores industriais, desde metalúrgicas, fábricas automotivas para produção de chassis e até na produção de utensílios domésticos. (DOLBLES, 2017).

Para seu funcionamento, são necessários três itens básicos: a bomba, o atuador de movimentação e os acionamentos de controle com as válvulas. Além de toda estrutura do equipamento, é necessário também ferramentas de dobra, de acordo com a necessidade de cada setor, sendo possível ter vários jogos de ferramentas, tendo assim versatilidade na execução (NASCIMENTO,2010).

1.1 REVISÃO DA LITERATURA

As prensas hidráulicas são mais utilizadas em processos que demandam grandes esforços e produtividade. No processo de dobra, a chapa a ser dobrada sofre uma deformação por flexão que é obtido graças à força que o cilindro hidráulico realiza sobre a chapa para vencer a sua resistência (PALMEIRA,2014).

Normalmente, a tecnologia empregada é chamada de dobra no ar, que segue o princípio de que a chapa metálica nunca pode encostar no fundo da matriz, sendo que o grau desejado na peça é atingido de acordo com o curso da travessa superior (DOLBLES, 2017).

De acordo com a Figura 1, os tipos mais utilizados de dobradora são equipados com acionamentos do tipo cilindro hidráulico e mecânico que por sua vez utilizam o sistema de

freio/embreagem ou transmissão por chaveta, seu funcionamento básico é idêntico ao das prensas mecânicas ou hidráulicas, normalmente empregadas na dobra de chapas de acordo com a matriz que está sendo utilizada e normalmente são estreitas e longas (NASCIMENTO,2010).

FIGURA 1 - Dobradora Hidráulica.



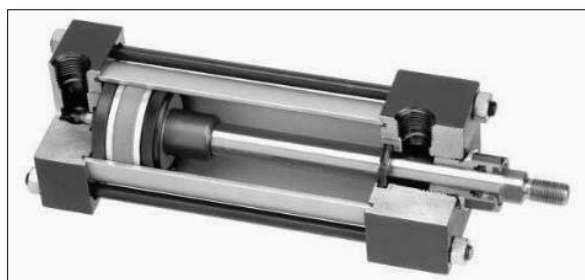
Fonte: Nascimento (2015)

1.1.2 Cilindro hidráulico linear

É um atuador mecânico usado para direcionar uma força por meio de um percurso linear, sua função básica é transformar energia hidráulica em energia mecânica.

O cilindro hidráulico é utilizado em diferentes equipamentos em diversos ramos industriais, é composto de uma camisa, uma haste, retentores e normalmente com um ponto de entrada e outro de saída do fluido. Podem ser de simples ou de dupla ação, sendo que o seu movimento é determinado conforme a entrada e saída de óleo no cilindro. Segundo BRAGANFER (2016), nas prensas dobradoras o cilindro é utilizado para pressionar o punção contra a matriz, a Figura 2 ilustra um cilindro hidráulico (CATÁLOGO PARKER, 2015).

FIGURA 2 - Cilindro (Atuador) linear



Fonte: CATÁLOGO PARKER (2015)

O cilindro hidráulico opera à base de energia de um fluido hidráulico pressurizado, que é normalmente um tipo de óleo. Resumidamente, quem faz o trabalho é o cilindro e um pistão móvel conectado a uma haste. O cilindro de contenção está fechado pelos dois extremos, e em um dos extremos possui um orifício por onde sai a haste. Assim, a pressão hidráulica atua no pistão para produzir o movimento linear (BUSTAMANTE, 2004).

1.1.3 Bomba Hidráulica

Conforme FIERGS (2013), as bombas hidráulicas são bastante utilizadas na indústria pois são uma parte muito importante do sistema, geralmente trabalha interligada com outras peças em seu funcionamento. Geralmente ela recebe energia potencial e converte parte desta energia em energia cinética (a energia do movimento) e energia de pressão (força) executando desta forma algum tipo de trabalho. A Figura 3 ilustra um modelo de bomba hidráulica acoplada à um motor elétrico e seu funcionamento.

FIGURA 3 - Bomba hidráulica acoplada e seu funcionamento



Fonte: PREVINIRSEG (2015)

Existe uma enorme quantidade de bombas hidráulicas encontradas no mercado, mas dentre estes modelos alguns se destacam e podem ser considerados como os tipos principais, sendo que são os tipos mais comuns empregados nos mais diversos setores da indústria. De acordo com BUSTAMANTE (2004), dentre estes modelos estão as bombas de engrenagens, que são constituídas de um par de engrenagens que giram no interior de uma câmara, conforme a Figura 3 o fluido entra no equipamento pela sucção (ponto 1), em seguida segue em uma câmara formada entre os dentes da engrenagem e a carcaça da bomba (ponto 2) e forçado para a saída no recalque (ponto 3).

