



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SÃO
PAULO
CAMPUS SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

Alan Fabrício Morato
Anderson Valberto Magacho
Isaac Salomon Amaral Cunha
Mariane Yumi Oikawa
Nícolas Henrique dos Santos Retamal

Calandra: Curvadora de tubos

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São José dos Campos, como requisito para obtenção do Título de Técnico em Mecânica sobre orientação do Professor Mc. Fernando Henrique Gomes de Souza e co-orientadora Professora Mc. Amita Muralikrishna.

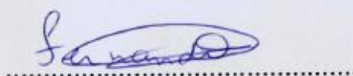
São José dos Campos

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) defendido e aprovado em

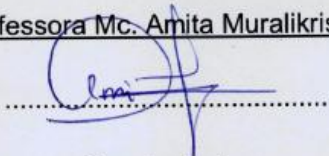
03 de Dezembro de 2014, pela banca examinadora constituída pelos
professores:

Professor Mc. Fernando Henrique Gomes de Souza



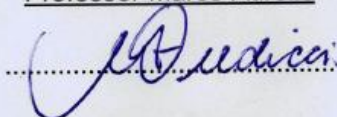
Orientador

Professora Mc. Amita Muralikrishna



Co-orientadora

Professor Marco Aurélio



Examinador

Aos nossos queridos pais e professores.

Com muito carinho,

Dedicamos

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) especialmente ao campus de São José dos Campos/PETROBRAS, seu corpo docente, direção, setor administrativo, serviço sócio pedagógico, por nos ter proporcionado o conhecimento.

Ao Professor Mc. Fernando Henrique Gomes de Souza, por dedicar seu tempo à correção, revisão e suporte ao nosso trabalho, sempre se propondo a tirar nossas dúvidas e nos auxiliar no projeto.

À Professora Mc. Amita Muralikrishna, nossa co-orientadora, por dedicar seu tempo à correção, revisão e suporte ao nosso trabalho, sempre se propondo a tirar nossas dúvidas e nos auxiliar no projeto.

Ao Professor Marco Aurélio por ajudar a desenvolver o projeto e pensar em soluções para o mesmo.

À Professora Vania Battestin por contribuir para a elaboração desta monografia.

Ao Professor Ricardo Becker por ajudar a solucionar alguns problemas no projeto.

Ao Matias Gomes Paulo por contribuir em alguns elementos para a construção do projeto.

À Ana Elisa de Faria por ter dedicado parte de seu tempo para sugestões e críticas construtivas.

Por fim, a todos os que acreditaram em nossa capacidade e de alguma forma contribuíram para o nosso trabalho, o nosso muito obrigado.

“Nossa recompensa se encontra no
esforço e não no resultado. Um
esforço total é uma vitória completa”.

Mahatma Gandhi

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVO	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1.	CONFORMAÇÃO MECÂNICA.....	15
3.2.	DOBRAMENTO.....	16
3.3.	CURVAMENTO	17
3.4.	CALANDRAS	18
3.5.	MACACO HIDRÁULICO	21
3.6.	MANCAIS.....	21
3.7.	ELEMENTOS DE FIXAÇÃO.....	23
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1.	MATERIAIS	26
4.2.	MÉTODOS	28
4.2.1.	USINAGEM - TORNEAMENTO.....	28
4.2.2.	USINAGEM - FRESAMENTO.....	298
4.2.3.	CORTE	309
4.2.4.	FURAÇÃO	309
4.2.5.	ROSCA	309
4.2.6.	PROCESSOS	309
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	354
5.1.	CUSTO.....	37
6.	CONCLUSÃO.....	38
7.	TRABALHOS FUTUROS.....	39
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quadro geral de classificação dos processos de conformação dos metais (ROCHA, 2012).	165
Figura 2: Curvamento manual (PALMEIRA, 2005).	187
Figura 3: Curvamento à máquina (PALMEIRA, 2005).	187
Figura 4: Esquematização da disposição de uma calandra com 3 rolos (PALMEIRA, 2005).	198
Figura 5: Esquematização da disposição de uma calandra com 4 rolos (PALMEIRA, 2005).	198
Figura 6: Calandra de Passo (PALMEIRA, 2005).	2019
Figura 7: Calandra Piramidal (PALMEIRA, 2005).	2019
Figura 8. Modelo de macaco hidráulico utilizado no projeto.	210
Figura 9: Mancal de deslizamento (MEDEIROS, s.d.), (SILVA et al., 2012).	221
Figura 10: Mancal de rolamento (MEDEIROS, s.d.).	232
Figura 11: Parafuso cabeça redonda, cabeça chanfrada e fenda Phillips (GENEROSO, 2009).	243
Figura 12: Porca em corte (SCHUSTER, 2013).	243
Figura 13: Arruela em corte entre porca e parafuso (SCHUSTER, 2013).	254
Figura 14: Mancais utilizados no projeto.	265
Figura 15: Parafusos 82x8.	265
Figura 16: Arruelas.	276
Figura 17: Porcas.	276
Figura 18: Torno convencional.	31278
Figura 19: Fresa convencional.	28
Figura 20: Usinagem dos rolos cilíndricos 1.	320

