UNICESUMAR - CENTRO UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DE TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE E FUNCIONAMENTO DE VÁLVULAS EM COMANDOS HIDRÁULICOS

IGOR HENRIQUE ROMÃO

MARINGÁ – PR
2020

Igor Henrique Romão

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DE TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE E FUNCIONAMENTO DE VÁLVULAS EM COMANDOS HIDRÁULICOS

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenheiro Mecânico, sob a orientação do Prof. Me. Fábio Victor Bueno de Morais.

MARINGÁ – PR

2020

FOLHA DE APROVAÇÃO

IGOR HENRIQUE ROMÃO

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DE TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE E FUNCIONAMENTO DE VÁLVULAS EM COMANDOS HIDRÁULICOS

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da UNICESUMAR – Centro Universitário de Maringá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Me. Fábio Victor Bueno de Morais.

Aprovado em: 14 de Novembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Me. Fábio Victor Bueno de Morais

_____

Prof. Esp. Samuel Slipack

_____

Prof. Esp. Marcos Tsuyoshi Toda

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DE TESTES PARA VERIFICAÇÃO DE ESTANQUEIDADE E FUNCIONAMENTO DE VÁLVULAS EM COMANDOS HIDRÁULICOS

Igor Henrique Romão

RESUMO

Tendo em vista que os comandos hidráulicos são equipamentos essenciais nos mais diversos implementos que utilizam da força fluida para realizar trabalho, pesquisa-se sobre o desenvolvimento de uma bancada de testes hidráulica, a fim de desenvolver um mecanismo que verifique o funcionamento correto de todas as funções de um comando hidráulico. Para tanto, é necessário realizar uma pesquisa bibliográfica sobre cada item que deve compor uma bancada, desenvolver um projeto em software e construir o dispositivo para realizar testes. Realiza-se, então, uma pesquisa aplicada, buscando o conhecimento necessário para dimensionar e selecionar o motor elétrico, a bomba hidráulica, o reservatório de óleo e outros itens, como mangueiras e conexões. Diante disso, verifica-se que com a construção de uma bancada de testes é possível verificar as funções de um comando, sem a necessidade de estar instalado diretamente em um implemento em campo.

Palavras-chave: Dimensionamento. Fluido hidráulico. Sistema hidráulico.

DEVELOPMENT OF A TEST BENCH FOR VERIFYING THE IMPERMEABILITY AND FUNCTIONALITY OF VALVES IN HYDRAULIC CONTROLS

ABSTRACT

Considering that hydraulic controls are essential equipment in the most diverse implementations that use fluid force to perform work, research is done on the development of a hydraulic test bench in order to develop a mechanism that verifies the correct performance of all the functions of a hydraulic control. For this, it is necessary to carry out a bibliographic

research on each item that should make up a bench, develop a software project and build the device to perform tests. An applied study is then carried out seeking the necessary knowledge to dimension and select the electric motor, the hydraulic pump, the oil reservoir and other items such as hoses and connections. In view of this, it is verified that with the construction of a test bench, it is possible to check the functions of a control without the need for it to be installed directly on an implementation in the field.

Keywords: Dimensioning. Hydraulic fluid. Hydraulic system.

1 INTRODUÇÃO

A força fluida é utilizada pelo homem há milhares de anos, desde a invenção da primeira roda d'água, como cita Palmieri (1997). A busca por conhecimento em converter energia hidráulica em energia mecânica fez com que surgissem novas tecnologias, facilitando o uso e controle desta aplicação.

Os sistemas hidráulicos estão presentes nos mais diversos ramos de trabalho e são de extrema importância para o desenvolvimento econômico como um todo. Conforme dito por Moreira (2012), estão presentes em praticamente todos os sistemas industriais, desde pequenas máquinas como prensas gráfica, de conformação e de embalagens, até grandes maquinários agrícolas, de construção civil, aeronaves e embarcações.

Comandos hidráulicos são válvulas responsáveis pelo controle e direcionamento de fluxo de óleo para maioria dos sistemas de fluido confinado. São peças compactas que permitem fácil instalação em equipamentos e possibilitam uma operação simplificada, devido a sua diversificada capacidade de acionamentos.

Em geral, bancadas de teste servem para validar o funcionamento correto de outros instrumentos. Este trabalho buscou o desenvolvimento de uma bancada que simula a parte de potência hidráulica de máquinas e equipamentos, por meio da qual é possível verificar o desempenho de comandos hidráulicos.

O comando necessita ser testado após sua fabricação ou manutenção. O teste desse equipamento realizado em campo, instalado na máquina, caso apresente defeito, pode acarretar problemas, como tempo de máquina parada, prejuízos financeiros com deslocamento, mão de obra extra de instalação, custos extras com materiais para manutenção, e também danificar outros itens, o que pode causar uma série de outros defeitos.

Este trabalho teve o intuito de responder à seguinte pergunta: como realizar o teste de funcionamento de comandos hidráulicos sem a necessidade de instalação no equipamento em campo?

A fim de responder ao questionamento anterior, o objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um mecanismo que verifique o funcionamento correto de todas as funções de um comando hidráulico. Os materiais, mão de obra e máquinas utilizadas para a construção da bancada foram disponibilizados pela empresa Hidraumóbil Serviços Hidráulicos de Campo Mourão-PR.

Para facilitar a compreensão do problema, listaremos três objetivos específicos:

- Realizar uma pesquisa sobre cada elemento hidráulico necessário para a construção da bancada;
- Dimensionar e fazer a seleção dos itens que compõem a bancada;
- Construir o dispositivo para testes de comandos hidráulicos.

2 DESENVOLVIMENTO

Nesta etapa do desenvolvimento, são abordados os conceitos teóricos e práticos relacionados à hidráulica e aos sistemas hidráulicos.

2.1 Hidráulica

Segundo Moreira (2012), hidráulica é o ramo da física que estuda o comportamento do fluido confinado. Para Palmieri (1997), o primeiro uso da força fluida de que se tem conhecimento é de milhares de anos antes de Cristo, foi utilizada a partir da energia potencial para movimentar uma roda d'água, transformando a energia fluida em energia mecânica. A aplicação de fluido sobre pressão utilizado para converter energia fluida em mecânica é recente, podemos datar a partir da criação da primeira prensa hidráulica, construída em 1795 pelo inglês Josep Bramah.

2.1.1 Lei de Pascal

Enunciado por Blaise Pascal, o Princípio Fundamental da Hidráulica, para Palmieri (1997), é uma de suas mais destacadas obras. Com base nos pressupostos de Blaise Pascal, entende-se que "Toda pressão aplicada sobre um fluido confinado a um recipiente fechado, age igualmente em todas as direções dentro da massa fluida e perpendicularmente às paredes do recipiente" (MOREIRA, 2012, p.11).

