

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ

LUCAS VINICIUS SCHERER

**PROJETO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PARA UMA PRENSA DA INDÚSTRIA
METALMECÂNICA**

**CASCABEL
2018**

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ

LUCAS VINICIUS SCHERER

**PROJETO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PARA UMA PRENSA DA INDÚSTRIA
METALMECÂNICA**

Trabalho apresentado à disciplina TCC
– Projeto como requisito parcial para
obtenção da aprovação semestral no
Curso de Engenharia Mecânica pelo
Centro Universitário Assis Gurgacz.

Professor(a) Orientador(a): Eng.
Mecânico Carlos Eduardo Goulart
Ferreira

**CASCADEL
2018**

CENTRO UNIVERSITARIO ASSIS GURGACZ

LUCAS VINICIUS SCHERER

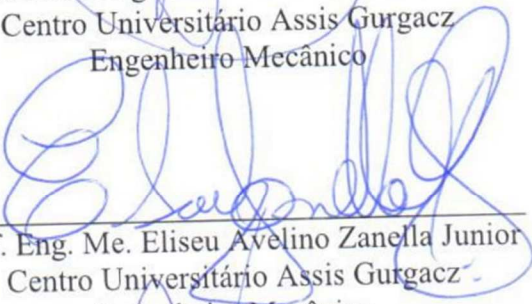
**PROJETO DE UM SISTEMA HIDRÁULICO PARA UMA PRENSA DA INDÚSTRIA
METALMECÂNICA**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial
para obtenção de aprovação semestral no Curso de Engenharia Mecânica do Centro
Universitário Assis Gurgacz

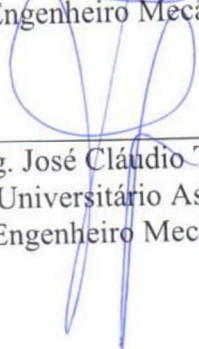
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Eng. Carlos Eduardo Goulart Ferreira
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Prof. Eng. Me. Eliseu Avelino Zanella Junior
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Prof. Eng. José Cláudio Terra Silveira
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e amigos, pelo apoio e compreensão, fontes de minha força e motivação.

AGRADECIMENTOS

A minha família onde me deram as condições necessárias e motivações para concluir mais um objetivo na minha vida.

A minha namorada, Giovana Kist Bomfanti, que sempre esteve ao meu lado nos momentos mais importantes, sempre motivando e auxiliando quando necessário.

Ao Prof. Carlos Eduardo Goulart Ferreira, na qual auxiliou na execução deste trabalho, sempre orientando da melhor forma possível e com muita paciência.

Aos meus colegas de profissão, na qual transmitiram sempre que possíveis todos os conhecimentos acerca do assunto.

Por fim aos meus amigos, que sempre motivaram e se fizeram presentes nas conquistas e dificuldades na qual passei.

RESUMO

Este trabalho visa apresentar o projeto hidráulico referente a uma prensa que será utilizada para solucionar um problema de fabricação na telha dos silos armazenadores de grão, onde hoje a empresa realiza as furações manualmente, elevando o tempo de fabricação e os custos. Esta indústria Metalmecânica está localizada no oeste do Paraná. O silo metálico para armazenamento de grãos necessita ser aerado constantemente a fim de manter a qualidade do grão estocado. Esta aeração do grão acontece do sentido do piso para o teto, saindo o ar quente através dos respiros na telha do teto. Para a fixação dos respiros é necessário realizar alguns processos de fabricação na telha, sendo elas uma área recortada para passagem ar quente, furos menores para fixação do respiro e uma aba voltada para cima para evitar que entre água no silo. O projeto é uma melhoria do processo já existente, exigindo mão de obra excedente para outras atividades e melhoria estética do produto final.

A prensa hidráulica tem o objetivo de diminuir os custos operacionais da empresa, otimizar o tempo fabril. Os encaminhamentos metodológicos baseiam-se em uma metodologia bibliográfica com ênfase em autores como Fialho, apostilas de fornecedores como Parker, livros sobre estampagem Kiminami.

Palavras-chave: Silo armazenador, Prensa hidráulica, Processo de fabricação.

ABSTRACT

This paper aims to present the hydraulic design for a press that will be used to solve a problem of fabrication in the silo storage tanks grain, where today the company performs the drilling manually, increasing the time of manufacture and costs. This metalworking industry is located in the west of Paraná. The metal silo for grain storage needs to be constantly aerated in order to maintain the quality of the grain stored. This grain aeration happens from the direction of the floor to the ceiling, leaving the warm air through the vents on the ceiling tile. For the fixing of the vents it is necessary to perform some manufacturing processes in the tile, being a cut out area for hot air passage, smaller holes for fixing the breather and a flap facing up to prevent water from entering the silo. The project is an improvement of the existing process, requiring surplus labor for other activities and aesthetic improvement of the final product. The hydraulic press has the objective of reducing the company's operating costs, optimizing the manufacturing time. The methodological guidelines are based on a bibliographical methodology with emphasis on authors such as Fialho, handouts from vendors such as Parker, books about stamping by Kiminami.

Keywords: Storage silo, hydraulic press, Manufacturing process.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - PRINCÍPIO BÁSICO HIDRÁULICA	19
FIGURA 2 - DIAGRAMA PONTOS DA TUBULAÇÃO	23
FIGURA 3 – SIMULAÇÃO SISTEMA RECUADO	34
FIGURA 4 – SIMULAÇÃO SISTEMA AVANÇADO	35

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM PRESSÃO.....	20
TABELA 2 - VELOCIDADES MÁXIMAS RECOMENDADAS	23
TABELA 3 – LISTA DE MATERIAL	33

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – ESFORÇO PARA CORTE	19
EQUAÇÃO 2 – PERÍMETRO CIRCULO	20
EQUAÇÃO 3 – PRESSÃO DE TRABALHO	20
EQUAÇÃO 4 – VAZÃO BOMBA	21
EQUAÇÃO 5 – VAZÃO BOMBA	21
EQUAÇÃO 6 – VELOCIDADE DE AVANÇO	21
EQUAÇÃO 7 – TEMPO TOTAL AVANÇO	21
EQUAÇÃO 8 – POTÊNCIA MOTOR ELÉTRICO	22
EQUAÇÃO 9 – VAZÃO INDUZIDA DE AVANÇO	22
EQUAÇÃO 10 - VAZÃO INDUZIDA DE RETORNO	22
EQUAÇÃO 11 – DIÂMETRO TUBULAÇÃO	23
EQUAÇÃO 12 – VOLUME RESERVATÓRIO	24
EQUAÇÃO 13 – TEMPO TOTAL RETORNO	24
EQUAÇÃO 14 – VELOCIDADE DE RETORNO	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 ASSUNTO / TEMA	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	14
1.4 FORMULAÇÃO DAS HIPÓTESES	14
1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA	14
1.5.1 OBJETIVO GERAL	14
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 INDÚSTRIA METALMECÂNICA.....	16
2.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO	16
2.3 SISTEMA HIDRÁULICO	17
3. METODOLOGIA.....	25
3.1 MÉTODOS.....	25
3.2 MATERIAIS	25
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	26
4.1 CÁLCULO DO PERIMETRO E FORÇA PARA CORTE	26
4.2 CÁLCULO DA PRESSÃO DE SERVIÇO E DIÂMETRO DO CILINDRO	27
4.3 CÁLCULO DA VAZÃO DA BOMBA	27
4.4 CÁLCULO DA POTÊNCIA DO MOTOR	28
4.5 SELEÇÃO BOMBA	28
4.6 CÁLCULO DA VELOCIDADE DE AVANÇO	29
4.7 CÁLCULO DO RESERVATÓRIO DE ÓLEO	29
4.8 CÁLCULO DO TEMPO DE CICLO.....	29
4.9 CÁLCULO DA VAZÃO INDUZIDA DE AVANÇO E RETORNO	30
4.10 CÁLCULO DO DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO	31
4.11 MANÔMETRO	32
4.12 LISTA DE MATERIAL	33
4.13 ESQUEMA HIDRÁULICO	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	37
REFERÊNCIAS	38
ANEXO A – PROJETO TELHA SILO	40
ANEXO B – PERÍMETRO E FUIROS	41
ANEXO C – CATALOGO MOTORES WEG	42
ANEXO D – RESERVATÓRIOS PARKER	43

ANEXO E – BOMBA HIDRÁULICA VISTA HYDRAULICS.....	44
ANEXO F – DIÂMETRO ATUADOR.....	45
ANEXO G – DIÂMETRO HASTE.....	46
ANEXO H – DIÂMETRO TUBOS.....	47
ANEXO I – MANÔMETRO	48
ANEXO J – TENSÕES DO AÇO	49

1. INTRODUÇÃO

Com a grande produção de grãos no Brasil, cerca de 238,7 milhões de toneladas na safra de 2016/2017, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento, a capacidade de estocagem no Brasil em 2016/2017 era de cerca de 168 milhões de toneladas, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Surgiu então a necessidade de construções ou ampliações de unidades armazenadoras do Brasil.

A vantagem da estocagem de grão, é poder escolher quando vendê-lo, aproveitando as altas dos preços em determinadas épocas do ano. Para manter a qualidade do produto estocado, é necessário mantê-lo aerado dentro do silo, ou seja, é necessário insuflar ar dentro do silo para diminuir as altas temperaturas. O ar passa no sentido do piso para o teto, retirando parte de calor do grão. No teto do silo armazenador existem respiros para o ar quente conseguir sair.