Figura 21: Usinagem dos rolos cilíndricos 2.....	320
Figura 22: Fresamento das chapas.....	331
Figura 23: Furação.....	331
Figura 24: Fixação dos tirantes	342
Figura 25: Montagem da parte móvel e fixação dos mancais.	352
Figura 26: Fixação dos mancais de parede.....	353
Figura 27: Curvamento parcial do tubo.	364
Figura 28: Achatamento do tubo	364
Figura 29: Chapa da base.....	375
Figura 30: Visão lateral da calandra e observação de suas melhorias futuras	35
Figura 31: Rolo de apoio	36
Figura 32: Rolo.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

mm Milímetros

Ø Diâmetro

RESUMO

Esta monografia apresenta a projeto e a construção de uma curvadora manual de tubos a frio. O projeto mecânico é composto por meio de três rolos cilíndricos fixados em mancais de rolamento - sendo o central e um extremo fixo, e o outro extremo móvel, através do levantamento por macaco hidráulico – servem de apoio para tubos serem curvados até o ângulo desejado. Outros aspectos importantes para a construção de uma curvadora de tubos são citados, como, conformação mecânica, dobramento, curvamento, mancais e elementos de fixação. Conforme os testes realizados após o término do projeto em tubos de diferentes materiais e diâmetros verificou-se o encurvamento superior a 30° e inferior a 90° em tubos com uma polegada de diâmetro e espessuras entre um e três mm. Esse fato ocorreu devido ao processo de escorregamento dos tubos durante a sua encurvamento e ao fato de que a base estava sem apoio corretamente, o que servirão de trabalho futuros.

Palavras chave: curvadora de tubos, conformação mecânica, dobramento a frio.

ABSTRACT

This monograph presents the design and construction of a manual pipe bender cold. The mechanical design is composed by three cylindrical roller bearings fixed in the bearing - with the central and one end fixed and the other end, moving through the hydraulic jack lifting - to serve as support tubes are bent to the desired angle. Other aspects important for the construction of a pipe bender are cited as mechanical conformation, folding, bending, bearing and fastening elements. According to the tests conducted after the design on pipes of different materials, diameters and thicknesses it has been found higher than 30 ° and less than 90 ° in tubes with an inch diameter and thickness between one and three mm. This fact may be due to the slipping process during its bending tubes and the fact that the base was not properly supported, which will for the future work.

Keywords: pipe bender, metal forming, folding cold.

1. INTRODUÇÃO

Conformação é o nome dado aos processos que se aplica uma força externa sobre a matéria prima para obterem-se formas e dimensões pré-determinadas por deformação plástica, mantendo o volume e a massa inicial do material. Os processos de conformação que servirão de base para este trabalho são variados, mas será abordado o que diz respeito à conformação mecânica manual, mais especificamente, ao curvamento de tubos a frio. Partindo dessa análise, será construído e projetado uma calandra para encurvamento simples e serão detalhados processos de dobramento de tubos utilizados nas diversas indústrias.

O trabalho foi dividido em sete capítulos:

- O 1º capítulo foi dedicado a uma pequena introdução geral sobre as justificativas deste trabalho;
- O 2º capítulo apresenta os objetivos gerais do projeto;
- No 3º capítulo, uma revisão bibliográfica dos processos de conformação mecânica e dos diversos materiais utilizados para construção da calandra;
- Os materiais e métodos são descritos no 4º capítulo, apresentando os processos de fabricação, a conformação mecânica e as caracterizações quanto aos materiais e peças confeccionadas;
- No 5º capítulo são apresentados os principais resultados e suas discussões;
- No 6º capítulo são apresentadas as conclusões;
- No capítulo 7º, as sugestões para trabalhos futuros.

2. OBJETIVO

O objetivo principal é a concepção e desenvolvimento de um sistema simples de construção para curvamento de tubos. Construir um sistema que, por meio de conformação a frio, possibilite o curvamento de tubos de até uma polegada em ângulos pré-determinados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão bibliográfica serão abordados os aspectos característicos dos componentes utilizados no projeto e na construção da calandra, sendo estes: conformação mecânica, dobramento, curvamento, calandras, macaco hidráulico, mancais e elementos de fixação.

3.1. Conformação mecânica

Conformação mecânica é a modificação da forma de um corpo para outra, pré-definida, com geometria e dimensões controladas, pela aplicação de esforço mecânico (MARTINS, s.d.).

Os processos de conformação podem ser divididos em dois grupos: processos mecânicos, nos quais as modificações de forma são provocadas pela aplicação de forças externas, e processos metalúrgicos, nos quais as modificações de forma estão relacionadas com variações de temperaturas (ROCHA, 2012).

Os processos metalúrgicos subdividem-se em conformação por solidificação, para os quais a temperatura adotada é superior à temperatura de fusão do metal, e a forma final é obtida pela transformação líquido-sólido (ROCHA, 2012).