Moreira (2012) ressalta que, a partir desse princípio, Josep Bramah desenvolveu a primeira prensa hidráulica, percebendo que a mesma pressão gerada e aplicada por uma pequena força em uma pequena área causava uma força maior em uma área maior.

Este trabalho utiliza-se das pesquisas e avanços tecnológicos após a descoberta desse princípio.

2.2 Pressão

Fialho (2011) e Moreira (2012) definem pressão como sendo a força exercida pelo fluido por unidade de área. Sabendo a pressão e a área aplicada, é possível determinar a força exercida por meio da equação (1).

$$F = PxA \quad (1)$$

Onde.

F = Força (N).

P = Pressão (Pa).

A = Área (m²)

Palmieri (1997) complementa que, na óleo-hidráulica, a pressão é gerada através das resistências à passagem do fluxo do óleo hidráulico.

Para Palmieri (1997) e Moreira (2012), as unidades de medida de pressão normalmente utilizadas na óleo-hidráulica são $\mathrm{kgf/cm^2}$ e bar.

2.3 Estanqueidade

De acordo com a norma NBR 9575 (ABNT, 2010), citada por Rosa (2018, p.20), define-se estanqueidade como “a propriedade de um elemento de impedir a penetração ou passagem de fluidos através de si”.

Saggin et al. (2004) comenta que, em decorrência de vazamentos, os sistemas hidráulicos podem apresentar baixo rendimento. Palmieri (1997) afirma que em um pistão hidráulico a vedação deve ser eficiente, a fim de manter a pressão e a vazão necessária para que o equipamento funcione como determinado. De forma análoga, podemos dizer que os comandos hidráulicos podem não funcionar corretamente se apresentarem vazamentos.

2.4 Sistemas hidráulicos

Moreira (2012) afirma que os sistemas hidráulicos são uma maneira de transmitir energia, a qual se move através do fluido, podendo assumir diversas formas rígidas e também escoar livremente por qualquer passagem.

Seguindo o mesmo raciocínio, Palmieri (1997) diz que os sistemas hidráulicos são transmissores de potência e de movimento, onde o fluido sob alta pressão é o meio da propagação.

De acordo com Moreira (2012), sistemas hidráulicos estão presentes em equipamentos móbiles, como caminhões, veículos industriais e agrícolas, onde é necessária a instalação de instrumentos capazes de realizar grandes forças, movimentações e diversas outras atividades industriais.

Szpak (2008) enfatiza que a elaboração de um circuito hidráulico varia de acordo com as necessidades requeridas. Existe uma infinidade de maneiras na montagem de um sistema hidráulico, porém, de forma geral, todos adotam o mesmo arranjo. Palmieri (1997) descreve três partes principais em sistemas hidráulicos: sistema de geração, sistema de controle e sistema de aplicação.

2.4.1 Válvulas

As válvulas são responsáveis por comandar um sistema hidráulico, são elas que direcionam e controlam o fluxo dentro de um sistema hidráulico, determinam a força e velocidade de atuadores através da regulagem de pressão e vazão.

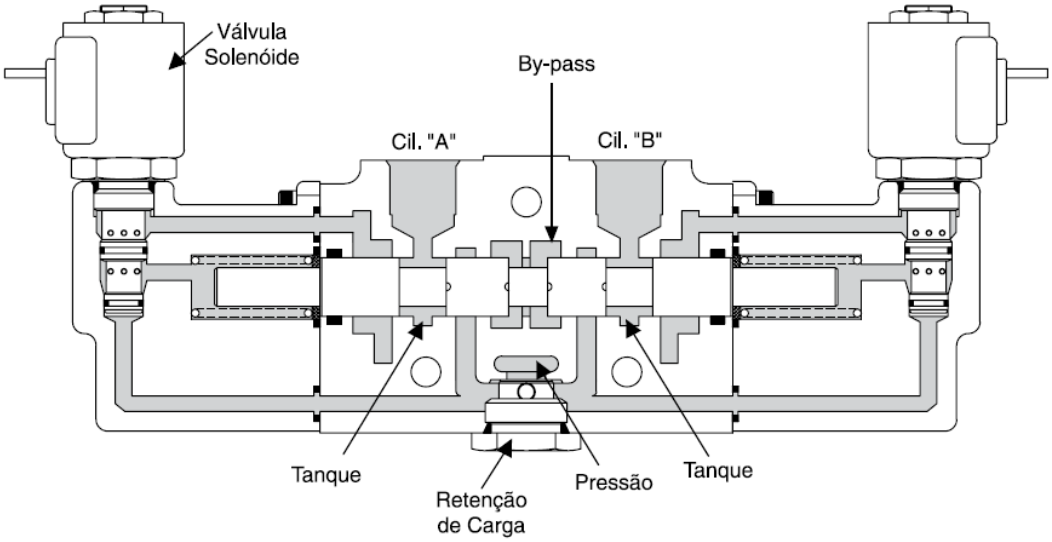
2.4.1.1 Válvula de controle direcional

Existem diversos modelos de válvulas direcionais, no entanto Moreira (2012) diz que todas têm a função de controlar o sentido e a direção do fluxo do fluido.

De acordo com Palmieri (1997), as válvulas direcionais no estilo carretel deslizante são amplamente utilizadas em tratores, guinchos e maquinas agrícolas em geral. Ainda segundo Palmieri (1997), a construção dessas válvulas consiste em um carretel com rebaixos que servirão para a comunicação entre os furos usinados no corpo da válvula direcional. A combinação dos rebaixos do carretel com a furação do corpo central vai definir o número de vias e posições que uma válvula direcional contém.

O catálogo da empresa Danfoss (2017) mostra-nos que existem diversas maneiras para se fazer o acionamento nas válvulas direcionais, sendo acionamentos manuais com alavancas e cabos, pneumático, hidráulico com auxílio de joystick ou elétrico com o uso de bobinas, buscando satisfazer a operação de qualquer sistema hidráulico.

Foto 1 - Representação de um corpo central como válvula de controle direcional.