A indústria metalmeccânica voltada para o agronegócio vem se atualizando a todo momento para melhor atender seus clientes. As indústrias vêm investindo na melhoria de seus equipamentos, afim de melhorar sua fabricação, aumentando a produção e diminuindo os custos. A principal força das empresas agropecuárias brasileiras é o custo de produção mais baixo em relação aos concorrentes estrangeiros, em razão do clima favorável, da ampla disponibilidade de terras cultiváveis e da existência de instituições de pesquisa agropecuárias renomadas, como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). (BNDES, 2014, p. 24)

As prensas hidráulicas são umas das opções investidas nas empresas, pois além de melhorar o aspecto visual da peça, ajuda nos custos finais do produto. Este equipamento é usado para conformação e cisalhamento do metal, auxiliando no processo de fabricação. O metal entra em um dos lados da prensa, é conformado e após o processo sai com a forma desejada. Para realização deste processo é necessária apenas de um operador na máquina. A falta desse equipamento aumenta muito os custos com a mão de obra, horas gastas indevidamente e no aspecto visual do produto.

Este trabalho traz à tona o questionamento sobre o dimensionamento para suscitar o interesse dos futuros engenheiros para o melhor aproveitamento do equipamento, melhorando nos custos e no aspecto visual final da peça.

1.1 ASSUNTO / TEMA

O Assunto do referido trabalho é sobre sistemas hidráulicos.

O tema abordará o dimensionamento de uma prensa hidráulica visando melhorar o processo de fabricação da telha do silo metálico armazenador.

1.2 JUSTIFICATIVA

No processo de fabricação de uma indústria Metalmecânica, identificou-se que os custos operacionais e atrasos em suas produções estavam demasiadamente elevados. As telhas dos silos armazenadores necessitam de furos especiais para fixação dos respiros, mas todas as telhas possuem os mesmos furos. Esses furos são realizados manualmente por colaboradores desta indústria. Pela demanda, o aspecto visual do produto, não era bom. Desta forma fez-se necessário uma atualização no processo fabril, para que a demanda e os custos diminuam e sua renda seja maximizada.

1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Como melhorar o processo de fabricação metalmecânica aplicando sistemas hidráulicos?

1.4 FORMULAÇÃO DAS HIPÓTESES

H_0 – O custo para produção do equipamento poderá ser elevado.

H_1 – O processo de fabricação ficará mais rápido e melhor acabado, com a utilização da prensa hidráulica e reduzirá os custos com a mão de obra.

1.5 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.5.1 Objetivo Geral

Projetar o sistema hidráulico de uma prensa para otimizar processo de fabricação.

1.5.2 Objetivos Específicos

Pesquisar o dimensionamento do sistema hidráulico para a prensa.

Calcular a força necessária do sistema.

Seleção dos principais componentes do sistema.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 INDÚSTRIA METALMECÂNICA

Nenhuma substância foi tão importante como o metal na história do controle do homem de seu ambiente. Os avanços na agricultura, guerra, transporte até mesmo na culinária, são impossíveis sem metal. É a metalurgia que torna possível a existência de máquinas, equipamentos, veículos de transporte e bens de consumo. A metalomecânica envolve, ainda, a aplicação prática dos metais. Os processos da metalmecânica incluem usinagem, soldagem, deformação plástica e fundição. Engloba ainda o estudo das propriedades dos materiais utilizados, o seu projeto e seleção e ainda de fenômenos de resistência destes como a fadiga, a fluência ou o atrito, como pode-se ver no artigo processos de fabricação do aço.

Para (Freitas, 2017) em Industria Contemporânea no Brasil, o Brasil durante muito tempo ocupou destaque somente no setor primário (agricultura, pecuária, pesca e extrativismo mineral). Após consecutivas crises econômicas, atualmente o Brasil é considerado um dos mais industrializados países, por isso ocupa o décimo quinto lugar nesse segmento em escala global. A intensificação da indústria brasileira faz com que o país possua um enorme e variado parque industrial que produz desde bens de consumo à tecnologia de ponta. A região sul, segundo lugar em industrialização no país, desenvolve indústrias que atuam especialmente no beneficiamento de produtos primários, atividade denominada de agroindústria, que desempenha um importante papel na economia nacional, sobressai também na produção de peças e metalurgia.

Conforme (Souza, Luiz Gonzaga de), no dia a dia da economia industrial, a palavra indústria está caracterizada por diversos significados, desde uma empresa de pequeno porte, até uma fábrica de qualquer tamanho de um parque industrial, que trabalhe com atividade de transformação, que usem maquinarias que tenham como objetivo criar um terceiro produto.

2.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Segundo (Kiminami et al 2013), as fabricações de produtos metálicos são usados processos que visam dar forma, geometria, dimensões, acabamento superficial ao metal puro ou liga metálica com as especificações estabelecidas para o produto e também conferir a este

o conjunto de propriedades (resistência mecânica, dureza, resistência ao desgaste, resistência à corrosão, condutividade elétrica, densidade etc.) exigido para o seu bom desempenho.

A conformação plástica é um conjunto de processos de manufatura que usa a deformação plástica para mudar a forma do metal. A deformação é resultado do uso de uma ferramenta, geralmente uma matriz, que aplica tensões que excedem o limite de escoamento do metal. O metal, então, deforma e toma a forma determinada em parte ou quase totalmente pela geometria da matriz. As tensões aplicadas para deformar o metal podem ser compressivas, trativas, de dobramento ou de cisalhamento. Para ser conformado, o metal deve apresentar certas propriedades como baixa tensão de escoamento e alta ductilidade. (Kiminami et al 2013).

No processo da estampagem, como pode-se ver no catálogo da EAS chance systems, a chapa metálica é puncionada (ou cortada e moldada) usando uma prensa de estampagem para obter os componentes no formato e tamanho desejados. O processo de estampagem básico da chapa metálica tem três partes fundamentais nas quais a prensa é utilizada: a chapa metálica como material de produção, a prensa de estampagem e a matriz de estampagem. Devido ao calor gerado pela fricção durante o processo de fabricação, em geral, as peças estampadas ficam muito quentes quando saem das matrizes. A estampagem do metal é utilizada amplamente no processo de produção. Talvez essa seja uma das tecnologias mais importantes na indústria de produção.

2.3 SISTEMA HIDRÁULICO

Segundo (Fialho 2013), hidráulica é uma palavra que vem do grego, que é a junção de hydra = água e aulos = condução/aula/tubo. Assim dando a se entender que é uma parte da física que estuda o comportamento, leis que regem o transporte, conversão de energia, regulação e o controle dos fluidos em movimento e em repouso, levando em consideração suas variações, sendo algumas delas: pressão, vazão, temperatura, viscosidade.

Os constantes avanços tecnológicos vêm sendo necessário a busca pelo aprimoramento nos processos de trabalho do homem e a da qualidade do produto. A hidráulica está presente em várias indústrias e vem crescendo cada vez mais pela possibilidade de automação do sistema, segundo apostila da Parker.

Ainda na apostila da Parker, podemos ver que existem várias vantagens dos sistemas hidráulicos, sendo algumas delas fácil instalação dos diversos elementos, rápida parada e inversão de movimento, variações micrométricas na velocidade, sistemas auto lubrificantes, alta potência (força), melhor condição de trabalho, melhor relação custo x benefício.

Segundo Palmieri (1997), a definição de força, pode ser descrita como qualquer causa capaz de realizar trabalho. Tendo como um exemplo, um corpo qualquer no qual para ser movimentado, devemos aplicar uma força sobre ele, por exemplo, puxar ou empurrar. Uma importante aplicação prática é o macaco hidráulico. Para um embolo de 10m^2 e outro de 1m^2 , uma força equivalente a 70 kg será suficiente para levantar um veículo que pese 700 kg, no outro embolo.

No óleo hidráulico, dizemos há uma determinada pressão parte do sistema hidráulico, quando ocorre a uma resistência ao fluxo de óleo que a bomba gera no sistema. A bomba não pode gerar a pressão e sim a vazão de óleo. O responsável por gerar a pressão no circuito, são as resistências que o óleo encontra durante sua trajetória. A pressão no sistema internacional é expressa em bar, porém é comum encontrar em kg/cm^2 , psi, bárias ou atmosferas.

Segundo Stewart, Trabalho é definido como um “*produto de força vezes deslocamento*”, tendo sua força na mesma direção do deslocamento, podendo ser um corpo movido verticalmente em uma distância ou deslocamento.

A energia é a capacidade de algo de realizar trabalho, ou seja, gerar uma força num determinado corpo, substância ou sistema físico. De acordo com as leis da física, a energia não pode ser criada, mas apenas transformada, sendo cada um dos tipos de energia capaz de provocar fenômenos determinados e característicos nos sistemas físicos.

Fialho (2003) define vazão como sendo o volume de fluido que é descarregado pela bomba por unidade de tempo é responsável pela velocidade com que a carga se movimenta. A vazão pode ser determinada a partir do escoamento de um fluido através de determinada seção transversal de um conduto livre (canal, rio ou tubulação aberta) ou de um conduto forçado (tubulação com pressão positiva ou negativa). As unidades de medida adotadas são geralmente m^3/s , m^3/h , l/h ou l/s .

Segundo Pascal “A pressão exercida em um ponto qualquer de um fluido confinado é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais em áreas iguais”. Com esse princípio, suas conclusões ficaram conhecidas como “Lei de Pascal”, por exemplo, se aplicarmos uma

força em uma área em líquido confinada o resultado será uma pressão igual em todas as direções.