Os processos mecânicos são constituídos pela conformação plástica, para os quais as tensões aplicadas são geralmente inferiores ao limite de resistência à tração e pelos processos de conformação por usinagem. A forma final é obtida pela retirada de material (ROCHA, 2012). A Figura 1 apresenta a classificação dos processos de conformação mecânica:

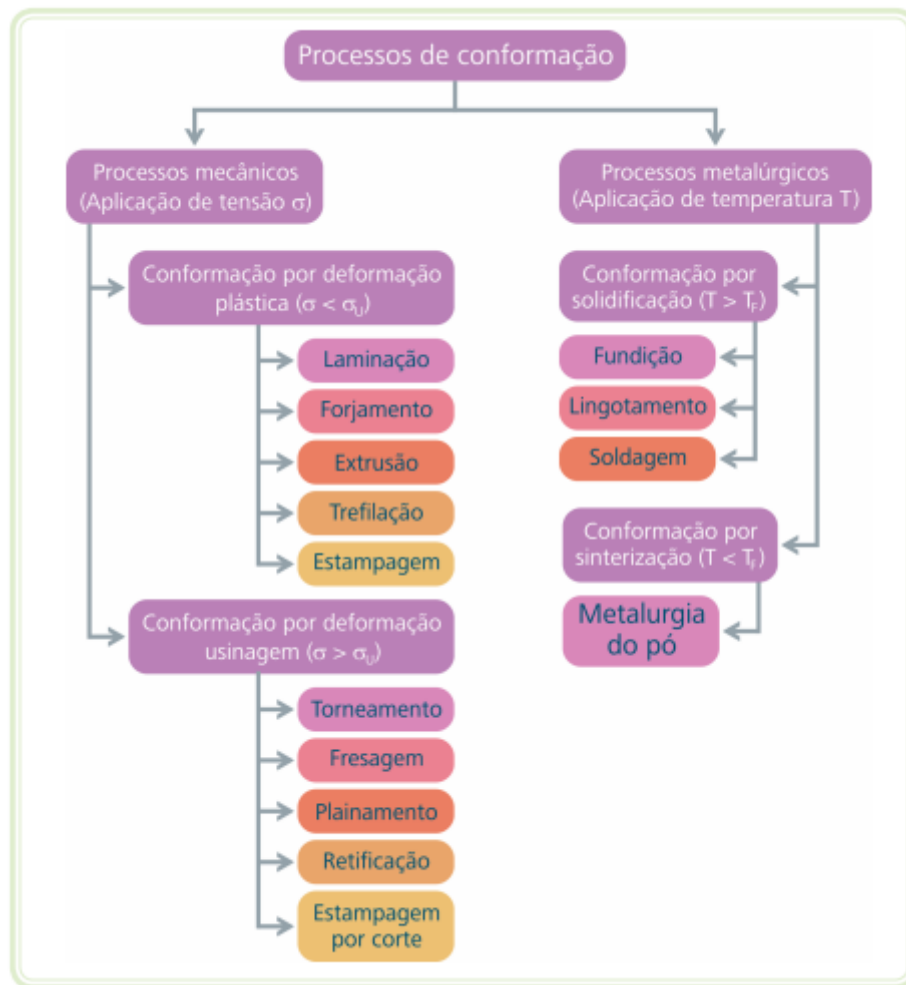


Figura 1: Quadro geral de classificação dos processos de conformação dos metais (ROCHA, 2012).

3.2. Dobramento

O dobramento é usualmente definido como a deformação plástica de uma chapa metálica ao longo de uma linha reta. A operação de dobramento pode ser considerada como um sistema com sete componentes: produto, peça/material, equipamento, punção/matriz, zona de deformação, interface e ambiente. O tipo clássico de conformação por dobramento é a operação para obter curvatura cilíndrica ou cônica em rolos, chamada de calandras (MARCONDES, s.d.).

O dobramento pode ser feito manualmente ou à máquina. Quando a operação é feita manualmente, usam-se ferramentas e gabaritos ou máquina de simples confecção. Na operação feita à máquina, usam-se as chamadas prensas dobradeiras ou dobradeiras. A escolha de utilização de um ou outro tipo de operação depende das necessidades de produção (PALMEIRA, 2005).

Os processos de dobramento podem ser realizados a quente e a frio. No processo a frio, o material é conformado à temperatura abaixo da temperatura de recristalização e o processo a quente é realizado em temperatura acima da temperatura de recristalização do material. Entre as vantagens de se realizar o dobramento a frio estão: o melhor acabamento superficial, a maior produtividade de peças, nenhuma variação dimensional, além de encruar o material e a não necessidade de equipamentos de aquecimento. Entretanto, o dobramento a frio requer maior energia e máquinas de maiores de potência (GONZÁLEZ, 2000).

A maior vantagem na utilização do dobramento a quente é que se obtêm maiores raios de dobramento se comparados ao processo a frio. As desvantagens são alto custo e produção lenta, além de pior acabamento superficial.

3.3. Curvamento

O curvamento de chapas e perfis é uma operação pela qual se dá forma cilíndrica ou oval, total ou parcial, a uma chapa ou barra. É realizada por meio de esforços de flexão feitos por ferramenta manuais, dispositivos ou máquinas. Tal operação é executada a quente ou a frio (COSTA, 2010).

A Figura 2 e a Figura 3 representam curvamento manual e à máquina, respectivamente.

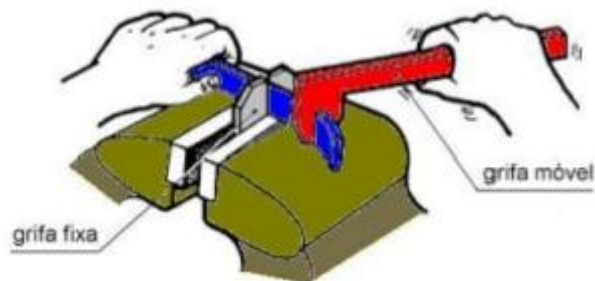


Figura 2: Curvamento manual (PALMEIRA, 2005).