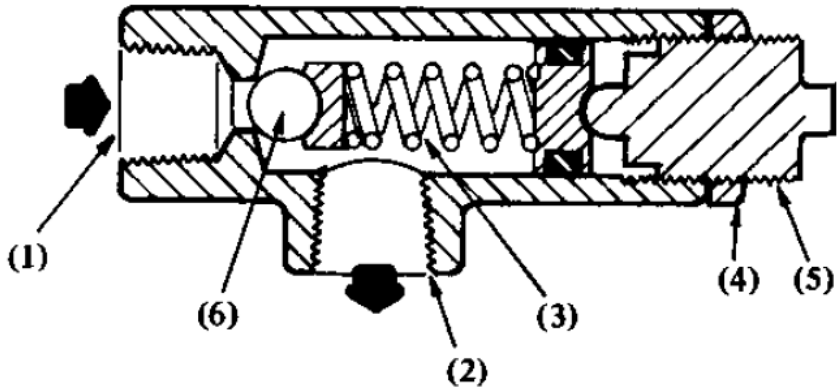
Fonte: Parker Hannifin (2017, p. 18).

2.4.1.2 Válvula controladora de pressão

Moreira (2012) afirma que as válvulas controladoras de pressão têm ação direta no ajuste da força de operação de atuadores hidráulicos. As válvulas reguladoras de pressão permitem limitar e ajustar a pressão de maneira que o circuito hidráulico opere como desejado. Na mesma linha, Palmieri (1997) complementa que as válvulas controladoras de pressão podem ser utilizadas para limitar a pressão máxima do sistema, determinar um ou mais níveis de pressão de trabalho e funcionar como um sistema de alívio para o sistema em geral.

Palmieri (1997) cita que existem diversas configurações de válvulas reguladoras de pressão, mas que, basicamente, todas seguem o mesmo princípio, segundo o qual um corpo formado com entrada de fluido é forçado a empurrar um objeto, que pode ser uma esfera ou um cone. A força oposta oferecida pelo objeto é regulada por uma mola. Essa ação do fluido de tentar vencer a força exercida pela mola é que determina a pressão desse dispositivo. Quando a ação do fluido é maior que a força exercida pela mola, a pressão determinada é atingida e o excesso desse fluido é descarregado no reservatório.

Foto 2 - Representação de uma válvula reguladora de pressão.



Fonte: Palmieri (1997, p. 154).

Na imagem anterior, há a representação de uma válvula reguladora de pressão. (1) Entrada do fluido; (2) saída do fluido para o reservatório; (3) mola; (4) contra porca; (5) parafuso de regulagem; (6) esfera.

2.4.1.3 Válvula de retenção

Como dito por Palmieri (1997), as válvulas de retenção têm a básica função de permitir a passagem de fluxo de óleo apenas para um sentido, obstruindo totalmente a passagem pelo sentido contrário.

Moreira (2012) descreve a construção desse tipo de válvula como sendo basicamente formada por um elemento de vedação, podendo ser uma esfera ou carretel cônico, sustentado por uma mola no interior de uma carcaça de ferro. É importante observar que, devido à presença da mola, a válvula pode ser montada em qualquer posição.

2.4.1.4 Comando hidráulico

O comando hidráulico não é propriamente dito uma válvula, mas um aglomerado de outras válvulas. Máquinas agrícolas em geral utilizam-se largamente de tecnologias hidráulicas, como elevação de cilindros, direção, giro com o uso de motores hidráulicos e outros. Conforme cita Palmieri (1997), esses implementos agrícolas necessitam de um equipamento compacto, de fácil manutenção e com simplicidade de acionamento, para comandar esses sistemas hidráulicos. Por ter essas características, os comandos são amplamente utilizados.

Os comandos hidráulicos são elaborados com um corpo para entrada de óleo, um corpo para saída de óleo e um ou mais corpos entre a entrada e saída. O catálogo Parker (2007) especifica que os corpos centrais funcionam como válvulas de controle direcional, e que podem ser fabricados com diversas combinações, para operar em diversos circuitos hidráulicos.

Os corpos de entrada podem ser fabricados para receberem o acoplamento de uma válvula reguladora de pressão, cuja regulagem é feita externamente de acordo com a empresa, conforme Parker (2000).

Além de funcionarem como válvulas direcionais, os corpos centrais podem ser usinados para comportarem válvulas auxiliares. O catálogo da Danfoss (2017) especifica que nesses compartimentos podem ser incluídos válvulas reguladoras de pressão e válvulas de retenção.

Foto 3 - Comando hidráulico.

Fonte: Hybel (2020).

2.4.2 Bomba hidráulica

Segundo Moreira (2012), existem vários modelos e tamanhos de bombas hidráulicas, de diferentes mecanismos e bombeamento dentre suas diversas aplicabilidades. Diz, ainda, que esse item é de extrema importância em sistemas de fluido confinado e tem como papel converter energia mecânica em energia hidráulica. A movimentação mecânica realiza vácuo parcial na entrada da bomba, onde a ação da pressão atmosférica transfere o fluido do reservatório para a bomba, assim o mecanismo obriga o fluído a escoar pela saída, gerando um fluxo contínuo.

Na mesma linha, Palmieri (1997) ressalta que as bombas são as responsáveis por fornecerem vazão ao sistema hidráulico que servirá para o acionamento de atuadores.

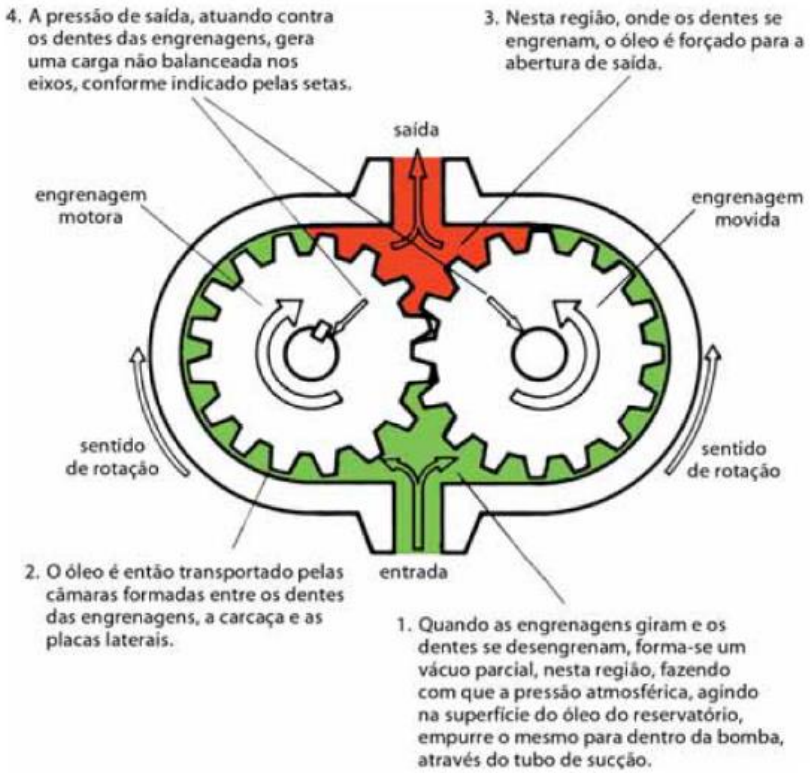
A bomba é parte fundamental em um sistema, ela é responsável por movimentar todo o fluido que transporta a pressão e gera movimentação completa no circuito. Lana (2005) propõe que quando uma bomba hidráulica apresenta defeito, não apenas esse componente apresentará deficiência em seu trabalho, como comprometerá o funcionamento de todo o restante do sistema.