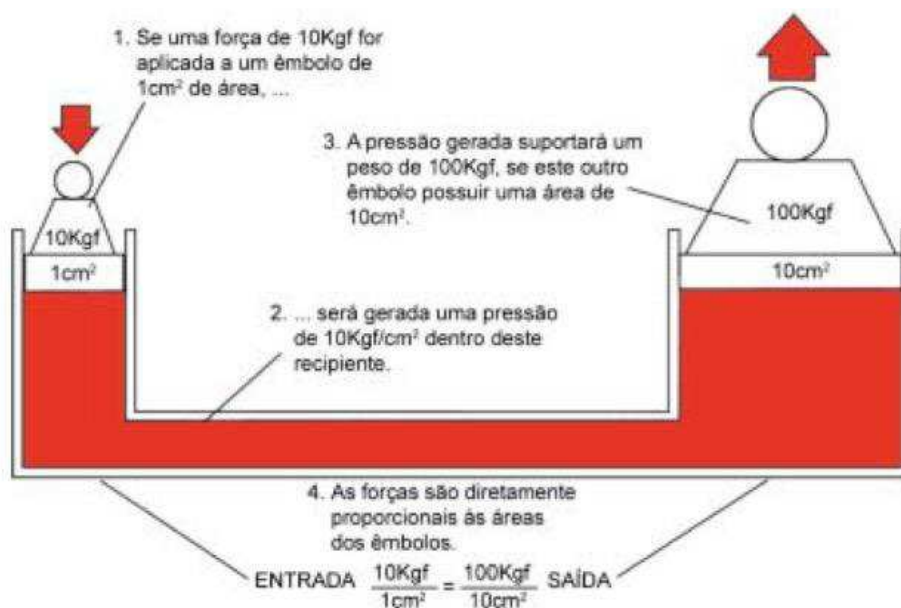


Figura 1: Princípio básico hidráulica

(Fonte: Apostila básica de hidráulica - SENAI-SP, 2008)

De acordo com Hibbeler (1999), o princípio de prensagem é uma aplicação direta do limite de resistência de conformação mecânica de um material, e saber esse limite é essencial para obter um resultado final assertivo. A prensa é uma “máquina-ferramenta” que possui uma capacidade de fornecimento de força e energia para prover uma conformação plástica à uma chapa de modo a se obter uma peça com determinadas forma e dimensão.

Segundo (Chiaverini, 1986) a equação 01 determina o esforço para o corte:

$$Q = p \cdot e \cdot \sigma_c \quad (1)$$

Onde:

Q = esforço de corte ou de cisalhamento (kgf)

p = perímetro da figura (mm)

e = espessura da chapa (mm)

σ_c = resistência a cisalhamento do material (kgf/mm²)

$$\sigma_c = \frac{3}{4} \text{ a } \frac{4}{5} \sigma_t$$

σ_t = resistência a tração do material (kgf/mm²)

O perímetro da área de corte será retirado do software Solidworks. Já o perímetro dos furos redondos de fixação é dado pela equação 2:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (2)$$

Onde:

P = Perímetro (mm)

R = Raio (mm)

π = constante de valor 3,14

Conforme Fialho apresenta, a pressão de trabalho será definida com a equação 3:

$$P = F/A \quad (3)$$

Onde:

P = Pressão (bar)

F = Força (Tonelada)

A = Área (cm²)

Existe uma classificação do sistema de acordo com a pressão, onde pode-se classificar em cinco tipos de classes, sendo elas: sistema de baixa pressão, media pressão, media-alta pressão, alta pressão, extra alta pressão, de acordo com a National Fluid Power Association (NFPA), como podemos ver na tabela:

Tabela 1: Classificação de acordo com pressão

Pressão		Classificação
bar	psi	
0 a 14	0 a 203,10	Sistemas 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 alta pressão
Acima de 210	Acima de 3046,62	Sistemas de extra-alta pressão

(Fonte: Automação Hidráulica, Fialho, 2013)

Fialho diz que vazão da bomba pode ser encontrada através da equação 4:

$$Q = V \cdot A \quad (4)$$

Onde:

Q = Vazão (L/min)

V = Velocidade (cm/s)

A = Área (cm²)

Também pode ser verificado pela equação 5:

$$Q = \frac{Vg \cdot n \cdot \eta}{1000} \quad (5)$$

Onde:

Q = Vazão (L/min)

Vg = Deslocamento (cm³/rev)

n = Rotação do motor (rpm)

η = Rendimento volumétrico (0,9 à 0,95)

A velocidade de avanço dá-se pela equação 6, como mostra na literatura de Fialho:

$$Va = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot Dc^2} \quad (6)$$

Onde:

Va = Velocidade de avanço (cm/s)

Q = Vazão (cm³/s)

Dc = Diâmetro Cilindro (cm)

O tempo de atuação de avanço do ciclo, Fialho afirma que pode ser definido com a equação 7:

$$Ta = \frac{L}{Va} \quad (7)$$

Onde:

Ta = Tempo avanço (s)

L = Curso cilindro (cm)

Va = Velocidade avanço (cm/s)

A potência do motor elétrico é definida com a equação 8:

$$Pot = \frac{P \cdot Q}{600 \cdot \eta} \quad (8)$$

Onde:

Pot = potencia (Kw)

P = Pressão (Kgf/cm²)

Q = Vazão (L/min)

η = Rendimento (0,8 a 0,85)

As vazões induzidas de avanço e retorno serão definidas a partir das equações 9 e 10:

$$Q_{ia} = \frac{Q \cdot (Dc^2 - Dh^2)}{Dc^2} \quad (9)$$

$$Q_{ir} = \frac{Q \cdot Dc^2}{Dc^2 - Dh^2} \quad (10)$$

Onde:

Q_{ia} = Vazão Induzida de avanço (L/min)

Q_{ir} = Vazão Induzida de retorno (L/min)

Q = Vazão da bomba (cm³/s)

Dc = Diâmetro cilindro (cm)

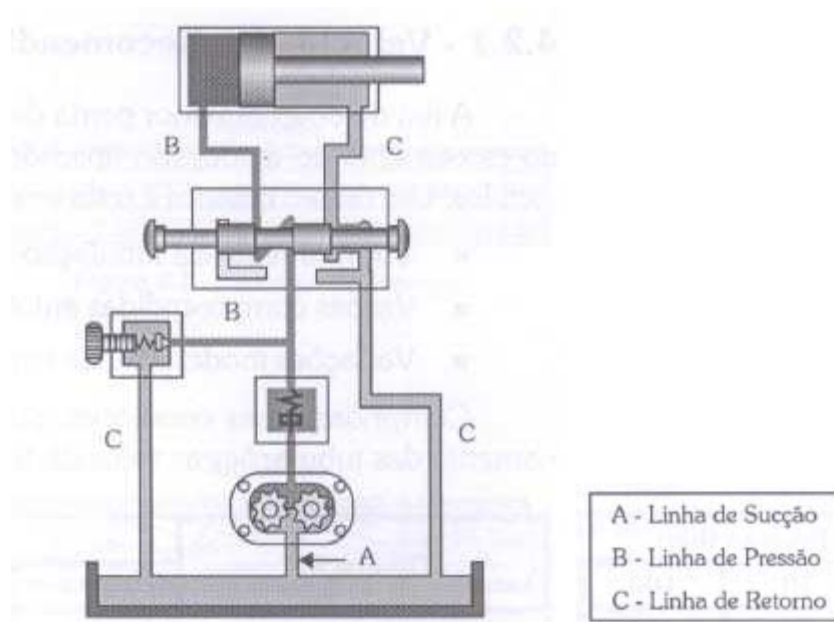
Dh = Diâmetro haste (cm)

Os elementos de ligação entre componentes de um sistema são dimensionados através de velocidades limites para a condução da vazão desejada, de forma a manter escoamento laminar, o que provoca perdas de carga inexpressivas para trechos com comprimentos limitados. As velocidades máximas recomendadas são obtidas na tabela a seguir:

Tabela 2: Velocidades máximas recomendadas

Tubulação	Pressão (bar)				Velocidade (cm/s)
	20	50	100	>200	
Tubulação de Pressão	300	400	500	600	
Tubulação de Retorno	300				
Tubulação de Sucção	100				

(Fonte: Fialho 2013)

**Figura 2:** Diagrama pontos da tubulação

(Fonte: Fialho 2013)

Conhecendo as velocidades máximas recomendadas, é possível determinar os diâmetros mínimos para cada segmento das tubulações, Fialho apresenta a equação 11:

$$D^2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V} \quad (11)$$

Onde:

D = Diâmetro Tubo (cm)

Q = Vazão Bomba (cm³/s)

V = Velocidade recomendada (cm/s)

Como regra geral o reservatório deve conter de duas a três vezes a vazão da bomba, ou seja, deve garantir o fornecimento de óleo para a bomba por mais dois a três minutos,

mesmo que ocorra o rompimento da tubulação de saída. Os reservatórios podem ser abertos quando a pressão no interior do mesmo for igual a pressão atmosférica. Quando a pressão no interior do mesmo for maior que a pressão atmosférica, deverá ser pressurizado. (SENAI, 2004).

$$Vol = 3 \cdot Qb \quad (12)$$

Onde:

Vol = Volume reservatório (L)

Qb = Vazão bomba (L/min)

O tempo de atuação de retorno do ciclo, Fialho afirma que pode ser definido com a equação 13:

$$Tr = \frac{L}{Vr} \quad (13)$$

Onde:

Tr = Tempo de retorno (s)

L = Curso Cilindro (cm)

Vr = Velocidade de retorno (cm/s)

Para encontrar a velocidade de retorno, utiliza-se a equação 14:

$$Vr = \frac{4 \cdot Q}{\pi(Dc^2 - Dh^2)} \quad (14)$$

Onde:

Vr = Velocidade de retorno (cm/s)

Q = Vazão da bomba (cm³/s)

Dc = Diâmetro do cilindro (cm)

Dh = Diâmetro da haste (cm)

3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado numa empresa que está localizada no oeste do Paraná na cidade de Cascavel. Para tal, foi projetado uma prensa hidráulica, onde o objetivo era a otimização do tempo e custo operacional.