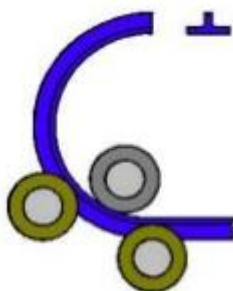


Figura 3: Curvamento à máquina (PALMEIRA, 2005).

3.4. Calandras

As calandra em geral, possuem 3 ou 4 rolos. As de 3 rolos, demonstrado na Figura 4, são as mais usadas na indústrias. E as calandra de 4 rolos, apresentado na Figura 5, apresentam a vantagem de facilitar o trabalho de pré-curvamento, pois nas de 3 rolos o pré-curvamento é feito manualmente. (PALMEIRA, 2005).

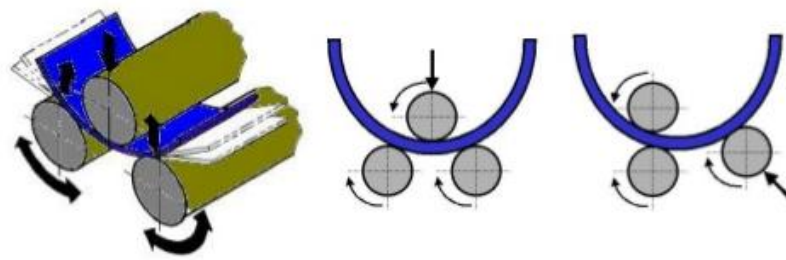


Figura 4: Esquematização da disposição de uma calandra com 3 rolos (PALMEIRA, 2005).

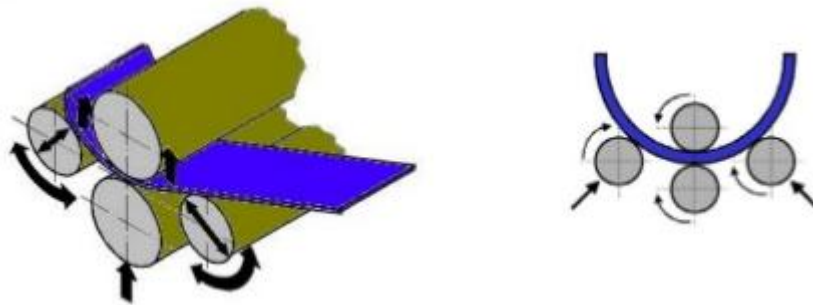


Figura 5: Esquematização da disposição de uma calandra com 4 rolos (PALMEIRA, 2005).

Os tipos de calandra mais comuns são a calandra de passo e a calandra piramidal. Na calandra de passo, Figura 6, a folga entre os rolos que estão alinhados é ajustável para espessuras desejáveis e o rolo de trabalho pode se mover para obtenção de diferentes diâmetros. Este tipo de calandra é adequado para a grande produção de peças de diâmetros menores (PALMEIRA, 2005).



Figura 6: Calandra de Passo (PALMEIRA, 2005).

Na calandra piramidal, Figura 7, o rolo superior pode ser ajustado para exercer maior ou menor pressão, obtendo-se peças de diâmetros maiores ou menores, dependendo da necessidade do operador. O diâmetro máximo da peça é limitado pela estabilidade da peça dobrada (PALMEIRA, 2005).

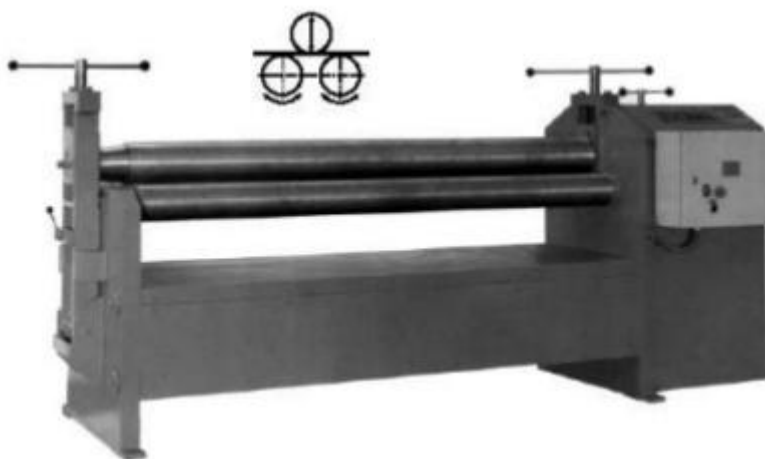


Figura 7: Calandra Piramidal (PALMEIRA, 2005).

3.5. Macaco hidráulico

O macaco hidráulico é um aparelho usado para levantar objetos pesados a uma determinada altura. Consta basicamente de um pistão que se move dentro de um cilindro por compressão de um fluído (normalmente derivados de óleo).

O funcionamento baseia-se no princípio do teorema de Pascal: “a pressão aplicada a um fluído contido em um recipiente é transmitida integralmente a todos os pontos do fluído e às paredes do recipiente que o contém”. Esse fundamento do macaco hidráulico é o mesmo da prensa hidráulica e das demais transmissões hidráulicas e ficou conhecido como Princípio de Pascal (HENGEL, 2011).



Figura 8. Modelo de macaco hidráulico utilizado no projeto.

3.6. Mancais

Mancal é definido como um dispositivo fixo fechado, sobre o qual é apoiado um eixo. Sua função é comportar um eixo, e existem duas formas principais empregadas para esse propósito: o mancal de deslizamento, na qual há uma bucha de material macio entre a base do mancal e o eixo, tratando-se de uma solução para

baixas rotações; e o mancal de rolamento, adequado para maiores rotações (SILVA et al.).