2.4.2.1 Bomba hidráulica de engrenagens

De acordo com Linsingen (2001 apud LANA, 2005), a bomba hidráulica de engrenagens, de forma simples, é construída com dois pares de engrenagens iguais, uma dessas engrenagens tem seu eixo alongado, a fim de transformar a energia mecânica em energia fluida. As engrenagens ficam envolvidas por uma carcaça contendo uma entrada e uma saída de óleo.

Para Saggin (2004), a ação movida pelas engrenagens movimenta o óleo do pórtico de entrada para o pórtico de saída através dos espaços formados entre os dentes e as superfícies internas da bomba.

Foto 4 - Bomba hidráulica de engrenagens.



Fonte: Moreira (2012, p. 78).

Moreira (2012) diz que, conhecendo o deslocamento volumétrico da bomba, geralmente fornecido pelo fabricante, e conhecendo a rotação do motor, é possível calcular a vazão da bomba hidráulica através da equação (2).

$$Q = D.n.0{,}001 \qquad (2)$$

Onde.

Q = Vazão (litros por minuto)

D= Deslocamento (cm^3/rotação)

n= rotação (rotações por minuto)

0,001 = constante (fator de conversão de cm^3 para dm^3)

2.4.3 Fluido hidráulico

De acordo com Palmieri (1997), o fluido hidráulico é um líquido com uma baixíssima taxa de compressão, podendo ser considerado um fluido incompressível. Dessa forma, o fluido garante a realização de uma de suas funções básicas: transmitir a potência em forma de energia hidráulica com alta eficiência.

Saggin (2004) ressalta que o fluido hidráulico irá permanecer por toda a extensão do sistema, por isso é considerado o elemento principal para a durabilidade de todos os componentes. Para satisfazer essa importante característica, o líquido deve apresentar qualidades de um bom lubrificante.

Anderle (2017) complementa que o óleo utilizado deve ter propriedades correlacionadas aos meios condutores e outros elementos hidráulicos, auxiliando em uma correta aplicação nas mais extremas situações que o sistema foi projetado para suportar. Boa estabilidade térmica, proteção contra oxidação e mínima formação de espuma são outras características importantes relacionadas ao fluido.

2.4.4 Mangueiras de alta pressão

Segundo Saggin (2004), mangueiras podem ser utilizadas para o transporte do fluído hidráulico. São instaladas entre os componentes, que podem ser móveis ou de difícil instalação de outro tipo de condutor.

Nesse sentido, Moreira (2012) também diz que as mangueiras são utilizadas para o transporte de fluido hidráulico e cita que são produzidas com camadas de borracha e fios de aço, a fim de suportarem as altas pressões.

2.4.5 Reservatório de óleo

Moreira (2012) indica que a construção do reservatório deve ser dimensionada com a capacidade de armazenamento de todo o fluído contido no sistema hidráulico mais uma quantia reserva. Em geral, pode-se utilizar a seguinte regra: o reservatório tem duas ou três vezes a quantidade que a bomba envia ao sistema. Vamos adotar o valor de três vezes para este trabalho, conforme a equação (3).

$$\mathrm{Vtq} = \mathrm{Q}.3 \qquad (3)$$

Onde.

Vtq = Volume do tanque (litros)

Q = Vazão da bomba (litros por minuto)

Além da função de armazenamento do fluido, diz ainda Moreira (2012) que o reservatório tem outras funções principais, dissipar calor, conter partículas sólidas e impedir a formação de bolhas de ar no sistema hidráulico.

2.4.6 Filtro

De vital importância em sistemas hidráulicos, segundo Moreira (2012), a tarefa do filtro é bem direta, evitar a contaminação no sistema. O elemento filtrante tem como função impedir a passagem de contaminantes para o restante do circuito.

O catálogo Parker (2002) reforça que, além de cumprir sua função de filtragem, deve também garantir que a vazão de óleo necessária flua sem interrupções para cumprir suas tarefas.

Fica claro que, para Moreira (2012), um sistema contaminado poderá ocasionar mau funcionamento em seus equipamentos, causando, por exemplo, aquecimento acima do normal, desgaste excessivo de bombas e obstrução de pequenos orifícios em válvulas.

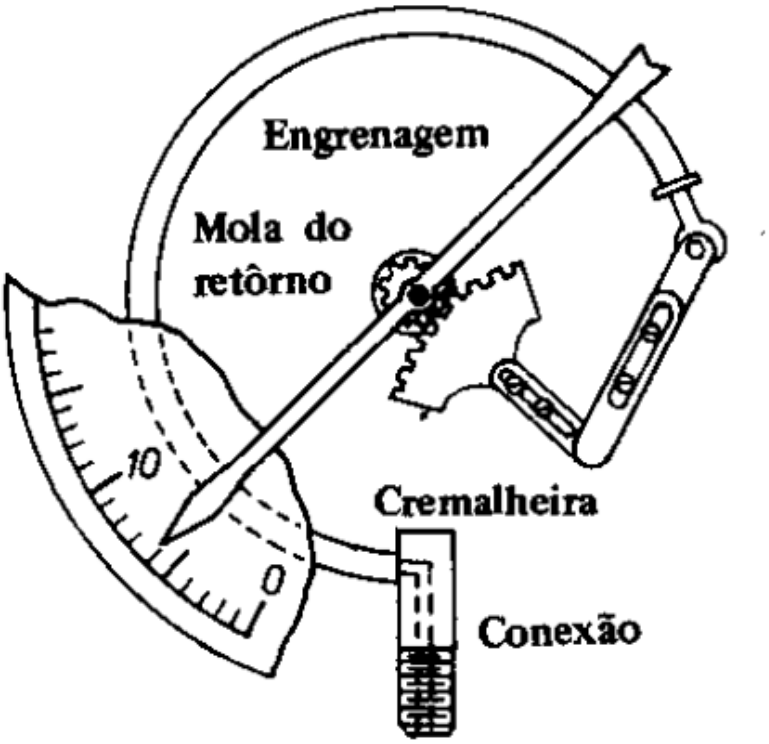
Segundo Palmieri (1997), os filtros de sucção são montados em linha com a bomba, no interior do reservatório, fazendo com que antes do óleo atingir a bomba, passe pelo elemento filtrante, evitando que impurezas contidas no interior do reservatório sejam enviadas ao circuito.