1.1.4 Válvulas hidráulicas

As válvulas possuem várias funções em um sistema hidráulico, tais como direcionamento, controle, segurança e muitas outras funções. Segundo Bustamante (2004), as válvulas são denominadas por suas vias e posições, sendo as vias os pontos em que o fluido percorre e as posições são referentes às posições de acionamento quando estão paradas ou em funcionamento.

Nas válvulas direcionais, e na maior parte das válvulas hidráulicas industriais, a parte móvel é o carretel. As válvulas de carretel são os tipos mais comuns de válvulas direcionais usados em hidráulica industrial (FIERGS, 2013).

1.1.5 Reservatório hidráulico

É um recipiente, geralmente em aço, utilizado para o armazenamento do fluido de trabalho e o seu resfriamento (OTTO, 2014). Os reservatórios de fluidos hidráulicos servem para armazenar com segurança e qualidade o fluido, visto que esse não pode ter contato com intempéries dos locais que são instalados, é sempre necessário a utilização de um filtro para diminuir ou eliminar as impurezas, que mesmo com todo cuidado ainda são absorvidas no sistema, pois em caso de presença dessas, pode acarretar na obstrução das mangueiras e componentes, diminuindo a confiabilidade e a vida útil do equipamento (BUSTAMANTE, 2004).

1.1.6 Fluido hidráulico

Um dos elementos mais importantes nos sistemas hidráulicos, o fluido tem características específicas que devem ser monitoradas visando um melhor rendimento e evitando problemas ao circuito (OTTO, 2014). Em um sistema hidráulico, o fluido seria o componente principal, pois através dele é possível que o fluxo do sistema possa acontecer.

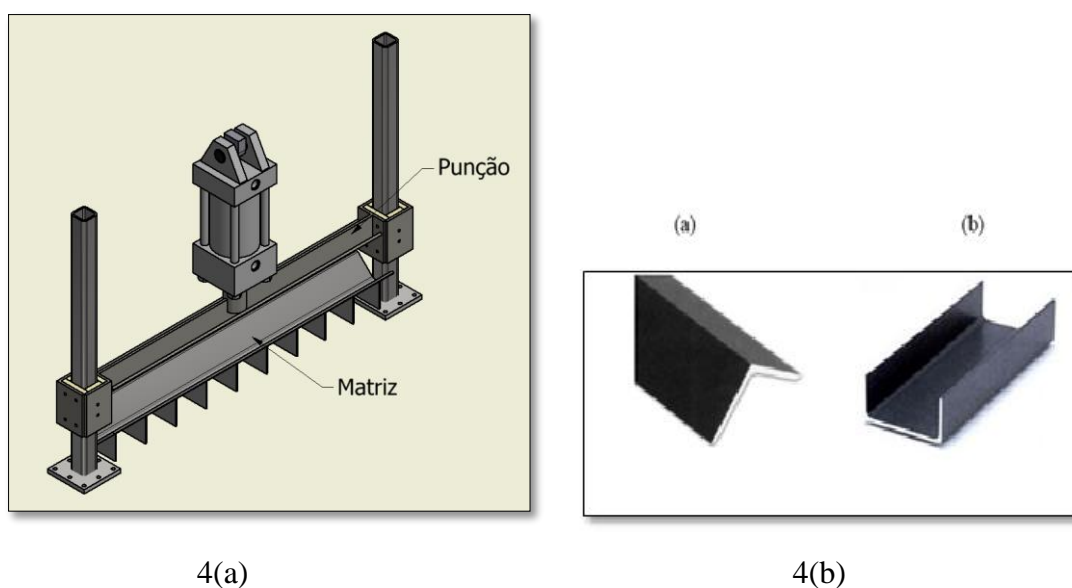
1.1.7 PUNÇÃO E MATRIZES

Para (ESSEL, 2016), a dobradora é empregada na produção de perfilados, abas, corpos de transformadores dentre outros equipamentos. Para a execução dessa atividade, são necessárias ferramentas adequadas a ela, pois para ocorrer a deformação correta do aço é necessário usar um ferramental compatível a ele, conforme a Figura 4 (a) tem-se o punção e a matriz que serão utilizados no projeto.

Um vasto número de prensas dobradoras possui a mesa inferior fixa e sua barra de pressão móvel. Porém, podem ser encontrados modelos que possuem sua barra fixa e a mesa inferior móvel, chegando a medir mais de 6 m de comprimento. O trabalho é realizado através da escolha de punções e matrizes, conforme as medidas e o formato que se quer aplicar à chapa “b”, como dobras em L, perfil U, entre outros, porém cada uma com a sua particularidade de execução, levando em consideração o esforço em que o material das ferramentas precisará sofrer para fazer a dobra.