A função do mancal de deslizamento é servir de apoio para eixos girantes. Estes mancais estão sujeitos às forças de atrito devido a rotação do eixo, ou seja, o atrito ocorre devido ao contato da superfície do eixo com o mancal (SILVA et al.).

Quando o eixo gira dentro do furo é produzido o atrito denominado de escorregamento. Para reduzir esse atrito utiliza-se o rolamento: que é um elemento de máquina que permite o movimento relativo controlado entre duas ou mais partes. Eles limitam as perdas de energia produzidas pelo atrito (SILVA et al.).

A Figura 8 e a Figura 9 são a representação de um mancal de deslizamento e de rolamento respectivamente.

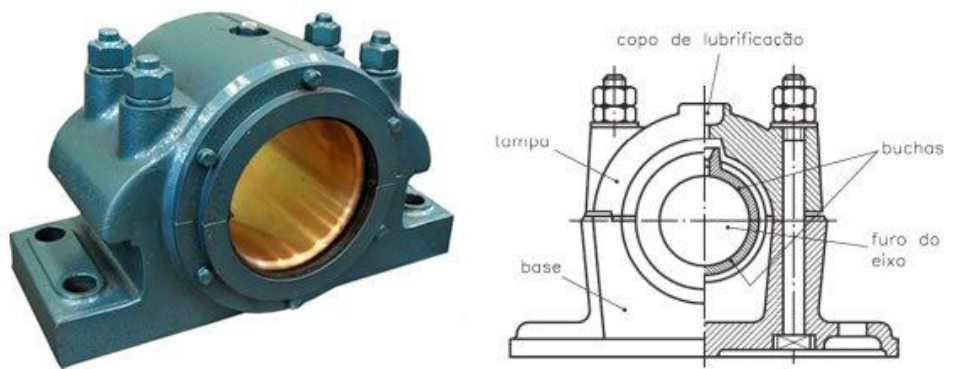


Figura 9: Mancal de deslizamento (MEDEIROS, s.d.), (SILVA et al., 2012).

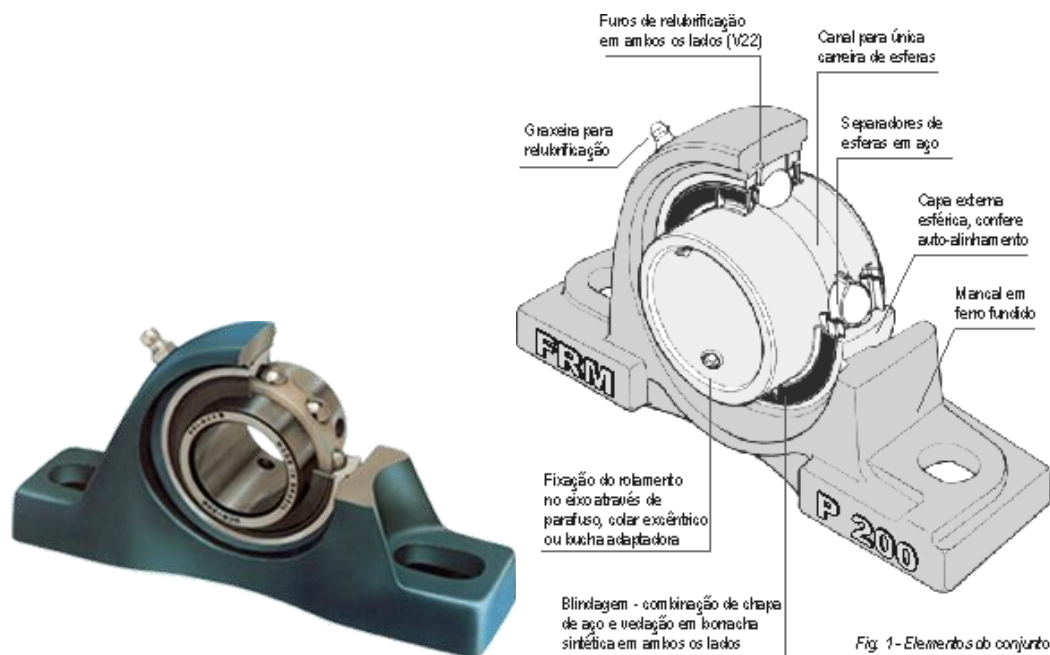


Figura 10: Mancal de rolamento (MEDEIROS, s.d.).

3.7. Elementos de fixação

Na mecânica é muito comum a necessidade de unir peças como chapas, perfis e barras. Qualquer construção, por mais simples que seja, exige união de peças entre si. Entretanto, em mecânica as peças a serem unidas, exigem elementos próprios de união que são denominados elementos de fixação. Numa classificação geral, os elementos de fixação mais usados na mecânica são: rebites, pinos, cavilhas, parafusos, porcas, arruelas, chavetas (GASPAR JUNIOR, 2010).

A união de peças feita pelos elementos de fixação pode ser de dois tipos: permanente ou móvel. Na união permanente, os elementos de fixação, uma vez instalados, não podem ser retirados sem que fiquem inutilizados. É o caso, por exemplo, de uniões feitas com rebites e soldas (GASPAR JUNIOR, 2010).