2.4.7 Manômetro

Moreira (2012) diz que, para uma leitura do funcionamento e diagnósticos corretos de um sistema hidráulico, faz-se necessário o uso de instrumentos capazes de transmitir dados para análise. Saggin (2004) complementa que os manômetros de Bourdon são os principais tipos utilizados para avaliar o funcionamento em implementos.

Conforme a foto 5 a seguir, Moran (2018) descreve que o Manômetro de Bourdon é um tubo curvo em que uma de suas extremidades está associada à pressão que será medida, e a outra extremidade é acoplada ao ponteiro, que fará a indicação para leitura da pressão.

Foto 5 - Mecanismo interno do manômetro de Bourdon.



Fonte: Palmieri (1997, p. 279).

2.5 Metodologia

Neste trabalho, buscou-se a finalidade do projeto através de uma pesquisa aplicada, em que, através de um problema concreto, verificou-se a necessidade de realizar pesquisas bibliográficas com o intuito de compreender o funcionamento de cada mecanismo hidráulico.

A fim de idealizar um conceito de bancada, bem como verificar possíveis medidas e materiais a serem utilizados, realizou-se uma pesquisa, por meio da qual foi possível verificar modelos de bancadas já existentes.

Para iniciar a idealização do projeto, pesquisas foram efetuadas e, mediante essas, foi possível verificar um nível seguro de vazão da bomba hidráulica sem comprometer o comando hidráulico e outros componentes da bancada. Segundo o catálogo da fabricante Hybel (2020), os comandos que suportam a menor quantidade de vazão são fabricados com o limite de 40 L/min, adotou-se, então, que neste trabalho a bomba selecionada deveria ter vazão inferior a esse valor.

Realizou-se um projeto da bancada através do software de desenho 3D SolidWorks. A partir desse desenho, foi possível selecionar os tipos e tamanhos dos materiais a serem utilizados. Também ficou perceptível a necessidade da utilização de máquinas de solda, de usinagem e de corte para a construção, o que simplificou a construção do projeto, visto que a empresa Hidraumóbil dispunha de todos os maquinários necessários.

Com a finalidade de diminuir os custos da construção, optou-se por utilizar retalhos de materiais disponíveis na empresa Hidraumóbil. Após a seleção de materiais que serviriam para a construção, foi realizada a aquisição dos produtos faltantes.

O motor elétrico utilizado foi reaproveitado de outra máquina que estava inutilizada. A partir da rotação do motor selecionado, foi possível dimensionar a bomba que, por consequência, facilitou o dimensionamento do reservatório de óleo e polias para relação de rotação e seleção de mangueiras, conexões, fluido hidráulico e filtro.

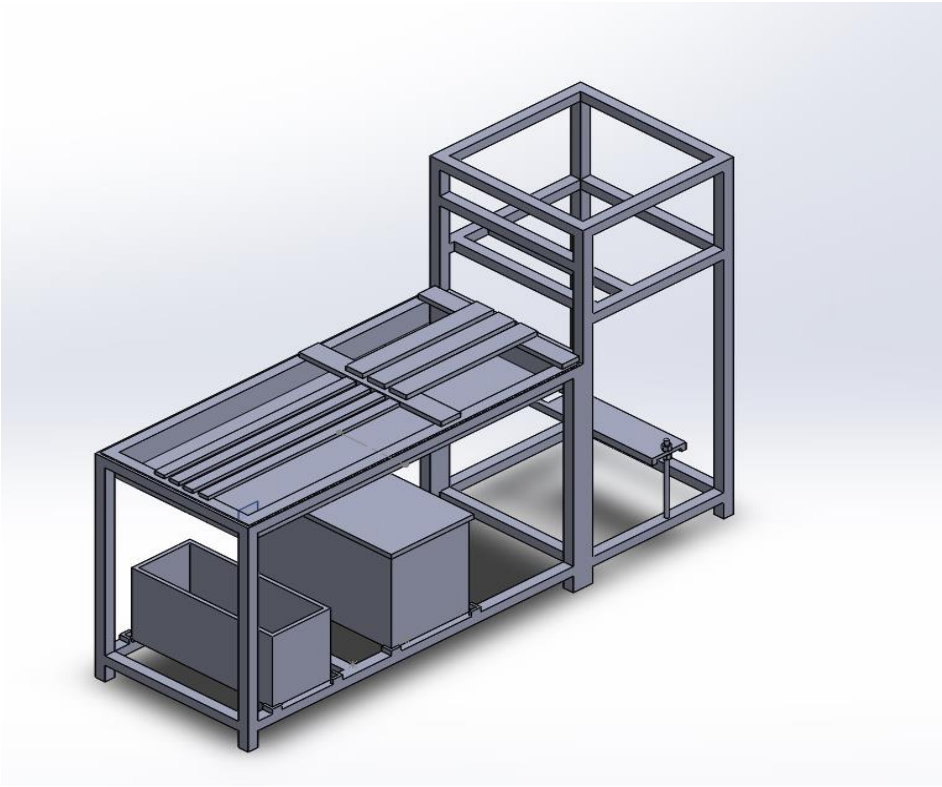
Após a seleção de materiais e equipamentos, e com o desenho do projeto finalizado, foi realizada a construção da bancada, com o apoio das pesquisas e cálculos realizados neste trabalho.

2.6 Esboço da estrutura da bancada de testes

Para facilitar a visualização de como deveria ser desenvolvido o projeto, foi desenhado um esboço para auxiliar na compreensão da disposição dos itens dentro da bancada. Viu-se a necessidade de instalar um recipiente para coletar o óleo que, por ventura, poderia escapar dos engates rápidos e outros vazamentos nas válvulas do comando.

Pensou-se na esquematização de uma bancada em que o acesso pelas laterais e pela frente fosse facilitado, a fim de poder ser operada de vários locais diferentes, conforme fosse necessário. Na foto 6, exposta a seguir, tem-se a imagem do esboço estrutural da bancada de testes.

Foto 6 - Esboço da estrutura da bancada de testes.



Fonte: O autor.

2.7 Funcionamento

O funcionamento dessa bancada tem o mesmo princípio de ação de um sistema de potência hidráulica utilizado em um implemento hidráulico qualquer. O motor elétrico é acionado por uma chave estrela triângulo, o giro do motor gira a bomba através de um sistema de transmissão de polias, neste momento temos a conversão de energia elétrica para energia mecânica. A partir do momento em que a bomba hidráulica faz a sucção do fluido hidráulico no reservatório, essa energia mecânica é convertida em energia fluida. O fluido transmitido pela bomba chega ao comando hidráulico, onde é possível realizar os testes para verificação do funcionamento do mesmo. Após passar pelo comando hidráulico, o fluído retorna ao reservatório, no qual irá manter sua temperatura e poderá iniciar um novo ciclo.