Nas dobras de perfil em U, as forças necessárias estão de acordo com a construção da ferramenta, conforme Figura 4(b). Em primeiro plano, temos como influência a folga entre o punção e a matriz, e em segundo plano a forma das entradas da matriz nos pontos de apoio do material (ETERFS, 2016).

FIGURA 4 – Conjunto punção/matriz e Chapas dobradas



Fonte: Rodrigo Lima, (2017).

A operação de dobra em “V” pode ser considerada em dois estágios: o primeiro corresponde ao dobramento de uma viga sobre dois apoios devido a flexão e o segundo corresponde a força de compressão suportada pela matriz e que garante a eficiência da dobra (ETERFS, 2016).

A ação de dobragem aplica uma deformação contínua do material trabalhado, sendo designada como deformação plástica. Antes desta deformação ocorrer, porém, advém um outro tipo de deformação, a deformação elástica, que não é permanente, sendo que o material pode voltar a sua forma original (ESSEL, 2016).

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral é projetar e construir um equipamento de baixo custo e robusto para dobramento de chapa com espessura de até 2mm.

Os objetivos específicos deste trabalho consistem em dimensionar atuador linear e selecionar através de catálogo para que se atenda a necessidade de realizar a dobra em chapas de aço carbono lisas com espessura de 2mm.

2 MATERIAL E MÉTODO

Neste ponto, serão apontados os materiais e métodos utilizados para o projeto, sendo desenvolvido em algumas etapas que envolveram o estudo e levantamento de dados no projeto teórico no qual foram realizados os dimensionamentos. A outra etapa foi a parte de execução, pois uma vez com os dimensionamentos realizados e o projeto pronto, pode-se iniciar os trabalhos.

2.1 DIMENSIONAMENTO DO ATUADOR LINEAR

Para o dimensionamento do cilindro hidráulico, foi consultada a Tabela 01. Foi estabelecido que o sistema irá trabalhar com uma pressão nominal de 80 bar, portanto, trabalharemos com um sistema de média-alta pressão.

TABELA 1 – Classificação dos sistemas hidráulicos conforme N.F.P.A

Pressão		Classificação
bar	psi	
0 a 14	0 a 203,10	Sistema de baixa pressão
14 a 35	203,10 a 507,76	Sistemas de média pressão
35 a 84	507,76 a 1218,68	Sistemas de média-alta pressão
84 a 210	1218,68 a 3046,62	Sistemas de alta pressão
Acima de 210	Acima de 3046,62	Sistemas de extra-alta pressão

Fonte: (OTTO, 2014)

De acordo com (BUSTAMANTE, 2004), desta forma pode-se encontrar a pressão de trabalho, que se trata de uma pressão estimada para início dos cálculos, através da Equação (1).

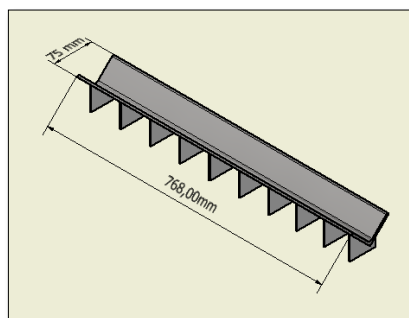
$$P_{tb} = PN - 0.15 \times PN \quad (1)$$

Para o cálculo da força necessária que o atuador linear precisa, primeiro é necessário encontrar a força necessária para realizar a dobra. Foi definido que serão adotadas chapas de material aço carbono 1045 e de espessura máxima de 2 mm. Segundo Castro (2003), a tensão de dobramento de um material tem uma grande importância no cálculo, pois engloba as duas fases do dobramento, a primeira fase engloba a fase elástica (tensão de flexão) e a segunda fase plástica (tensão de dobramento). Será considerado uma tensão de dobramento de duas vezes a tensão de ruptura, cuja o valor é de 9,4 kfg/mm², conforme (Protec pp 16.15, 185).

De acordo com Otto (2014), a força de dobramento é encontrada pela Equação (2).

$$F = \frac{2}{3} \times \frac{Lb \times e^2}{La} \times \sigma d \quad (2)$$

Foi adotado que a abertura da matriz é 75 mm, e o comprimento da dobra 768 mm, conforme mostrado na Figura 5.

FIGURA 5 – Abertura da matriz

Fonte: Rodrigo Lima, (2017).