No tipo de união móvel, os elementos de fixação podem ser colocados ou retirados do conjunto sem causar qualquer dano às peças que foram unidas. É o caso, por exemplo, de uniões feitas com parafusos, porcas e arruelas (GASPAR JUNIOR, 2010).

Os dois tipos de serão usados no projeto, como solda na parte de fixação permanente e parafusos, porcas e arruelas na parte de fixação móveis.

A Figura 11, Figura 12 e Figura 13 apresentarão alguns exemplos de elementos de fixação. Sendo, respectivamente, parafusos, porca e arruela.

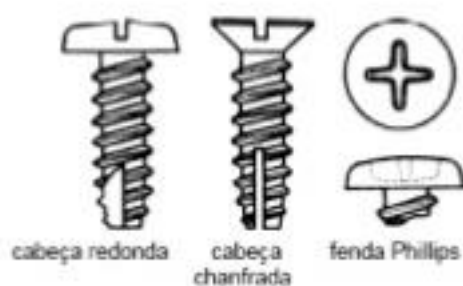


Figura 11: Parafuso cabeça redonda, cabeça chanfrada e fenda Phillips (GENEROSO, 2009).

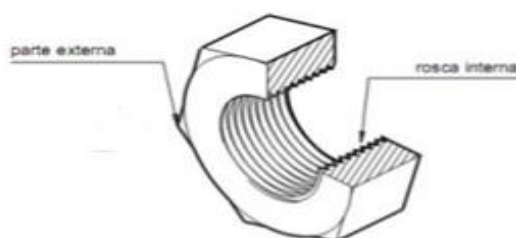


Figura 12: Porca em corte (SCHUSTER, 2013).

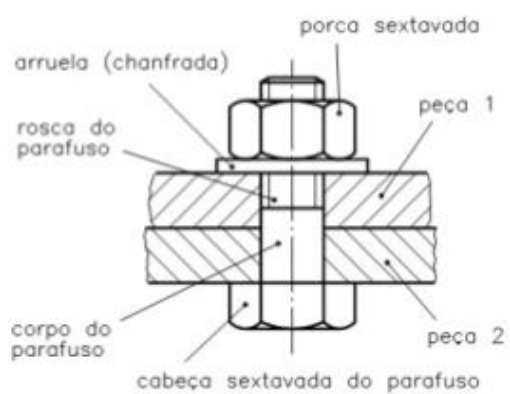


Figura 13: Arruela em corte entre porca e parafuso (SCHUSTER, 2013).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Materiais

Os materiais utilizados no projeto Calandra são listados a seguir:

- Mancais de diâmetro interno 12,7 mm (FK Corporation UCP204), mostrado na Figura 14 abaixo.



Figura 14: Mancais utilizados no projeto.

- Parafusos com dimensões 82x14 mm (JOMARCA, de cabeça sextavada), mostrado na figura 15 a seguir



Figura 15: Parafusos 82x8.

- Arruelas de diâmetro interno 9 mm, indicado na Figura 16.



Figura 16: Arruelas

- Porcas de diâmetro interno 8 mm, representado na figura 17.



Figura 17: Porcas.

- Chapas de alumínio de 730 mm x 350 mm x 2,5 mm (comprimento, largura e espessura).
- Dois rolos de $\varnothing 32 \times 170$ mm, com rebaxos iguais, $\varnothing 12 \times 35$ mm, nas duas extremidades.
- Um rolo superior de $\varnothing 37 \times 205$ mm; com rebaxos nas duas extremidades, sendo um de $\varnothing 35 \times 65$ mm e outro de $\varnothing 30 \times 40$ mm.

4.2. Métodos

Como mostrado no item 3.4, existem vários tipos de calandra e, dentre eles, escolheu-se para a realização do projeto a calandra de três rolos, por conta da simplicidade fornecida em relação às outras.

4.2.1. Usinagem - Torneamento

Por intermédio do torno convencional (conforme Figura 18 - torno convencional), o tarugo, preso à castanha, executou movimento rotativo enquanto a ferramenta de corte realizou desbaste, que é a operação que antecede o processo de acabamento, obtendo-se na peça as formas e dimensões próximas as finais e faceamento, que consiste na retirada do material na face da peça.

Os três rolos que, posicionados em pontos estratégicos, foram usinados até adquirirem o formato desejado, tendo como função o curvamento de determinado tubo disposto entre eles, sendo o pivô para a obtenção do objetivo principal de uma calandra.

Os cinco tirantes foram usinadas em dimensões iguais e posicionadas de modo a dar sustentação à parte superior da calandra, que comporta os mancais e os rolos.



Figura 18: Torno convencional.

4.2.2. Usinagem - Fresamento

Por mediação da fresa convencional, apresentada na Figura 19, as placas foram presas à morsa e a ferramenta executou movimento rotativo sobre o material, resultando na usinagem.

As duas placas usinadas adquiriram tamanhos iguais para a sustentação dos mancais de parede.



Figura 19: Fresa convencional.

4.2.3. Corte

As duas placas que serviram de base superior e inferior para o projeto, foram submetidas a serra maquina, obtendo assim suas formas que possuem medidas semelhantes. A diferença entre ambas encontra-se nos rebaixos presentes na placa superior.

4.2.4. Furação

As placas, os rolos e os tirantes foram submetidos à furação, de modo à geração de furos cilíndricos com diâmetros de 3 mm a 35 mm.

4.2.5. Rosca

Com intuito de definir o encaixamento correto entre o interior dos extremos dos tirantes de sustentação e as placas inferior e superior, foram desenvolvidas roscas M4x07.