O manômetro serve para verificar o funcionamento das válvulas do comando hidráulico. Com uma leitura correta da pressão apresentada pelo instrumento, é possível verificar se ocorre algum defeito.

Foto 7 - Bancada para testes de comando hidráulico.

Fonte: O autor.

Na foto anterior, podemos ver a bancada com seus principais elementos:

1 – Reservatório de óleo

2 – Motor elétrico

3 – Sistema de transmissão por polias

4 – Manômetro

5 – Chave de acionamento estrela triangulo

6 – Bomba hidráulica

7 – Suporte para fixar comandos hidráulicos

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos conceitos e informações alcançados de acordo com os métodos e metodologia do trabalho, foi possível iniciar o dimensionamento e seleção dos equipamentos para posterior construção da bancada de testes.

3.1 Características do motor elétrico

Como descrito na seção metodológica, o motor elétrico foi selecionado a partir de sua disponibilidade na empresa Hidraumóbil.

O motor selecionado é um motor de indução trifásico, modelo 132S 688, conforme podemos verificar na etiqueta, contida na parte superior de sua carcaça, apresentada na foto 8.

Foto 8 - Motor elétrico

Fonte: O autor.

O motor apresenta uma rotação de 3480 rpm. Para reduzir o número de rotações na bomba hidráulica, foi utilizado um sistema de redução por polias. Segundo Luíz et al. (2016), a equação (4) mostra que as polias do motor e do mancal estão relacionadas pela seguinte igualdade.

$$\frac{n1}{n2} = \frac{d2}{d1} \tag{4}$$

Onde.

n1 = rotação da polia do motor (rotações por minuto)

n2 = rotação da polia do mancal (rotações por minuto)

d1 = diâmetro da polia do motor (mm)

d1 = diâmetro da polia do mancal (mm)

A polia já embutida no motor tem um diâmetro d1 de 66mm, ao passo que a rotação do motor é de n1 3480 rpm. Para reduzirmos a rotação no mancal n2 para 1000 rpm, foi utilizada a equação (4) para determinar o diâmetro d2 da polia do mancal.

$$d2 = \frac{n1.d1}{n2} = \frac{3480.66}{1000} = 229{,}68mm$$

Do resultado obtido na equação acima, arredondamos para 230mm, simplificando a seleção da polia.

3.2 Características da bomba hidráulica

Para a seleção da bomba hidráulica, foi escolhida a bomba de engrenagens, dado que é uma bomba de baixo custo e tem simplificada manutenção. Após analisar catálogos de fornecedores, optou-se pela escolha de uma bomba de marca Indisa, código 9008119203. Através dos dados apresentados pelo fornecedor, conforme a foto 9, foi utilizada a equação (2) para verificar a vazão da bomba.

Foto 9 - Características de bombas hidráulicas de engrenagens.

Parâmetros	Unidades	Tamanhos Nominais									
Deslocamento	cm³ / rot	2,5	4	5,5	8	11	14	16	19	22,5	26
	in³ / rot	0,15	0,24	0,34	0,49	0,68	0,87	0,99	1,18	1,38	1,61
Max. Continua	bar	250									
Max. Intermitente	bar	280									
Max. Partida	bar	300									
Rotações Máximas	rpm	4000				3500	3000			2500	2500
Rotações Mínimas	rpm	600		500							
Filtragem	Para maior desempenho e durabilidade dos produtos, a **INDISA** recomenda a utilização de filtros que garamtam um grau maximo de limpeza do fluido hidraulico conforme a norma DIM 4406 classe 18/15										

Fonte: Indisa.

$$Q = D.n.0{,}001 = 4.1000.0{,}001 = 4L/min$$

O cálculo realizado acima desconsidera a eficiência da bomba, porém este dado não interferiu no dimensionamento do restante da bancada, visto que a eficiência uma bomba em boas condições é muito próxima de seus valores teóricos.

3.3 Características do reservatório de óleo

Para o dimensionamento do reservatório hidráulico, foi utilizada a equação (3), visto que, de acordo com esta fórmula, um reservatório com capacidade de três vezes a vazão movida pela bomba hidráulica é suficiente para o correto funcionamento da bancada, mantendo a temperatura do fluido e não comprometendo a análise de dados.

$$\mathrm{Vtq} = \mathrm{Q}.3 = 4.3 = 12\mathrm{L}$$

3.4 Características do filtro

O filtro selecionado está instalado em linha com a bomba hidráulica no interior do reservatório hidráulico, denominado filtro de sucção. Tomou-se o cuidado na instalação do filtro, para que, com o reservatório de óleo em capacidade mínima para trabalho, esteja em um nível acima do filtro de sucção, evitando problemas por sucção de ar.

Para esta parte, foi selecionado o filtro 15P da marca Parker, conforme o anexo A. Esse filtro suporta 206,9 bar de pressão, o que é necessário para o funcionamento correto da bancada.

3.5 Características do fluido hidráulico

O fluido hidráulico selecionado foi o Lubrax Hydra 68, recomendado para o uso em sistemas hidráulicos de alta pressão, tais como elevadores, equipamentos de mineração, prensas e máquinas operatrizes, segundo o anexo B.

3.6 Características das mangueiras, conexões e engates rápidos

Para a seleção da mangueira, foi levado em consideração a alta pressão de trabalho de 180 bar. A mangueira escolhida foi a de norma SAE 100R2AT modelo 8G2, com o diâmetro interno de 12,7mm, de acordo com o anexo C.

Conexões roscadas foram utilizadas para fazer a união da bancada e do reservatório nas linhas de pressão, sucção e retorno, bem como da bancada para a bomba hidráulica na linha de pressão, porém, neste caso, a ligação na bomba hidráulica é feita por engate rápido.

Foi fabricado um dispositivo para possibilitar a ligação por engate rápido na bomba hidráulica, visto que não foi possível essa opção de compra pelo fabricante.

3.7 Bancada de testes

Por fim, após o dimensionamento e seleção dos itens necessários para o funcionamento da bancada de testes, foi realizada a montagem em sua estrutura de metalon 40x40. Na foto 10 e foto 11 podemos verificar como ficou o resultado final.

Foto 10 - Bancada de testes, visão frontal.

Fonte: O autor.

Foto 11 – Bancada de testes, visão lateral.

Fonte: O autor.