Uma vez encontrada a força necessária do pistão, é possível encontrar o diâmetro do pistão através da Equação 3.

$$DP = \sqrt{\frac{4 \times Fa}{\pi \times Ptb}} \quad (3)$$

Com o valor do diâmetro do pistão é necessário recalcular a pressão de trabalho (Ptb), com a Equação 4, conforme Bustamante (2004):

$$Ptb = \left(\frac{Fa}{\pi \times \frac{Dp^2}{4}} \right) \quad (4)$$

De acordo com Bustamante (2004), o próximo passo é encontrar o diâmetro da haste do pistão e para isso utiliza-se a equação 05:

$$dh = \sqrt[4]{\frac{64 \times S \times \lambda^2 \times Fa}{\pi^3 \times E}} \quad (5)$$

O comprimento livre de flambagem (λ) foi calculado baseado no Anexo 03 para exemplos de cargas de Euler, o comprimento adotado foi de 768 mm.

Para o módulo de elasticidade do aço (E) foi adotado o valor de $2.1 \times 10^4 \text{ Mpa}$, valor para aços carbono e ligas em geral, conforme Anexo 01.

Outro item calculado foi a velocidade de avanço do cilindro, que é a razão do comprimento e o tempo, no qual foi adotado o comprimento da haste de 100mm para um tempo de um minuto, obtendo-se uma velocidade de avanço de $1,66 \times 10^{-3} \text{ m/s}$.

2.2 SELEÇÃO DA BOMBA HIDRÁULICA

A bomba hidráulica encontrada trabalha com um sistema de engrenagem, possui uma vazão de 14 litros por hora e trabalha com uma rotação de 1000 rpm e potência de 3 CV. Desta forma, buscou-se calcular o volume de absorção ou cilindrada (V_g), que informa o volume de fluido deslocado a cada rotação. Para encontrar estes valores foi utilizada a Equação (6), conforme Bustamante (2004).

$$Vg = \frac{1000 \times V_B}{\eta \times \eta_v} \quad (06)$$

Convertendo a vazão da bomba de l/h para l/min obteve-se o valor de 0,233 l/min e considerando um rendimento volumétrico de 91 % e uma rotação de 1000 rpm descobriu-se o valor de absorção de 0,256 cm³/rotação.

Para se calcular o torque do motor, primeiramente deve-se saber qual será a potência que a bomba irá solicitar para realizar o avanço na velocidade e pressão exigidos. Para isso, conforme Bustamante (2004), utilizam-se as equações 07 e 08 para se obter o torque necessário, na qual a equação 07 é utilizada para encontrar o momento de torção absorvido e a equação 08 é utilizada para encontrar a potência absorvida.

$$Mt = \frac{9549 \cdot N}{n} \quad (07)$$

$$N = \frac{QB \cdot \Delta P}{600 \cdot \eta t} \quad (08)$$

Foi encontrado o torque e a potência do motor conforme catálogo WEG (2008).

2.3 VÁLVULAS

Foi utilizada uma válvula direcional com acionamento por alavanca e retorno por mola, devido ao seu acionamento ser por intermédio direto do operador. Esta válvula direcional do fabricante Argo-Hytos (2013) modelo com alavanca, é uma válvula 4/3 vias responsável por direcionar o fluido para o cilindro hidráulico para que o mesmo possa realizar o movimento de avanço e retorno.

2.4 RESERVATÓRIO

Conforme BUSTAMANT (2004), o volume do fluido armazenado no reservatório deve ser o suficiente para suprir o sistema por um período de no mínimo três minutos antes que ocorra o seu retorno, então deve-se considerar o volume mínimo do reservatório igual a três vezes a vazão da bomba. O fluido utilizado foi o DTE 26 com viscosidade 68 mm²/s à temperatura de 40°C, com uma densidade de 0,881 g/cm³ a uma temperatura de 15,6°C.