3.1 MÉTODOS

Teve como o início a obtenção de dados na empresa em que o equipamento foi instalado. Os dados coletados foram: espessura da chapa da telha do silo, dimensões gerais da telha do silo, desenho dos furos que devem ser estampados, dimensões dos furos para que possa ser calculado seus perímetros.

Após a coleta de dados, foi realizado pesquisas sobre sistemas hidráulicos nas principais literaturas e catálogos dos principais fornecedores do mercado. Logo após, realizou-se os cálculos para obtenção da força necessária do sistema e seleção dos principais componentes do sistema. O comando elétrico/eletrônico, estrutura, sensores, acionamento do motor e fim de curso ou parada do equipamento não foram consideradas nesse trabalho.

Com os valores das contas realizadas, podemos determinar os diâmetros dos componentes hidráulicos tais como: pistão e tubulações. Com os cálculos também será possível determinar componentes, bomba hidráulica, reservatório, potência do motor elétrico.

Definido os componentes, com o auxílio do software FluidSim, um desenho de todo o sistema hidráulico poderá ser feito e será realizado simulações para verificação do funcionamento do mesmo.

3.2 MATERIAIS

Através de livros, apostilas, levantamento e extração dos dados na empresa. Catálogos e manuais dos fabricantes, foi selecionado as principais peças do sistema hidráulico: Bomba de engrenagens, motor elétrico, manômetro, reservatório do fluído, atuador dupla ação, fluído óleo-hidráulico. Utilizou-se softwares para auxiliar, tais como FluidSim para simulação do sistema e SolidWorks para visualização e avaliação dos projetos.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Com uma verificação no projeto da telha do silo, concluiu-se que a prensa necessitaria fazer uma conformação e cisalhamento na chapa, pois além de fazer uma aba, é necessário cortar a chapa. Observou-se também que as telhas possuem as mesmas espessuras independente do modelo do silo, sendo ela uma espessura de 0,80mm conforme anexo A.

A seguir apresenta-se os parâmetros solicitados pela empresa:

Pressão máxima de serviço: 150 bar;

Velocidade de avanço entre: 4 a 6 cm/s;

Comprimento da haste entre: 150 a 200 milímetros.

4.1 CÁLCULO DO PERÍMETRO E FORÇA PARA CORTE

De acordo com anexo B, é possível verificar que a telha possui 16 furos de fixação e um corte central onde o ar quente passa. Também é possível ver o perímetro do corte central aproximadamente 1213mm, ficando apenas necessário calcular o perímetro dos furos de fixação de diâmetro 9mm.

$$P = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (2)$$

$$\text{Perímetro dos furos de fixação} = 16 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 4,5\text{mm}) = 452\text{mm}$$

$$\text{Perímetro do corte central} = 1213\text{mm}$$

$$\text{Perímetro total de corte} = 1213 + 452 = 1665\text{mm}$$

Aplicando a equação 1 e o perímetro calculado, encontra-se a força necessária que a prensa devera exercer, para tensão de cisalhamento usou-se 23,70 Kgf/mm², (BOBINA 0.80 X 1200 (N°22) ZC AZM150 GALVALUME) conforme anexo J:

$$310\text{Mpa} = 31,6112 \text{ Kgf/mm}^2$$

$$31,6112 \cdot 3/4 = 23,70 \text{ Kgf/mm}^2$$

$$Q = p \cdot e \cdot \sigma_c \quad (1)$$

$$Q = 1665\text{mm} \cdot 0,8\text{mm} \cdot 23,70 \text{ kgf/mm}^2$$

$$Q = 31568 \text{ Kgf ou } 31568 \text{ toneladas}$$

4.2 CÁLCULO DA PRESSÃO DE SERVIÇO E DIÂMETRO DO CILINDRO

A pressão do sistema não deverá ultrapassar 150bar ou 150Kgf/cm², exigência da empresa solicitante da prensa, logo:

$$P = F/A \quad (3)$$

$$150Kgf/cm^2 = \frac{31568 Kgf}{A}$$

$$A = 210,4cm^2$$

$$210,4cm^2 = \frac{D^2 \cdot \pi}{4}$$

$$D = 16,37cm$$

O diâmetro padrão que existe no mercado é de 20cm, conforme anexo F. Com o diâmetro definido como padrão de mercado, recalculer a pressão do sistema:

$$P = \frac{31568 Kgf}{\pi \cdot \frac{20^2}{4} cm^2} \quad (3)$$

$$P = 100,50 Kgf/cm^2 \text{ ou } 100,50bar$$

Portanto com o diâmetro comercial selecionado, observou-se que o valor real da pressão do sistema será de 100,50bar que está dentro do limite de pressão de 150bar imposto pela empresa solicitante.

4.3 CÁLCULO DA VAZÃO DA BOMBA

A velocidade (V) do atuador foi solicitada pela empresa, onde o valor deve ficar entre 4 e 6 cm/s, sendo assim aplicamos na equação 4:

$$Q = V \cdot A \quad (4)$$

$$Q = 5 \frac{cm}{s} \cdot \left(\pi \cdot \frac{20^2}{4} \right) cm^2$$

$$Q = 1570,80 cm^3/s$$

Convertendo o valor para L/min:

$$Q = 1570,80 \frac{cm^3}{s} \cdot \left(\frac{1L}{1000cm^3} \right) \cdot \frac{60s}{1m}$$

$$Q = 94,25 \text{ L/min}$$

4.4 CÁLCULO DA POTÊNCIA DO MOTOR

Para calcular a potência do motor usamos o valor da pressão calculado no item 4.2 e a vazão calculada no item 4.3, agora com os valores aplicamos na equação 8:

$$Pot = \frac{100,50 \cdot 94,25}{600 \cdot 0,8} \quad (8)$$

$$Pot = 19,70 \text{ Kw ou } 26,82cv$$

Potência comercial encontrada para o motor é 30cv. Então o modelo selecionado é Weg 3F IP55AR 30cv 4 Polos 60 Hertz 220/380 volts carcaça C180M, como mostra no anexo C.

4.5 SELEÇÃO BOMBA

A bomba deverá atender as seguintes especificações, uma vazão de 94,25 L/min e uma pressão de 100,50 bar. O catalogo do fornecedor mostra o modelo de bomba VISTAHYDRAULICS ISO 3061, conforme anexo E. Para ter certeza que ela atenderá, será necessário a verificação da vazão, já que a pressão que ela suportada é de até 225bar. Para a rotação do motor, foi considerado um modelo de 4 polos, 60 hertz e 30cv, como podemos ver no anexo C.

$$Qb = \frac{61,95 \cdot 1770 \cdot 0,9}{1000} \quad (5)$$

$$Qb = 98,68 \text{ L/min}$$

A bomba escolhida atende a necessidade da prensa, pois trabalha numa pressão máxima de 225bar e vazão de 98,68 L/min.

4.6 CÁLCULO DA VELOCIDADE DE AVANÇO

Para o cálculo de velocidade de avanço, será necessário converter a vazão da bomba de L/min em cm³/s, logo:

$$\frac{98,68}{60} \cdot 1000$$

$$Q = 1644,67 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Agora aplicar na equação 6:

$$Va = \frac{4 \cdot 1644,67 \text{ cm}^3/\text{s}}{\pi \cdot 20^2 \text{ cm}^2} \quad (6)$$

$$Va = 5,23 \text{ cm/s}$$

O valor encontrado está dentro da faixa solicitada pela empresa (de 4 a 6 cm/s), onde questões de segurança e produtividade foram levadas em consideração para esse valor.

4.7 CÁLCULO DO RESERVATÓRIO DE ÓLEO

O recomendado para o reservatório é que ele deve conter de 2 a 3 vezes a capacidade de vazão da bomba, para o cálculo foi considerado 3 vezes. Aplicando na equação 12:

$$Vol = 3 \cdot 98,68 \text{ L/min} \quad (12)$$

$$Vol = 296,04 \text{ Litros}$$

O reservatório deverá ter no mínimo uma capacidade de 296 litros. De acordo com catálogo Parker (anexo D), o reservatório com tamanho comercial que atende a solicitação tem a capacidade de 300 litros.

4.8 CÁLCULO DO TEMPO DE CICLO

Para o cálculo do tempo de ciclo será necessário o valor do comprimento da haste, que foi solicitado que ficasse numa faixa de 150 a 200mm e o valor da velocidade de avanço,

que encontramos no item 4.6 (5,23 cm/s). O comprimento da haste para o cálculo foi considerado 200mm para que fique um valor mais conservativo. Aplicando na formula:

$$Ta = \frac{20cm}{5,23cm/s} \quad (7)$$

$$Ta = 3,82s$$

A velocidade de retorno é definida pela equação 14, deve-se usar a vazão da bomba de 1644,67 cm³/s (item 4.6), diâmetro do cilindro de 20 cm e diâmetro da haste de 5,6 cm, conforme anexo G.

$$Vr = \frac{4 \cdot 1644,67cm^3/s}{\pi(20^2cm - 5,6^2cm)} \quad (14)$$

$$Vr = 5,68 \text{ cm/s}$$

Tempo de retorno é definido pela equação 13:

$$Tr = \frac{20cm}{5,68cm/s} \quad (13)$$

$$Tr = 3,52s$$

Todo o ciclo do pistão, ou seja, descida e subida, será a soma do tempo de avanço e tempo de retorno, 7,34s para ocorrer.