4.2.6. Processos

A usinagem dos rolos cilíndricos foi o primeiro processo a ser feito no projeto. Os mesmo foram dimensionados e usinados para o encaixe nos elementos de apoio (mancais), conforme mostrado nas Figuras 20 e 21.



Figura 20: Usinagem dos rolos cilíndricos 1.



Figura 21: Usinagem dos rolos cilíndricos 2.

Após a usinagem dos eixos, foram feitos os cortes e o fresamento das chapas, submetidas como a base da calandra, como indicado na Figura 22.



Figura 22: Fresamento das chapas.

Após o fresamento e o corte das bases, foram feitos os furos, como representado na Figura 23, que seriam colocados as pilastras, os mancais, as chapas laterais que sustentam os mancais de parede e os furos, onde as dobradiças foram colocadas.

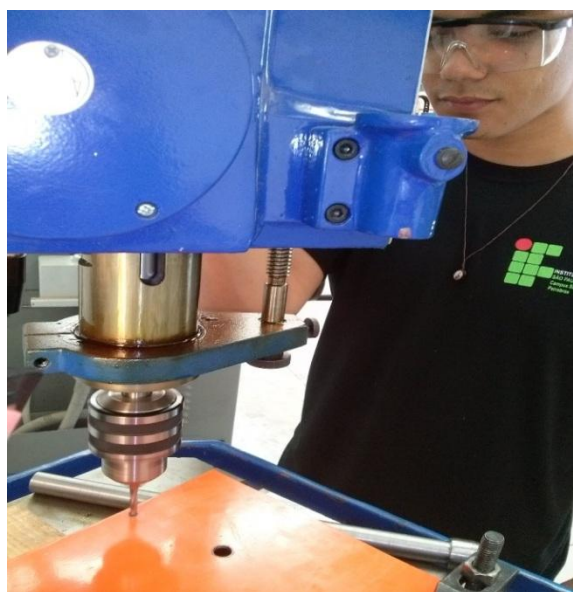


Figura 23: Furação.

Em seguida aos furos, foram fixadas primeiramente os tirantes que sustentariam as duas bases da calandra, conforme a Figura 24.



Figura 24: Fixação dos tirantes.

Com o término do processo de montagem dos tirantes, foram montadas a parte móvel da base e a fixação dos mancais, mostrado na Figura 25 abaixo.

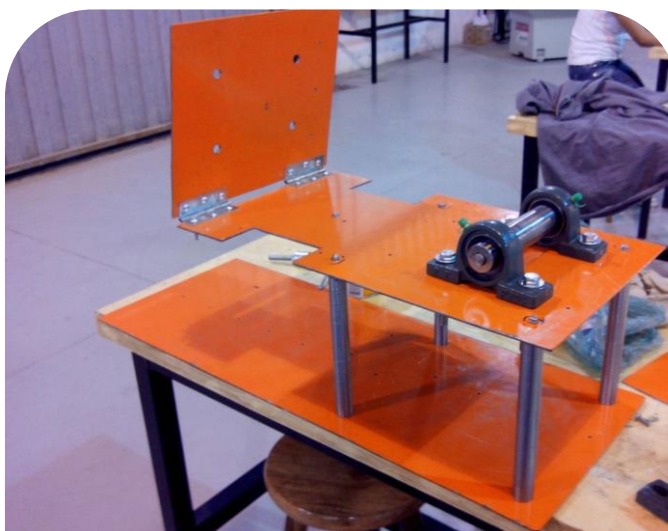


Figura 25: Montagem da parte móvel e fixação dos mancais.

Posteriormente às montagens dos mancais da base, foram fixados os mancais de parede da calandra, segundo a Figura 26.



Figura 26: Fixação dos mancais de parede.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse trabalho abordamos a construção de uma calandra e os materiais necessários para o funcionamento do mesmo.

Esperava-se que, no final, a calandra fosse capaz de curvar tubos com diâmetro referente a até uma polegada. Entretanto, ficou perceptível que havia falhas no decorrer do projeto.

Nos testes realizados na calandra, ocorreu curvamento e achatamento parcial no tubo (Figura 26 e 27, respectivamente), pois o material usado, aço Inox, possui dureza elevada e baixo coeficiente de atrito, o que propicia o escorregamento do tubo durante o seu dobramento. Houve também, erros com relação à espessura da parede (1,5 mm) e, o diâmetro de 25,7 mm, excedeu em 0,3 mm o tamanho dimensionado para a calandra.



Figura 27: Curvamento parcial do tubo.



Figura 28: Achatamento do tubo.

Durante os testes, houve certo curvamento da chapa de base ao exigir força nos rolos. Portanto, concluiu-se que a base de sustentação da calandra deve possuir maior espessura.



Figura 29: Chapa da base.

Posteriormente à montagem, verificou-se que a calandra deveria possuir duas pilastras posicionadas nos pontos onde a chapa de base teve curvamento.



Figura 30: Visão lateral da calandra e observação de suas melhorias futuras.

No decorrer dos testes realizados, percebeu-se que os rolos (Figura 28) onde os tubos passariam até chegarem ao ponto de curvamento, deveriam ser

recartilhados para obter-se maior atrito, chegando ao objetivo do projeto com melhor acabamento. A Figura 29 mostra o rolo de apoio.



Figura 31: Rolo de apoio.



Figura 32: Rolo.