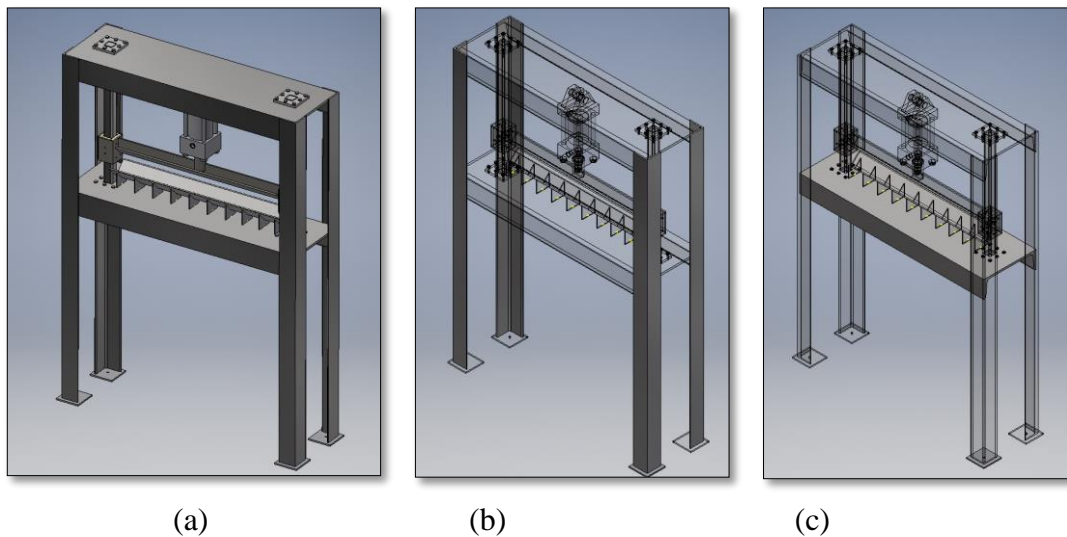
2.5 ESTRUTURA DO EQUIPAMENTO

O sistema estrutural completo é formado pelas estruturas verticais de sustentação e pelas estruturas horizontais de apoio utilizados na construção de um equipamento dobradora (viradora) de chapas para execução da prensa, conforme Figura 6 (a).

A estrutura vertical foi fabricada com cantoneiras de aço carbono, conforme norma ASTM A572 G50, possui abas iguais de 3” utilizadas verticalmente para suportar toda a carga axial do equipamento e suportar cargas de flambagem, conforme Figura 6 (b).

A estrutura horizontal inferior foi projetada para resistir aos esforços de deflexão e suportar a estrutura de dobra. Foi fabricada com cantoneiras de 4” aço carbono, conforme norma ASTM A572 G50, conforme Figura 6 (c).

FIGURA 6 – Projeto prensa hidráulica



Fonte: Rodrigo Lima, (2017).

2.6 PERDA DE CARGA

Segundo Castro (2003), o sistema possui perdas de carga durante a circulação do fluido através das tubulações, válvulas, bombas e reservatório. Para conseguir calcular essa perda de carga, é possível utilizar a Equação 09, como mostrado a seguir:

$$\Delta P = \psi \cdot \frac{5 \cdot Lt \cdot \rho \cdot v^2}{dt \cdot 10^{10}} \quad (09)$$

Considerando o Número de Reynolds ≥ 2300 , por ser um sistema turbulento e utilizando uma tubulação com 1cm de diâmetro interno e uma velocidade de 8m/s para o óleo, conforme o catálogo do fabricante.

Para se calcular o fator de atrito (ψ) considera-se a razão $\psi = \frac{75}{R_e}$.

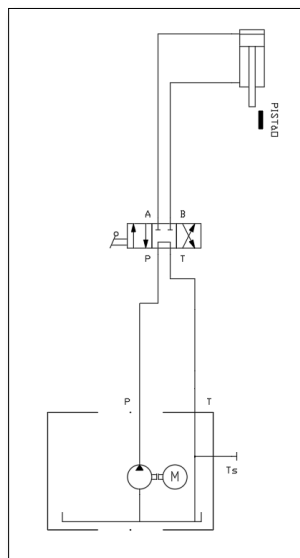
2.7 ADEQUAÇÕES DE SEGURANÇA

Conforme a Norma Regulamentadora (NR12), para a utilização das máquinas dobradoras as mesmas devem conter proteções em todas suas áreas de risco, ou seja, áreas de contato com o operador, podendo ser fixas ou móveis, que precisam ser dotadas de bloqueios através de chaves de segurança ou dispositivos eletrônicos de acionamento que parem a máquina na presença de risco, evitando a ocorrência de acidentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos pelo aparato construído. Através do software gratuito, foi possível esquematizar hidráulico conforme mostrado na Figura 7.

FIGURA 7 – Representação do sistema hidráulico



A Tabela 2 demonstra os resultados encontrados pelos cálculos e confrontados através de catálogos.

TABELA 02 – Resultados obtidos

Resultados encontrados no cálculo	Valores encontrados no catálogo
Pressão de trabalho (Ptb) de 68 bar	Valor na Tabela 01 de 35 a 84 bar
Força de trabalho de 513,86 kgf / mm ²	Não informado no catálogo
Perda de carga de 6,25 bar	Não informado no catálogo
Volume de absorção (Cilindrada) 0,256 cm ³ /rotação	Não informado no catálogo
Torque de 21 Nm	Valor no catálogo para este tamanho de bomba de 25Nm (Anexo 04)
Diâmetro da haste de 22,76 mm	Valor no catálogo (Anexo 02) de 25,4 mm de diâmetro

Fonte: Rodrigo Lima, (2017).