4.9 CÁLCULO DA VAZÃO INDUZIDA DE AVANÇO E RETORNO

Para o cálculo das vazões induzidas de avanço e retorno, precisamos dos valores da vazão real da bomba 1644,67 cm³/s calculado no item 4.5, do diâmetro do cilindro definido no item 4.2 de 20cm e do diâmetro da haste, que será retirado do anexo G.

Olhando o anexo G, podemos ver que o ponto ficou entre os valores de 45 e 56mm, para o cálculo vamos utilizar o maior valor, ou seja, diâmetro da haste de 56mm.

$$Qia = \frac{1644,67 \cdot (20^2 - 5,6^2)}{20^2} \quad (9)$$

$$Q_{ia} = 1515,72 \text{ cm}^3/\text{s} \text{ ou } 90,94 \text{ L/min}$$

$$Q_{ir} = \frac{1644,67 \cdot 20^2}{20^2 - 5,6^2} \quad (10)$$

$$Q_{ir} = 1784,58 \text{ cm}^3/\text{s} \text{ ou } 107,07 \text{ L/min}$$

4.10 CÁLCULO DO DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

Os diâmetros das tubulações são separados em 3 categorias, sendo elas, sucção, pressão e retorno para classifica-las ver a figura 2. As velocidades devem ser retiradas da tabela 2 para que o fluxo do óleo se mantenha laminar. A pressão de serviço é de 100,50bar. As velocidades que vamos utilizar da tabela 2 são:

500cm/s para pressão

300cm/s para retorno

100cm/s para sucção

Diâmetro tubo pressão:

A vazão para o tubo de pressão utiliza-se o valor encontrado no item 4.9, o valor de

$Q_{ia} = 1515,72 \text{ cm}^3/\text{s}$.

$$D^2 = \frac{4 \cdot 1515,72 \text{ cm}^3/\text{s}}{\pi \cdot 500 \text{ cm/s}} \quad (11)$$

Diâmetro tubo de pressão = 1,96 cm

Diâmetro tubo de sucção:

A vazão para o tubo de sucção utiliza-se o valor encontrado no item 4.9, o valor de

$Q_{ia} = 1515,72 \text{ cm}^3/\text{s}$.

$$D^2 = \frac{4 \cdot 1515,72 \text{ cm}^3/\text{s}}{\pi \cdot 100 \text{ cm/s}} \quad (11)$$

Diâmetro tubo de sucção: 4,39cm

Diâmetro tubo de retorno:

A vazão para o tubo de retorno utiliza-se o valor encontrado no item 4.9, o valor de $Q_{ir} = 1784,58 \text{ cm}^3/\text{s}$.

$$D^2 = \frac{4 \cdot 1784,58 \text{ cm}^3/\text{s}}{\pi \cdot 300 \text{ cm}/\text{s}} \quad (11)$$

Diâmetro tubo de retorno: 2,75cm

Os diâmetros das tubulações devem ser definidos com o padrão de mercado, logo os valores ficaram conforme anexo H:

Pressão: 1 polegada

Sucção: 2 polegadas

Retorno: 1.1/4 polegada

4.11 MANÔMETRO

Considerando a pressão do sistema de aproximadamente 100bar, para ter uma precisão na leitura, o manômetro selecionado foi o modelo MAN 160 (anexo I).

Diâmetro visor de 69mm;

Com glicerina;

Escala de 0 a 160bar.

4.12 LISTA DE MATERIAL

Após dimensionar e selecionar as peças nos catálogos, foi relacionado (tabela 3) as principais peças que compõe o conjunto hidráulico.

Tabela 3 – Lista de Material

ITEM	QUANT		DESCRIÇÃO	POSSÍVEL FORNECEDOR
1	1	PÇ	MOTOR 30CV 60HZ 4P220/380V	WEG
2	1	PÇ	BOMBA ISO 3061	VISTA HYDRAULICS
3	1	PÇ	RESERVATORIO 300 LITROS	PARKER
4	-	M	TUBO 1"	-
5	-	M	TUBO 2"	-
6	-	M	TUBO 1.1/4"	-
7	1	PÇ	MANOMETRO VERT MAN 160	GEPEF
8	1	PÇ	ATUADOR HIDRAULICO 200 HMI	PARKER
9	300	L	FLUIDO HIDRAULICO	DULUB

(Fonte: Próprio Autor, 2018)

4.13 ESQUEMA HIDRÁULICO

Utilizando-se o software Fluidsim, foi elaborado um esquema hidráulico básico, onde não foi considerado os acessórios do sistema, apenas mostrando o: acionamento (bomba, motor elétrico, reservatório), válvula direcional acionada por dois botões e recuo por mola, válvula “E” para que o operador tenha que usar as duas mãos no acionamento da prensa e o atuador de dupla ação. Este esquema serve apenas para simulação do sistema.

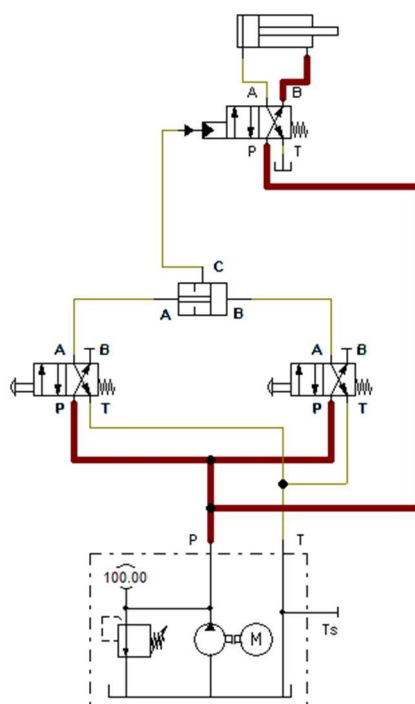


Figura 3: Simulação sistema recuado

(Fonte: Próprio Autor, 2018)

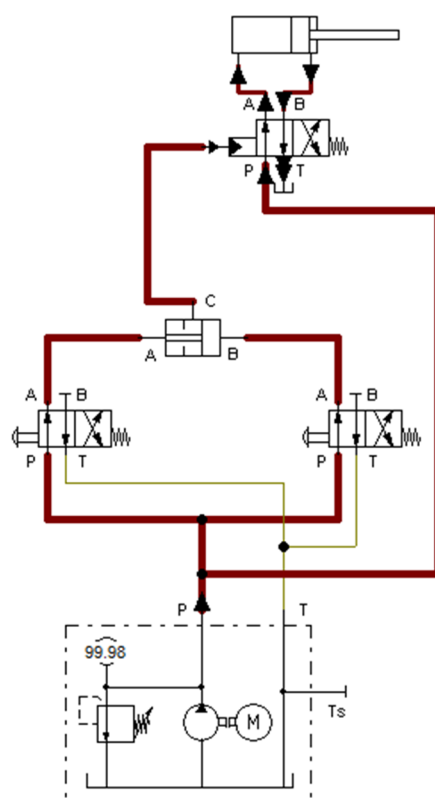


Figura 4: Simulação sistema avançado

(Fonte: Próprio Autor, 2018)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O propósito deste trabalho foi de apresentar o dimensionamento de um sistema hidráulico com atuador para uma prensa, selecionar as principais peças do conjunto nos catálogos dos fabricantes.

O primeiro passo do trabalho foi coletar os dados com o cliente, posterior a um estudo do sistema hidráulico, com embasamento teórico de livros e apostilas foi possível dimensionar e selecionar as peças nos catálogos.

Como a empresa forneceu todos os dados necessários, não tive grande dificuldade para os cálculos. Alguns catálogos foram difíceis de encontrar, alguns tive que entrar em contato com o fornecedor, mas no fim obtive todos os necessários para o trabalho.

A conclusão que cheguei, foi que, com os resultados obtidos com esse trabalho, é possível aplicar e executar o projeto do sistema hidráulico na prensa. Otimizando o tempo de fabricação, onde antes para cada telha demorava de 1 a 2 dias, com a prensa levaria 7,34 segundos. Com a redução do tempo será otimizado os custos e a peça ficara com um ótimo acabamento. Também pode servir como base para trabalhos futuros.

6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A seguir, são apresentadas algumas sugestões para realização de trabalhos futuros, que examinem aspectos não aprofundados neste trabalho:

Dimensionamento e projeto da estrutura para a prensa;

Produção do ferramental corte e dobra para a prensa;

Análise de viabilidade econômica da prensa, buscando analisar a amortização do projeto apresentado.

REFERÊNCIAS

CUNHA, Lauro Salles, CRAVENCO, Marcelo Padovani - **Manual Prático do Mecânico**. São Paulo: Ed. Hemus, 2006.

CHIAVERINI, Vicente - **Tecnologia Mecânica** - Vol.2, 2ª. Edição, São Paulo, Ed. Pearson, 1986.

CSN – **Companhia Siderúrgica Nacional** – 2018 –

<http://www.csn.com.br/> - Acesso em: 10 de outubro de 2018.

EAS CHANGES SYSTEMS – **Processo de estampagem do metal** – 2018 -

<https://easchangesystems.com/pt-br/application/estampagem-do-metal/> - Acesso em: 19 maio de 2018.

FERREIRA - Apostila: Noções de Hidráulica, Prof. Dario Magno Batista Ferreira - 2013. <http://www.trainee.minasverde.com.br/pdf/Hidraulica.pdf> – Acesso em: 20 de outubro de 2018.

FREITAS, Eduardo de. - **Indústria Contemporânea no Brasil** – 2017 -

<https://brasilescola.uol.com.br/brasil/a-industria-contemporanea-no-brasil.htm>. - Acesso em: 19 maio de 2018.

FIALHO, Arivelto Fialho. **Automação Hidráulica – Projetos, dimensionamentos e análise de Circuitos** – 6 Edição. São Paulo, Érica 2013.