5.1. Custo

Material	Preço R\$	Quantidade
Mancais	50,00	6
Parafusos, porcas e arruelas	40,00	-
Cantoneiras	2,50	2
Chapas	10,00	2
Rolos	7,00	3
Pilastras	5,00	5
Dobradiças	5,00	2
Macaco hidráulico	80,00	1
Serviço Terceirizado	50,00	-
Mão de obra	139,00	
	SUBTOTAL	R\$ 680,00
Lucro	250,00	
	TOTAL	R\$ 930,00

Pela pesquisa realizada foi encontradas calandras de bancada similares ao nosso projeto com o preço de R\$ 1000,00, porém nossa calandra faz o mesmo processo e tem o custo mais baixo do que a citada.

6. CONCLUSÃO

Devido erros de dimensionamento, surgiram problemas no projeto, como a chapa ter uma espessura fina e determinados materiais não estarem com medidas corretas, prejudicando a fixação de certas peças e comprometendo parcialmente a realização do curvamento.

Entre alguns problemas que aconteceram no projeto, foi possível perceber que as contrariedades em encontrar o material necessário para a realização do projeto, dificultaram o andamento do mesmo. Consequentemente, o processo de fabricação tornou-se mais lento.

7. TRABALHOS FUTUROS

Após o término do projeto, verificaram-se falhas no dimensionamento das chapas de base inferior e superior, além da força manual da manivela para a passagem dos tubos através dos mancais de curvamento.

Portanto, como sugestão para trabalhos futuros, deve-se aumentar a espessura das chapas para não haver curvamento das mesmas. Conjuntamente, pode haver a implantação de um motor no lugar da manivela para automatizar o processo.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARTINS, F. **Conformação Mecânica ME - 65 I**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.s.d. Disponível em: https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0CC8QFjAD&url=http%3A%2F%2Fpaginapessoal.utfpr.edu.br%2Fjmarino%2Fconformacao-mecanica%2Flivros%2Fnotas%2520de%2520aula%2520conformacao%2520mecanica.pdf%2Fat_download%2Ffile&ei=UfcIVMOIDMHCSsSIIDYCw&usg=AFQjCNFxtcb6k2Pgflilx3ztbz1enlj-sA. Acessado em 20/08/2014.

ROCHA, O. F. L. **Conformação Mecânica**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. Rede e-Tec Brasil, 2012. p. 68. Belém – PA. Disponível em: http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_ctrl_proc_indust/tec_metal/conform_mec/161012_confor_mec.pdf. Acessado em 20/08/2014.

MARCONDES, P. V. P. **Manufatura de chapas metálicas – dobramento**. s.d. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: ftp://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM297-TM159/Artigos/Edicao25_Art_Tec_UFPR_PauloMarcondes_Dobramento_Versao01.pdf. Acessado em 25/08/2014.

GONZÁLEZ, P. C. S. **Técnica não Convencional para Dobramentos de Tubos de Parede Fina Usando Elastômero**. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Tese apresentada à Divisão de Pós-Graduação, p.150, 2000. São José dos Campos – SP. Disponível em: <http://161.24.11.4/tesesdigitais/000444759.pdf>. Acessado em 20/08/2014

COSTA, M. B. S. **Tecnologia de Caldeiraria**. Duque de Caxias: Escola Técnica Atenew, 2010. p.100. Duque de Caxias – RJ. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/52339271/Tecnologia-de-Caldeiraria#page=24>. Acesso em 01/10/2014.

PALMEIRA, A. A. **Processos de Dobramentos e Calandragem**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro – Campus Regional de Rezende, 2005. Rezende – RJ. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/Thrunks/cap-7-dobramento>. Acessado em 04/09/2014.

HENGEL. Macaco Hidráulico. Hengel Equipamentos. America – SP, 2011. Disponível em: <http://www.hengelequipamentos.com.br/blog/macaco-hidraulico/>. Acessado em 03/09/2014.

GASPAR JUNIOR, R. **Tecnologia de Máquinas – Elementos de fixação**. Senai. Sorocaba – SP, 2010. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfDBwAH/elementos-fixacao-formatado>. Acessado em 27/08/2014.

MEDEIROS, V. S. **Projeto de Mancais de Rolamento e Mancais de Deslizamento**. Universidade Federal da Paraíba - UFPB.s.d. Departamento de Engenharia Mecânica. Elementos de Máquinas 2. João Pessoa – PB. Disponível em: <http://dc543.4shared.com/doc/AEL6sHK-/preview.html>. Acessado em 03/09/2014.

SILVA, A. C. et al. **Conceitos Essenciais sobre Mancais de Rolamento e de Deslizamento**. Tecnologia em Mecatrônica Industrial. Faculdade de Tecnologia de Garça – FATEC. p. 10, 2012. Garça – SP. Disponível em: http://fatecgarca.edu.br/revista/Volume2/Artigo_8_Volume_2.pdf. Acessado em 16/10/2014.

GENEROSO, J. D. **Elementos de Máquinas**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Campus de Araranguá. Apostila Módulo III, p. 74, 2009. Araranguá– SC. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/neydom/apostila-elementos-demaquinas>. Acessado em: 10/09/2014.

SCHUSTER, C. **Representação de Parafusos e Porcas em Desenho Técnico**. Disciplina de Desenho Técnico II, p. 26, 2013. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/aba123456/95950-parafusos-eporcas>. Acessado em: 10/09/2014.