Comercialmente não foi encontrado o diâmetro da haste calculado, consultando novamente a Tabela 02, assim teve-se que utilizar o diâmetro da haste pelo 25,4mm.

Após obtidos todos os valores, iniciou-se a procura do cilindro, porém não foi encontrado o cilindro com as especificações como diâmetro da haste e curso do cilindro, desta forma optou-se em adquirir um com as especificações aproximadas, sendo um cilindro hidráulico com capacidade de 4,5 ton, com uma haste de diâmetro de 30 mm e 100 mm de curso.

Já no quesito bomba, uma vez calculado o volume de absorção (ou cilindrada), o resultado obtido através dos cálculos foi de 0,256 cm³/rotação, e o torque de 21 Nm pode-se encontrar a bomba ideal para realizar o trabalho. A bomba utilizada foi uma bomba encontrada mais próxima com as especificações do catálogo, possui o mesmo princípio de funcionamento e a mesma vazão, foi escolhida devido ao custo de aquisição, pois não impactava no resultado do projeto.

O reservatório, conforme cálculo, deve possuir no mínimo 3 vezes a vazão da bomba, que no caso é 14 l/h, portanto seria necessário um reservatório de no mínimo 42 litros, porém o reservatório encontrado e restaurado possui uma capacidade de 23 litros.

Com o resultado da perda de carga de 6,428 bar, comparando-se a pressão de trabalho de 68 bar encontrada, foi calculada uma perda de carga de 9%.

Conforme a Figura 8 o equipamento finalizado obedeceu aos critérios do projeto e o perfil dobrado atendeu ao resultado esperado.

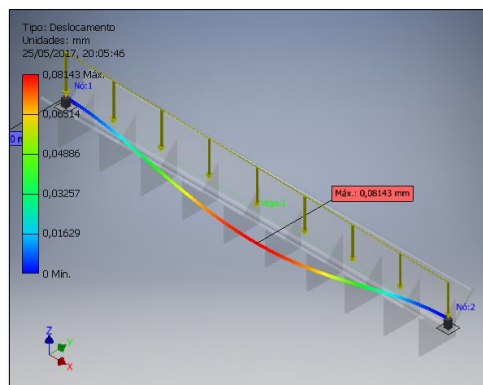
FIGURA 8 – Projeto prensa hidráulica e chapa dobrada



Fonte: Rodrigo Lima, (2017).

Foi utilizado o software Inventor (versão free) para realizar uma simulação de cargas contínuas pela estrutura que suportará a carga, conforme Figura 9. Pode-se perceber uma deflexão da matriz de 0,08 mm quando sujeita a força do sistema de 513,86 kgf/mm².

FIGURA 9 – Simulação estática de cargas



Fonte: Rodrigo Lima, (2017).

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral foi alcançado, uma vez que o equipamento executa a atividade a qual foi projetado, que seria realizar a dobra em chapas com espessura de até 2 mm de espessura, dependendo do material da chapa, essa espessura pode chegar até a 2,5 mm.

Outro ponto bastante satisfatório para a fabricação da prensa hidráulica é que podem ser utilizados materiais reciclados em sua estrutura.

O sistema de segurança do equipamento também está funcionando perfeitamente, atendendo a normas específicas de segurança, como é o caso da NR12.

Com a utilização da bancada, agora será possível realizar trabalhos práticos na oficina mecânica e comparar com os resultados teóricos obtidos em sala de aula. Com isso, este equipamento irá proporcionar uma maior sinergia do aluno com a profissão do engenheiro, principalmente os alunos que nunca tiveram contato com este tipo de equipamento.

O equipamento poderá ser melhorado futuramente, podendo automatizar seu avanço e retorno e expandir seu sistema de dobras.

REFERÊNCIAS

ARGO-HYTOS. Catálogo de bombas hidráulicas – 2013.

BRAGANFER. Disponível em: <<http://www.braganfer.com.br/chapa-dobrada>>. Acessado em: 03 de maio de 2011.

BUSTAMANTE, ARIVELTO. Automação hidráulica. São Paulo: Ed. Érica, 2004. 279p.

CASTRO, Amilcar de. Corte e Dobra. São Paulo: Ed. Cosac & Naify, 2003. 188p.