GLOBO RURAL - **Conab estima safra de grãos 2016/2017** - 2017 -

<https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/noticia/2017/09/conab-estima-safra-de-graos-20162017-em-2387-milhoes-de-toneladas.html> - Acesso em: 19 maio de 2018.

GEPEF – **Equipamentos Industriais de Precisão** – 2018 –

<http://www.gepef.com.br> - Acesso em: 10 de outubro de 2018.

GUIMARÃES, D.D; PEREIRA, J.P.O. - **PANORAMA SETORIAL 2015-2018**

AGROPECUÁRIA - <http://www.pedbrasil.org.br/ped/artigos/2F11DABAD8B76964.pdf>
- Biblioteca Digital BNDES, 2014.

HIBBELER, R.C. - **Estática: Mecânica para Engenharia** - 12ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 1999.

KIMINAMI, C. et al. - **Introdução ao Processo de Fabricação**. 1 ed. São Paulo: Editora Blucher, 2013.

MECANICA INDUSTRIAL – **Metal Mecânica** – 2017 -

<https://www.mecanicaindustrial.com.br/metal-mecanica/> - Acesso em: 19 maio de 2018.

PALMIERI, A.C. - **Manual de Hidráulica Básica** - Albarus; São Paulo; Editora Atlas, 2010.

PARKER Hannifin - **Cilindros e Atuadores** - 2018 -

<http://www.parker.com.br> – Acesso em: 10 de outubro de 2018.

SENAI, SC - **Hidráulica e Técnicas de Comando** – Florianópolis: SENAI/SC, 2004.

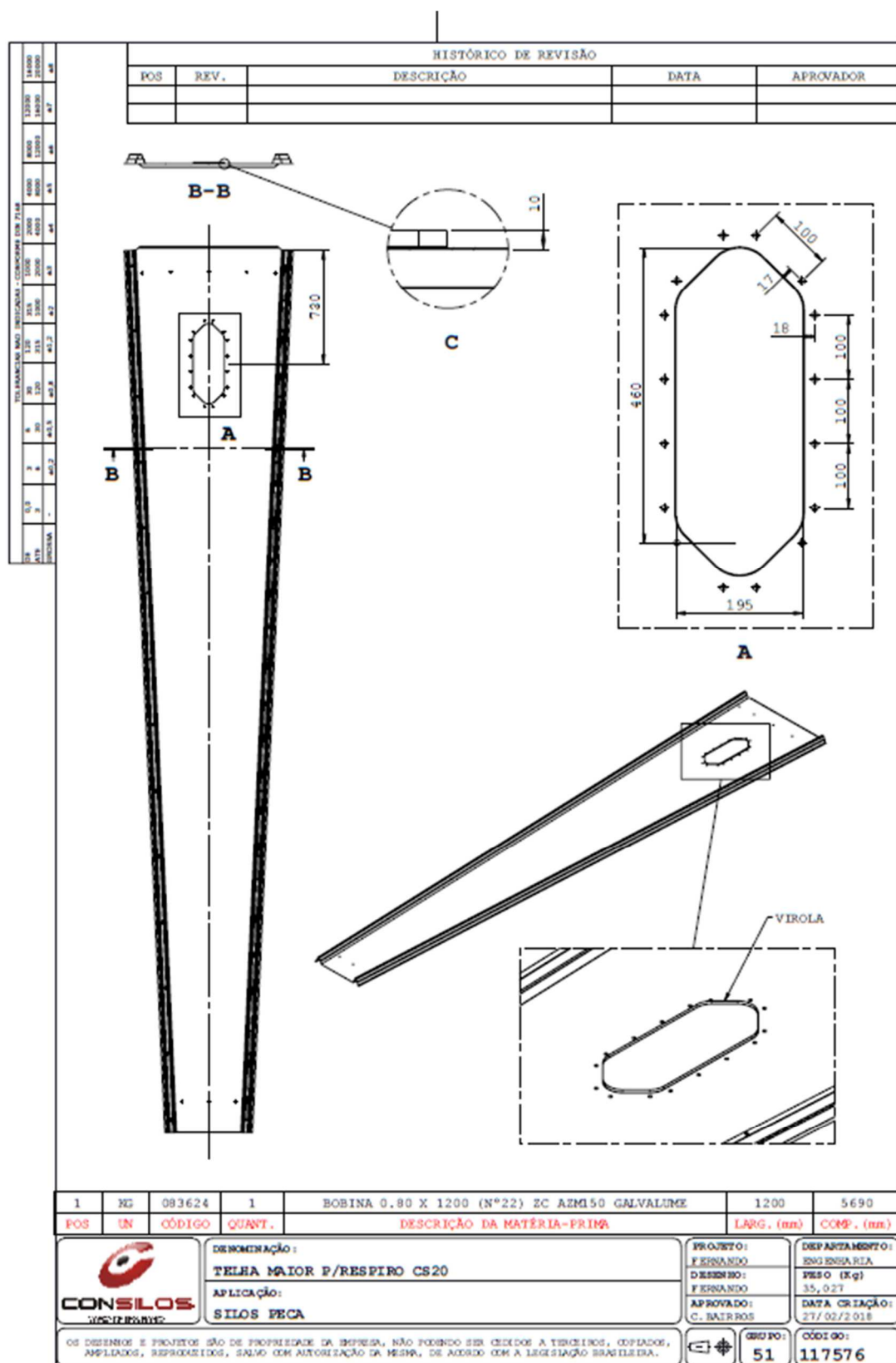
VISTA HYDRAULICS – **Bombas Hidráulicas** – 2018 –

<http://www.vistahydraulics.com.br/> - Acesso em: 22 de outubro de 2018

WEG – **Motores Elétricos** – 2018 –

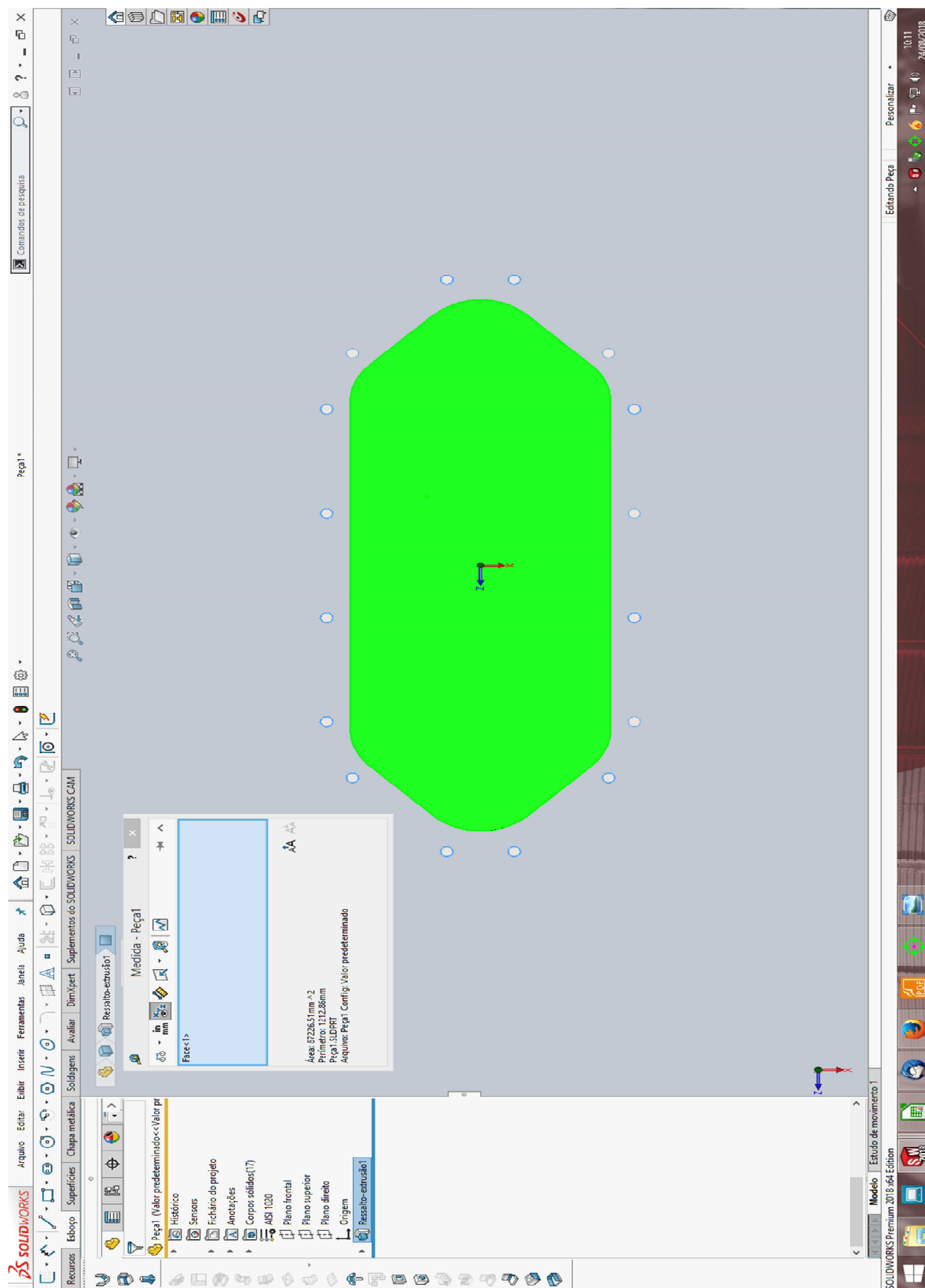
<http://weg.net/br> - Acesso em: 10 de outubro de 2018.