4 CONCLUSÃO

No momento em que se iniciou o trabalho de pesquisa, verificou-se que os comandos hidráulicos são equipamentos presentes em grande parte de sistemas hidráulicos responsáveis por atuar em áreas de construção civil, agrícola e indústria. Notou-se que, em dado momento, os comandos hidráulicos necessitam passar por um teste, seja em momento de fabricação ou manutenção.

Diante dessa constatação, o objetivo geral desse trabalho foi desenvolver uma bancada de testes capaz de verificar o funcionamento correto de comandos hidráulicos. Constata-se que o objetivo geral foi atendido, visto que a bancada consegue simular a parte de potência hidráulica de implementos em geral.

O objetivo específico inicial era realizar uma pesquisa relacionada a cada elemento que compunha a bancada, o qual foi atingido através de pesquisas bibliográficas de autores da área, bem como pesquisa de trabalhos já existentes.

No segundo objetivo específico, o foco foi dimensionar e realizar a seleção dos itens para a instalação na bancada. Conseguiu-se atingir o objetivo por meio da análise de catálogo de fabricantes e cálculos realizados, conforme as fórmulas obtidas na bibliografia antes pesquisada.

Por fim, o terceiro objetivo específico, relacionado à construção da bancada para testes de comandos hidráulicos, foi atingido com a aquisição de materiais e também a utilização de retalhos e equipamentos já disponíveis na empresa Hidraumóbil.

A pesquisa partiu da pergunta sobre a possibilidade de realizar testes e verificar o funcionamento de comandos hidráulicos sem a necessidade desses equipamentos estarem instalados no implemento em campo. Comprovou-se essa possibilidade através de pesquisas bibliográficas, por meio das quais foi possível identificar as equações corretas a serem utilizadas e efetuar compreensão correta da leitura de dados. Além disso, a construção da bancada de testes proporcionou um teste prático para verificar o funcionamento de válvulas e estanqueidade de comandos hidráulicos.

Diante do problema proposto no início da pesquisa, verificou-se que o trabalho poderia ter feito uma pesquisa bibliográfica mais ampla, a fim de realizar testes em outros importantes equipamentos hidráulicos, como atuadores hidráulicos e bombas hidráulicas.

Como sugestão de trabalho futuro, destacamos a construção de uma bancada de testes para a verificação do funcionamento de atuadores hidráulicos e bombas hidráulicas, com a

instalação de um termômetro e uma resistência elétrica para controlar a temperatura do fluido hidráulico.

REFERÊNCIAS

ANDERLE, Bruno Pase. **Dimensionamento de uma bancada didática de hidráulica.** Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Horizontina, Horizontina, 2017.

DANFOSS. **Válvula de controle direcional.** Catálogo 520L0564 | BC00000105pt-BR0101. Agosto 2017. Disponível em: <https://hmc.com.br/pdf/danfoss_comando_ch100_ch60.pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

FIALHO, A. B. **Automação Hidráulica: Projetos, Dimensionamento e Análise de Circuitos.** 6. Ed. São Paulo: Érica, 2011.

HYBEL. **Hybel Bombas e Motores Óleo – Hidráulicos.** Catálogo REV02. Criciúma. Abril, 2020.

LANA, E. D. **Avaliação do rendimento de bombas hidráulicas de engrenagens externas através de medição de temperatura.** 2005. Dissertação - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

LUÍS, A. et al. **Esteira Transportadora.** 2016. Projeto, Instituto Federal de Minas Gerais. Arcos, 2016.

MORAN, Michael J. et al. **Princípios de termodinâmica para engenharia.** Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda. 2018.

MOREIRA, I. d. S. **Sistemas hidráulicos industriais**. São Paulo: SENAI-SP, 2012.

PALMIERI, A. C. **Manual de hidráulica básica**. Porto Alegre: Albarus sistemas hidráulicos Ltda, 1997.

PARKER. **Comando Direcional Múltiplo Série ML42.** Catálogo HY-2005 BR. Cachoeirinha: Parker Hannifin Ind. Com. Ltda., novembro 2000.

PARKER. **Produtos de Filtragem para Sistemas Hidráulicos e de Lubrificação.** Catálogo 2300-11 BR. São Paulo: Parker Hannifin Ind. Com. Ltda., agosto 2002.

PARKER. **Comando Direcional Múltiplo Séries ML15 e MD15.** Catálogo HY-2007-1 BR. Cachoeirinha: Parker Hannifin Ind. Com. Ltda., novembro 2007.

ROSA, M. A. A. **Recuperação de desempenho quanto a estanqueidade com a utilização de técnicas de impermeabilização: Estudo de caso na cidade de Porto Alegre/RS.** Trabalho de conclusão de curso – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

SAGGIN, A. et al. **Hidráulica e técnicas de comando**. Florianópolis: SENAI-SC, 2004.

SZPAK, R. **Análise teórico-experimental do comportamento das pressões em posicionadores hidráulicos.** 2008. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ANEXO A

Catálogo de filtro

Filtros de Alta Pressão

Série 15P/30P

Aplicações para Filtros Série 15P/30P

- Serras Mecânicas
- Equipamentos de Suporte no Solo para Aviões
- Máquinas Pavimentadoras de Asfalto
- Ventiladores Hidráulicos de Propulsão
- Circuitos de Direção Hidráulica
- Caminhões de Lixo
- Caminhões de Cimento
- Proteção de Servo Controle
- Equipamentos de Corte de Árvores

Estes exemplos de aplicação possuem uma coisa em comum... eles precisam de fluido hidráulico limpo e modernos sistemas hidráulicos de alta pressão são necessários. A expectativa é de se ter controles melhores e uma longa vida dos componentes. Para adequar-se aos altos padrões de desempenho exigidos, os componentes hidráulicos são construídos com tolerâncias mais estreitas, o que aumenta a sua sensibilidade à contaminação. É aqui que os filtros da Parker entram em jogo. Eles filtram os contaminantes que ingressaram, antes que eles obstruam uma válvula ou marquem um cilindro. Eles bloqueiam os contaminantes gerados pela bomba antes que estes alcancem o Servo ou as válvulas proporcionais. Os filtros de pressão Parker são um ingrediente chave para se alcançar as demandas atuais de filtragem dos sistemas. Coloque os seus sistemas hidráulicos sob os cuidados da Divisão de Filtros Parker. Estamos comprometidos no projeto e construção dos melhores filtros disponíveis para a indústria.