DOLBLES. Ferramentas para corte e dobra. Disponível em: <<http://dolbles.com.br/calculos.php>>. Acesso em: 14 janeiro 2017

ESSEL. Disponível em: <<http://www.essel.com.br/cursos/material/01/ProcessosFabricacao/75proc.pdf>>. Acesso em: 02 de maio de 2016

ETERFS. Disponível em: <http://www.eterfs.com.br/material/mecanica/APOSTILA_DE_ESTAMPO_FATEC-220813-3.pdf>. Acessado em: 03 de maio de 2016

FIERGS. Manual Básico de segurança em prensas e similares. Disponível em: <http://www.prevenirseg.com.br/curso_nr12/apresentacoes/RQManual%20Seguran%C3%A7a%20Prensas%20e%20Similares.pdf>. Acesso em: 02 de maio 2016

NASCIMENTO, Wagner. Proteção em prensas e similares. Disponível em: <<http://wagner-nascimento.webnode.com.br/dobradora-viradeira/>>. Acesso em: 29 de Abril 2016.

NR12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Portaria SIT n.º 293, de 08 de dezembro de 2011.

OTTO. Sistemas Hidráulicos. Disponível em: <<http://www.ottosistemas.com.br/noticias.php?ler=Mzg1>>. Acesso em: 02 de maio de 2016

PALMEIRA, Alexandre Alvarenga. Processos de dobramento e calandragem. Disponível em: <<http://www.fat.uerj.br/intranet/disciplinas/Processos%20de%20Fabricacao%20IV/Cap%207%20-%20Dobramento.pdf>>. Acesso em: 29 de Abril 2016.

PARKER. Catálogo de bombas hidráulicas – 2010. São Paulo 58p.

PREVENIRSEG. Manual curso NR 12. Disponível em: <http://www.prevenirseg.com.br/curso_nr12>. Acessado em: 02 de maio 2016

PROVENZA, F. P. – PROTEC – Projetista de Máquinas. São Paulo. Escola PROTEC, 4º Ed. 1996.

TROVEL. Catálogo de cilindros hidráulicos – 2015. São Paulo 5p.

WEG. Catálogo de motores elétricos – 2008. São Paulo 23p.

ANEXO 01

Material	Módulo de elasticidade, E (MPa)	Módulo transversal, G (MPa)	Coefficiente de Poisson, ν
Alumínio e ligas de alumínio	$6,93 \times 10^4 - 7,98 \times 10^4$	$2,59 \times 10^4 - 2,7 \times 10^4$	0,32 – 0,34
Latão	$1,02 \times 10^5 - 1,11 \times 10^5$	$3,71 \times 10^4 - 4,2 \times 10^4$	0,33 – 0,36
Cobre	$1,19 \times 10^5 - 1,26 \times 10^5$	$4,06 \times 10^4 - 4,69 \times 10^4$	0,33 – 0,36
Ferro fundido	$9,1 \times 10^4 - 1,47 \times 10^5$	$3,64 \times 10^4 - 5,74 \times 10^4$	0,21 – 0,30
Aço ao carbono e de baixa liga	$1,96 \times 10^5 - 2,24 \times 10^5$	$7,59 \times 10^4 - 8,21 \times 10^4$	0,26 – 0,29
Aço inox (18-8)	$1,96 \times 10^5 - 2,07 \times 10^5$	$7,31 \times 10^4$	0,30
Titânio	$1,06 \times 10^5 - 1,15 \times 10^5$	$4,14 \times 10^4$	0,31 – 0,34
Tungstênio	$4,0 \times 10^5$	$1,57 \times 10^5$	0,27
Vidro	$4,97 \times 10^4 - 7,94 \times 10^4$	$2,62 \times 10^4 - 3,24 \times 10^4$	0,21 – 0,27
PMMA	$2,41 \times 10^3 - 3,45 \times 10^3$	$1,04 \times 10^3$	0,35
Polietileno	$1,38 \times 10^2 - 3,8 \times 10^2$	$1,17 \times 10^2$	0,45
Borracha	0,76 – 4,14	0,345 – 1,38	0,50