ANEXO A – PROJETO TELHA SILO



(Fonte: Consilos, 2018)

ANEXO B – PERÍMETRO E FUROS



(Fonte: Consilos, 2018)

ANEXO C – CATALOGO MOTORES WEG

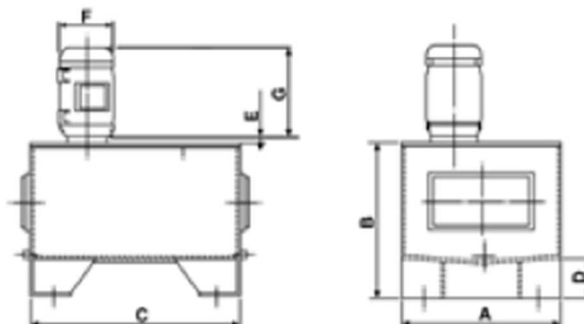

www.weg.net
W22 IR3 Premium ⁽¹⁾

Potência		Carregaa	Conjugado Nominal (kgfm)	Corrente com Rotor Bloqueado (A)	Conjugado de Partida C _p /C _n	Conjugado Máximo C _{máx} /C _n	Momento de Inércia J (kgm²)	Tempo máximo com rotor bloqueado (s)		Massa (kg)	Nível médio de pressão sonora dB(A)	Fator de Serviço	220 V						Corrente Nominal I _n (A)	
								Quente	Frio				Rendimento		% de Carga		Fator de Potência			
kW	HP			Ip/In									50	75	100	50	75	100		
V Polos																				
0,12	0,16	63	0,068	4,8	2,8	2,9	0,0005	28	62	8,3	48	1,25	1710	58,0	64,0	66,0	0,46	0,59	0,68	0,702
0,18	0,25	63	0,103	5,0	2,8	3	0,0006	39	86	8,5	48	1,25	1710	62,0	67,0	70,0	0,49	0,61	0,70	0,964
0,25	0,33	63	0,142	5,5	2,9	3,2	0,0007	30	66	8,8	48	1,25	1710	66,0	71,0	73,4	0,46	0,59	0,69	1,30
0,37	0,5	71	0,213	5,1	2,8	2,9	0,0007	52	114	11,2	47	1,25	1690	75,0	77,5	78,2	0,49	0,62	0,70	1,77
0,55	0,75	71	0,319	5,3	3	3	0,0008	14	31	12,4	47	1,25	1680	73,0	78,0	79,0	0,44	0,56	0,66	2,77
0,75	1	80	0,425	7,3	3	3,2	0,0029	16	35	15,5	48	1,25	1720	82,3	83,0	83,0	0,63	0,74	0,82	2,89
1,1	1,5	180	0,621	7,4	3,4	3,4	0,0037	11	24	19,0	48	1,25	1725	79,5	82,5	84,0	0,58	0,71	0,80	4,30
1,5	2	190S	0,832	7,7	2,8	3,3	0,0066	14	31	23,1	51	1,25	1755	84,0	86,0	86,5	0,59	0,72	0,80	5,68
2,2	3	190L	1,22	7,4	2,8	3,1	0,0077	11	24	26,7	51	1,25	1750	86,0	86,5	87,5	0,61	0,74	0,81	8,14
3	4	1100L	1,67	8,5	4	4	0,0096	15	33	33,6	54	1,25	1745	87,4	88,5	89,5	0,61	0,70	0,78	11,3
3,7	5	1100L	2,07	8,3	4,2	4,2	0,0119	14	31	39,7	54	1,25	1740	87,5	88,5	89,5	0,56	0,69	0,77	14,1
4,5	6	112M	2,51	7,0	2,4	3	0,0180	16	35	45,4	56	1,25	1745	88,7	89,5	89,5	0,61	0,74	0,80	16,5
5,5	7,5	112M	3,06	7,3	2,5	3,2	0,0206	15	33	51,1	56	1,25	1750	89,7	90,3	91,0	0,58	0,70	0,78	20,4
7,5	10	132S	4,14	8,2	2,3	3,5	0,0563	13	29	71,8	58	1,25	1765	90,8	91,6	92,0	0,66	0,78	0,84	25,4
9,2	12,5	132M	5,08	8,5	2,4	3,5	0,0638	10	22	80,4	58	1,25	1765	91,8	92,4	92,4	0,66	0,78	0,84	31,2
11	15	132M/L	6,09	8,3	2,5	3,5	0,0672	8	18	85,5	58	1,25	1760	90,6	91,5	92,4	0,63	0,76	0,83	37,6
15	20	160M	8,23	9,0	3,2	3,4	0,1471	13	29	138	64	1,25	1775	91,6	93,2	93,4	0,64	0,75	0,82	51,4
22	30	180M	12,1	7,6	3,2	3	0,1919	20	44	178	63	1,25	1770	93,0	93,8	94,0	0,66	0,76	0,81	75,8
37	50	200L	20,3	6,4	2,5	2,7	0,3228	20	44	266	66	1,25	1775	94,0	94,5	94,6	0,70	0,80	0,84	122
45	60	225S/M	24,6	7,5	2,7	3	0,6367	14	31	424	67	1,25	1780	93,0	94,7	95,1	0,71	0,80	0,85	146
55	75	225S/M	30,1	7,5	2,6	2,8	0,7346	12	26	451	67	1,25	1780	94,5	95,0	95,4	0,74	0,83	0,87	174
75	100	250S/M	41,0	8,5	3,4	3,6	1,01	12	26	551	68	1,25	1780	94,6	95,2	95,5	0,68	0,78	0,85	242
90	125	280S/M	49,1	7,6	2,1	2,7	1,87	24	53	724	73	1,25	1785	94,7	95,3	95,4	0,75	0,83	0,86	288
110	150	280S/M	60,0	7,9	2,4	2,7	2,33	20	44	803	73	1,25	1785	94,8	95,5	95,8	0,75	0,83	0,86	350
132	175	315S/M	71,8	7,4	2,6	2,6	3,00	24	53	1001	75	1,25	1790	94,5	95,5	96,2	0,74	0,82	0,86	418
150	200	315S/M	81,6	7,8	2,7	2,7	3,55	20	44	1107	75	1,25	1790	94,9	95,9	96,2	0,73	0,82	0,86	476
185	250	315S/M	101	7,6	2,8	2,8	3,89	20	44	1152	75	1,25	1790	95,3	96,0	96,3	0,75	0,83	0,87	580
220	300	355M/L	120	7,3	2,5	2,4	6,30	22	48	1438	78	1,15	1790	95,6	96,2	96,4	0,77	0,84	0,87	688
260	350	355M/L	141	7,3	2,3	2,3	7,20	20	44	1624	78	1,15	1790	95,8	96,4	96,5	0,78	0,85	0,87	812
300	400	355M/L	163	7,8	2,5	2,4	8,09	12	26	1615	78	1,15	1790	95,9	96,4	96,6	0,76	0,84	0,87	936
330	450	355M/L	180	7,8	2,6	2,6	9,51	14	31	1751	78	1,15	1790	96,0	96,5	96,7	0,73	0,82	0,86	1040
370	500	355M/L	201	7,6	2,7	2,4	11,1	18	40	1916	78	1,15	1790	96,3	96,6	96,7	0,74	0,83	0,86	1170
400	550	355M/L	218	7,4	2,4	2,4	11,6	15	33	1966	78	1,15	1790	96,3	96,6	96,6	0,74	0,83	0,86	1260

(Fonte: WEG, 2018)

ANEXO D – RESERVATÓRIOS PARKER

Dimensionamento



Reservatório (litros)	Dimensões (mm)				
	A	B	C	D	E
20	330,0	327,0	430,0	87,5	13,0
60	400,0	410,0	600,0	114,0	13,0
80	410,0	473,0	720,0	114,0	13,0
120	490,0	495,0	870,0	114,0	13,0
180	620,0	500,0	950,0	114,0	-
250	680,0	500,0	1000,0	114,0	-
300	680,0	600,0	1100,0	114,0	-
400	770,0	600,0	1270,0	114,0	-
500	800,0	700,0	1300,0	114,0	-

Notas:

- 1) As medidas dos reservatórios podem sofrer uma variação de $\pm 1\%$ nas medidas mencionadas na tabela.
- 2) Os reservatórios de 180 a 500 litros não possuem tampa removível.
- 3) O reservatório de 60 litros possui uma janela de inspeção; os reservatórios de 120 a 500 litros possuem 2 janelas de inspeção.