Indicadores
- Estão disponíveis tanto o indicador no estilo visual e o indicador duplo no estilo visual-elétrico, para adequar-se à sua aplicação. O novo projeto patenteado resiste à falsa sinalização devido à vibração

Construção da Carcaça
- Constituído de alumínio de alto grau 6061 T6
- Acabamento anodizado, resistente à corrosão
- Recartilhado para facilitar o aperto ao remover e fazer a remontagem

Configurações da Carcaça
- Carcaça de comprimento simples e duplo disponíveis para cobrir uma ampla faixa de fluidos
- 30P disponível numa versão duplex

Válvula de Alívio
- Pode ser bloqueada para aplicações críticas

Sextavado
- Sextavado na base da carcaça para facilitar a remoção

Dreno
- Limpo e de fácil manutenção
- Permite drenar a carcaça antes de mudanças do elemento

ANEXO B

Catálogo de fluido hidráulico

INFORMAÇÕES TÉCNICAS

LUBRAX HYDRA

Óleo para sistema hidráulicos que operem em condições severas de pressão e temperatura. Disponível nos graus ISO 32, 46, 68, 100, 150 e 320.

LUBRAX HYDRA é formulado com óleos básicos parafínicos e aditivos especiais que evitam o desgaste e a corrosão das peças lubrificadas. Sua aditivação lhe garante resistência à oxidação e à formação de espuma.

LUBRAX HYDRA é recomendado para uso em sistemas hidráulicos de alta pressão, tais como elevadores, equipamentos de mineração, máquinas de moldagem e injeção de plásticos, prensas e máquinas operatrizes.

LUBRAX HYDRA atende às especificações da norma DIN 51524 parte 2 (HLP)(1).

LUBRAX HYDRA 68 também pode ser usado em sistemas hidráulicos automotivos, como os de máquinas agrícolas, tratores e escavadeiras.

O nome **LUBRAX HYDRA** é a nova denominação do antigo **LUBRAX INDUSTRIAL SH-...-AD**.

Aditivos - anticorrosivo, antidesgaste, antiespumante, antiferrugem, antioxidante e abaixador do ponto de fluidez

ANÁLISES TÍPICAS(2)

GRAU ISO		32	46	68	100	150	320
Densidade a 20/4℃		0,871	0,879	0,883	0,887	0,891	0,899
Ponto de Fulgor (VA)	℃	230	240	250	264	276	300
Ponto de Fluidez	℃	-18	-18	-15	-15	-12	-6
Viscosidade a 40℃	cSt	31,7	44,0	64,5	96,4	146,7	31 6
Viscosidade a 100℃	cSt	5,42	6,60	8,43	11,03	14,52	24,0
Índice de Viscosidade		105	101	100	99	97	96
Índice de Acidez Total	mgKOH/g	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Demulsibilidade (tempo de separação) a 54℃:	minutos	20	23	30	–	–	–
a 82℃:		–	–	–	23	20	25

(1) O enquadramento no requisito do teste ISO 4406 é feito sob demanda, implicando em custos adicionais de filtragem.
(2) As Análises Típicas representam os valores modais da produção, não constituindo especificações. Para informações mais detalhadas primeiramente consulte nossa assistência técnica.

Janeiro/2011

LUBRAX BR PETROBRAS

Não necessita de aditivação extra. Para descarte use as instalações dos postos de serviço, conforme Resolução CONAMA 362/05. Preservar o meio ambiente é responsabilidade de todos.

ANEXO C

Catálogo de mangueiras hidráulicas

G2 — Excede SAE 100 R2AT / EN 853 2SN

Port

Tubo Interno: Borracha sintética NBR.

Reforço: Dois trançados de fios de aço de alta resistência.

Cobertura: Borracha sintética NBR modificada.

Aplicação: Circuitos hidráulicos de alta pressão. Atende ou excede os requisitos da norma SAE 100R2 tipo AT e os requisitos de performance da EN 853 2SN.

Temperatura de Operação: de -40°C à +100°C.

Terminais: Prensáveis MegaCrimp® até 1.1/4" e GSP™ para 1.1/2" e 2"

Esp

Tubo Interno: *Goma sintetica NBR.*

Refuerzo: *Dos trenzado de hilos de acero.*

Cubierta: *Goma sintetica NBR modificada.*

Aplicación: *Líneas hidráulicas de alta presión. Atende o excede a los requerimientos de la norma SAE 100R2 tipos AT y a los requerimientos de la norma EN 853 2SC.*

Temperatura de Operación: *de -40°C a +100°C para aceite.*

Conexiones: *Prensables Mega Crimp® hasta 1.1/4 y GSP™ para 1.1/2 y 2"*

Descrições / Descripción	Pol	mm	Psi	Kg/cm²	Psi	Kg/cm²	mm	Peso
3G2	3/16"	13,2	6.025	422	24.100	1.688	89	0,31
4G2	1/4"	15,0	5.800	406	23.200	1.625	102	0,40
6G2	3/8"	18,8	4.800	336	19.200	1.345	127	0,54
8G2	1/2"	21,8	4.000	280	16.000	1.120	178	0,67
10G2	5/8"	25,1	3.625	254	14.500	1.015	203	0,80
12G2	3/4"	29,2	3.100	217	12.400	868	241	0,94
16G2	1"	37,6	2.400	168	9.600	672	305	1,43
20G2	1 1/4"	47,2	1.825	128	7.300	511	419	2,23
24G2	1 1/2"	53,6	1.300	91	5.200	364	508	2,63
32G2	2"	66,5	1.175	82	4.700	329	635	3,35

CR2 — Atende SAE 100 R2 / EN 853 2SN

Port

Tubo Interno: Borracha sintética NBR.

Reforço: Dois trançados de fios de aço de alta resistência.

Cobertura: Borracha sintética SBR modificada.

Aplicação: Atende aos requisitos das Normas SAE 100R2 e EN 853 2SN.

Temperatura de Operação: de -40°C à 100°C.

Terminais: Prensáveis MegaCrimp®

Esp

Tubo Interno: *Goma sintetica NBR.*

Refuerzo: *Dos trenzado de hilos de acero.*

Cubierta: *Goma sintetica SBR modificada.*

Aplicación: *Atende a los requerimientos de la norma SAE 100R2 y EN 853 2SN.*

Temperatura de Operación: *de -40°C à 100°C.*

Conexiones: *Prensables Mega Crimp®*

Descrições / Descripción	Pol	mm	Psi	Psi	mm	Peso
4CR2	1/4"	14,73	5.800	23.200	102	0,368
6CR2	3/8"	18,67	4.800	19.200	127	0,519
8CR2	1/2"	21,34	4.000	16.000	178	0,633
10CR2	5/8"	24,90	3.625	14.500	203	0,755
12CR2	3/4"	29,00	3.125	12.500	241	0,913
16CR2	1"	37,30	2.400	9.600	305	1,332