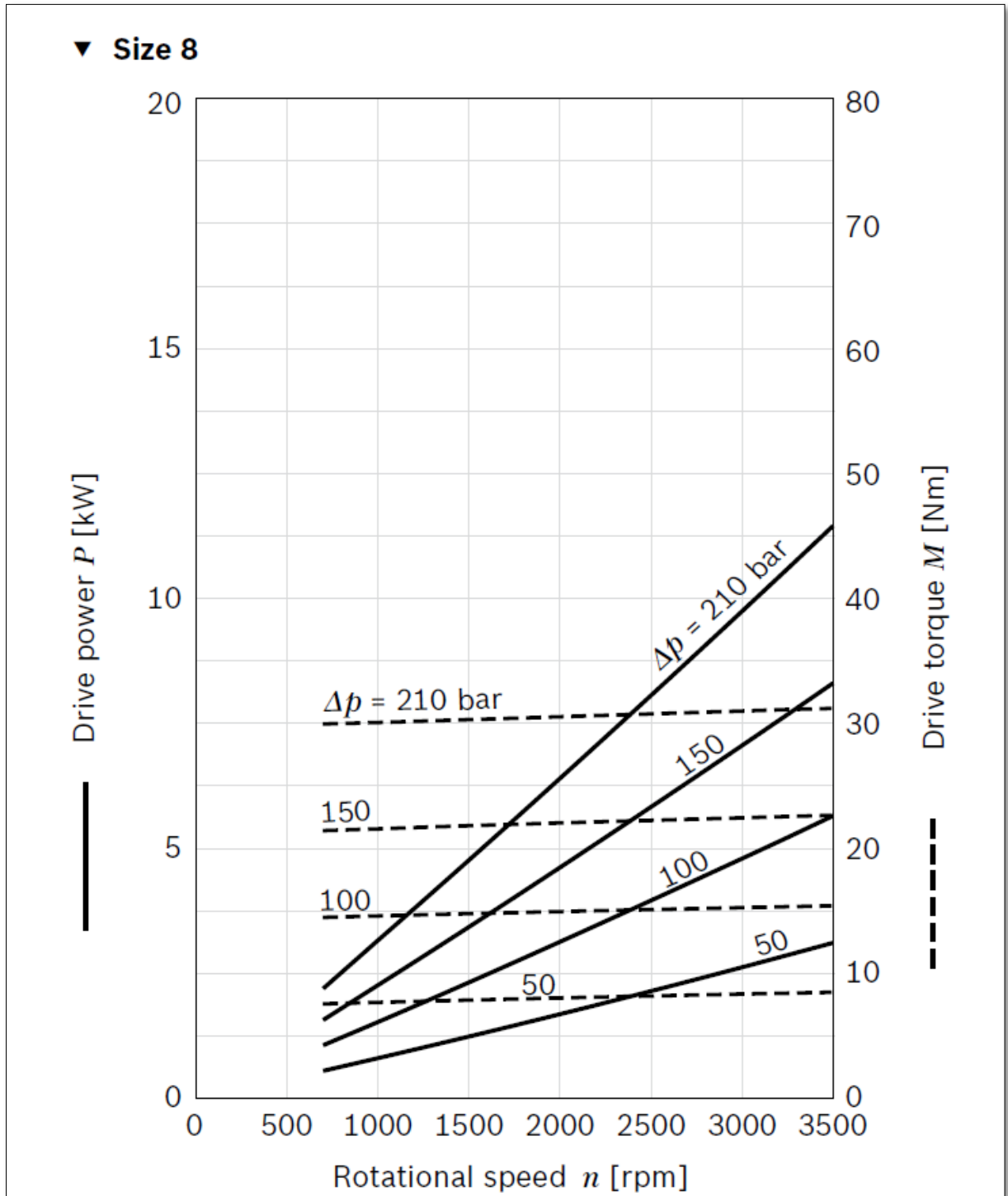
Fonte: Bustamante, 2004

ANEXO 03

Cargas de Euler				
Carga de Euler	<p>Caso 1 Uma extremidade livre e a outra fixa</p>	<p>Caso 2 (Caso básico) As duas extremidades articuladas</p>	<p>Caso 3 Uma extremidade articulada e a outra fixa</p>	<p>Caso 4 As duas extremidades fixas</p>
Representação Esquemática				
Comprimento Livre de Flambagem				
Situação de Montagem para Cilindros Hidráulicos	$\lambda = 2L$	$\lambda = L$	$\lambda = L \cdot (0,5)^{0,5}$	$\lambda = L/2$
Notas			Guiar a carga com cuidado, porque há possibilidade de travamento.	Inadequado, provável ocorrência de travamento.

Fonte: Bustamante, 2004

ANEXO 04




Fonte: Bustamante, 2004

DECLARAÇÃO

Eu, **Larissa Pires Cabral**, licenciada em Letras – Habilitação em Português, Inglês e suas respectivas literaturas, declaro ter realizado a correção ortográfica do trabalho: “**Confecção de dobradeira hidráulica de pequeno porte**” do aluno **Rodrigo Lima da Silva**, do curso de Engenharia Mecânica da UniRV – Universidade de Rio Verde.

Por ser verdade, firmo o presente.

Rio Verde, 02 de junho de 2017



Larissa Pires Cabral