(Fonte: Parker, 2017)

ANEXO E – BOMBA HIDRÁULICA VISTA HYDRAULICS

Dados técnicos

Código	ISO-30-17	ISO-30-27	ISO-30-34	ISO-30-43	ISO-30-51	ISO-30-61	ISO-30-82	ISO-30-100	ISO-30-125
Deslocamento (cm ³ /rev)	17,2	27,3	33,8	43,8	51,73	61,95	82,13	102,5	127,5
Dimensões a (mm)	124,5	129,5	130,5	135,5	135,5	142	145	160	164
Dimensões b (mm)	171,5	177,5	182,5	188,5	193,5	201,5	212,5	225,5	241,5
Entrada (sucção)	G 1/2"	G 1/2"	G 3/4"	G 3/4"	G 3/4"	G 1"	G 1 1/4"	G 1 1/4"	G 1 1/4"
Saída (pressão)	G 1/2"	G 1/2"	G 3/4"	G 3/4"	G 3/4"	G 1"	G 1 1/4"	G 1 1/4"	G 1 1/4"
Peso (kg)	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14,5	14,5	17,5
Pressão máx. contínua (bar)	300	290	285	280	230	225	200	200	170
Pressão máx. intermitente (bar)(20s máx.)	310	300	295	290	260	240	210	210	190
Pressão de pico (6s máx.)	320	310	305	300	280	260	220	220	200
Rotação máxima contínua	2600	2600	2300	2100	2100	2000	1700	1700	1600
Rotação máxima intermitente	3000	3000	2900	2600	2600	2100	1900	1900	1900
Rotação mínima	300	300	300	300	300	300	300	300	300

Sentido de rotação

(Fonte: Vista Hydraulics, 2018)

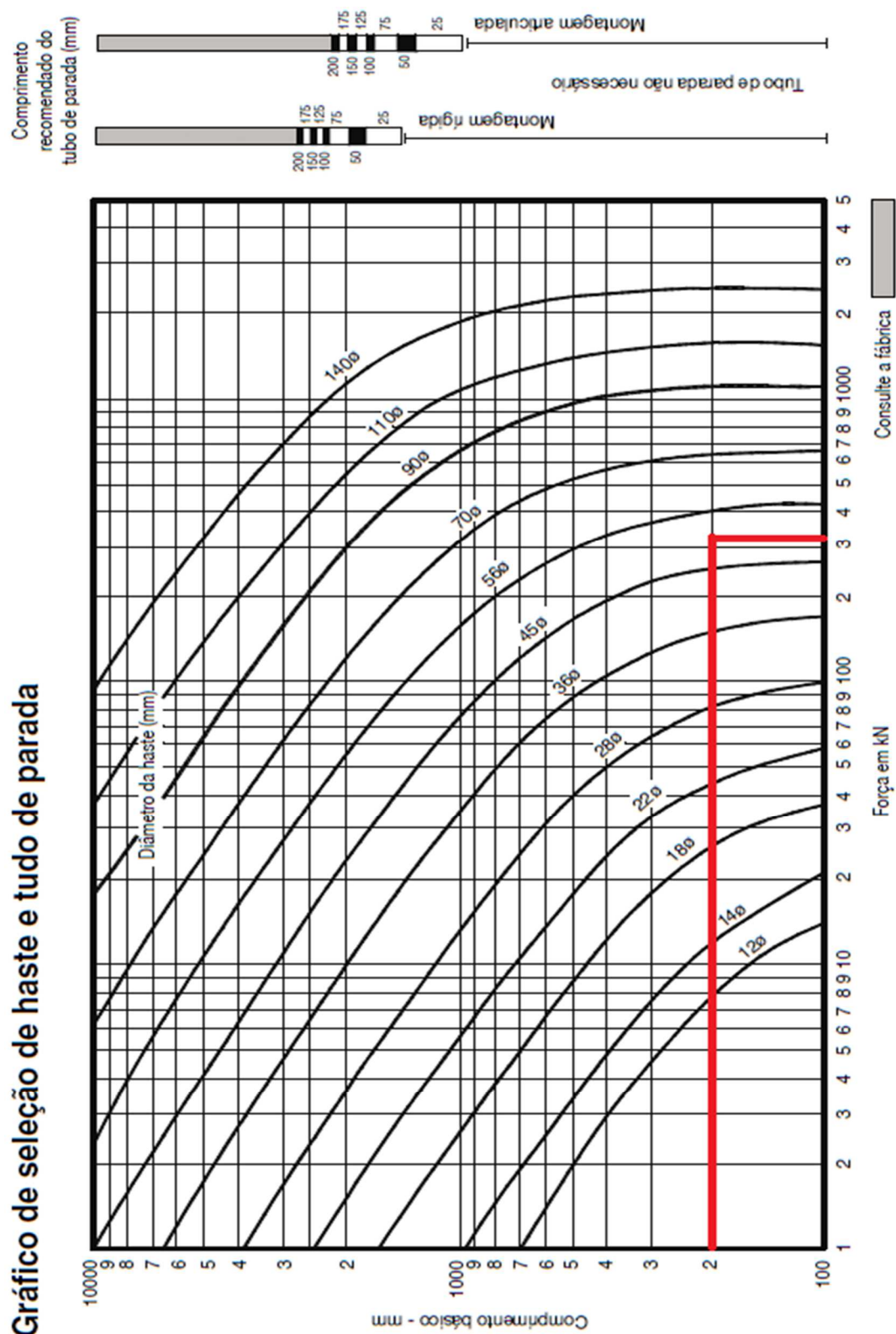
ANEXO F – DIÂMETRO ATUADOR

Força de avanço

Diâmetro do cilindro	Área do diâmetro	Força de avanço do cilindro em kN						
		10 bar	40 bar	63 bar	100 bar	125 bar	160 bar	210 bar
mm	mm ²							
25	491	0,5	2,0	3,1	4,9	6,1	7,9	10,3
32	804	0,8	3,2	5,1	8,0	10,1	12,9	16,9
40	1257	1,3	5,0	7,9	12,6	15,7	20,1	26,4
50	1964	2,0	7,9	12,4	19,6	24,6	31,4	41,2
63	3118	3,1	12,5	19,6	31,2	39,0	49,9	65,5
80	5027	5,0	10,1	31,7	50,3	62,8	80,4	105,6
100	7855	7,9	31,4	49,5	78,6	98,2	125,7	165,0
125	12272	12,3	49,1	77,3	122,7	153,4	196,4	257,7
160	20106	20,1	80,4	126,7	201,1	251,3	321,7	422,2
200	31416	31,4	125,7	197,9	314,2	392,7	502,7	659,7

(Fonte: Parker, 2017)

ANEXO G – DIÂMETRO HASTE



(Fonte: Parker, 2017)

ANEXO H – DIÂMETRO TUBOS

Norma ASTM A 120 (Tubos de aço sem costura para condução de fluidos)							
Schedule 40				Schedule 80			
Diâmetro		Espessura de Parede	Pressão de Ensaio (bar)	Diâmetro		Espessura de Parede	Pressão de Ensaio (bar)
Nom.	Ext.			Nom.	Ext.		
In	mm			In.	mm		
1/4	13.7	2.24	50	1/4	13.7	3.02	60
3/8	17.8	2.31	50	3/8	17.2	3.20	60
1/2	21.3	2.77	50	1/2	21.3	3.73	60
3/4	26.7	2.87	50	3/4	26.7	3.91	60
1	33.4	3.38	50	1	33.4	4.55	60
1.1/4	42.2	3.56	70	1.1/4	42.2	4.85	105
1.1/2	48.3	3.68	70	1.1/2	48.3	5.08	105
2	60.3	3.91	70	2	60.3	5.54	105
2.1/2	73.0	5.16	70	2.1/2	73.0	7.01	105
3	88.9	5.49	70	3	88.9	7.62	105
3.1/2	101.6	5.74	85	3.1/2	101.6	8.08	120
4	114.3	6.02	85	4	114.6	8.56	120
5	141.3	6.55	85	5	141.3	9.53	120
6	168.3	7.11	85	6	168.3	10.97	120
8	219.1	8.18	85	8	219.1	12.70	120
10	273.0	9.27	85	10	273.0	15.09	-

(Fonte: Fialho, 2013)

ANEXO I – MANÔMETRO

Manômetro						
ESCALA		Graduação do mostrador				Código
		Externa		Interna		
Externa	Interna	Interv. Num.	Menor Subdiv.	Interv. Num.	Menor Subdiv.	
BAR	PSI					
0 - 6	0-85	1	0,1	20	2	MAN 6
0 - 10	0-150	2	0,5	30	5	MAN 10
0 - 16	0-230	2	0,5	50	5	MAN 16
0 - 25	0-350	5	0,5	50	10	MAN 25
0 - 40	0-600	5	1	50	10	MAN 40
0 - 60	0-850	10	2	200	20	MAN 60
0 - 75	0-1100	10	2	200	20	MAN 75
0 - 100	0-1500	10	2	300	30	MAN 100
0 - 160	0-2300	20	5	250	50	MAN 160
0 - 250	0-3500	50	10	500	100	MAN 250
0 - 250	0-3500	50	10	500	100	MAN 250
0 - 300	0-4000	50	10	500	100	MAN 300
0 - 400	0-6000	100	10	1000	200	MAN 400
0 - 500	0-7500	100	20	2000	200	MAN 500
0 - 600	0-9000	100	20	2000	200	MAN 600
0 - 700	0-10000	100	20	2000	200	MAN 700
Vacuômetro						
ESCALA		Graduação do mostrador				Código
		Externa		Interna		
Externa	Interna	Interv. Num.	Menor Subdiv.	Interv. Num.	Menor Subdiv.	
cm HG	Pol. HG					
-76	-30	-10	-2	-5	-1	VAC 0

(Fonte: Gepef, 2018)

ANEXO J – TENSÕES DO AÇO

Norma Técnica	Grau	Composição Química (% máxima)			Propriedades Mecânicas				
		C	P	S	Limite de Escoamento (MPa)	Limite de Resistência (MPa)	Alongamento		
							Espessura (mm)	Base de Medida (mm)	Valor mín. (%)
ASTM A792	SS33 (230)	0,20	0,04	0,04	230	310	qualquer	50	20
	SS37 (255)	0,20	0,10	0,04	255	360	qualquer	50	18
	SS40 (275)	0,25	0,10	0,04	270	380	qualquer	50	16
	SS50(340) Class 1	0,25	0,20	0,04	345	450	qualquer	50	12
	SS50(340) Class 2	0,25	0,20	0,04	345	-	qualquer	50	12
	SS50(340) Class 4	0,25	0,20	0,04	345	415	qualquer	50	12
	SS80 (550)	0,2	0,04	0,04	550	570	qualquer	-	-

(Fonte: Companhia Siderúrgica Nacional - Galvalume, 2018)