



Bruno Pase Anderle

**DIMENSIONAMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE
HIDRÁULICA**

Horizontina - RS

2017

Bruno Pase Anderle

**DIMENSIONAMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE
HIDRÁULICA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em engenharia Mecânica na Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof. Me. Luis Carlos Wachholz.

Horizontina - RS

2017

FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o trabalho final de curso

“Dimensionamento de uma bancada didática de hidráulica”

Elaborada por:

Bruno Pase Anderle

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Mecânica

Aprovado em: 23/11/2017

Pela Comissão Examinadora

Prof. Me. Luis Carlos Wachholz

Presidente da Comissão Examinadora - Orientador

Prof. Me. Geovane Webler

FAHOR – Faculdade Horizontina

Prof. Me. Sirnei Cesar Kach

FAHOR – Faculdade Horizontina

Horizontina - RS

2017

Dedicatória

À minha família, por acreditar em mim e ter disponibilizado todos os recursos para que este objetivo fosse alcançado.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradecer a Deus, pela saúde e suporte durante esta caminhada, pois sem a fé, não teria chegado a lugar nenhum.

À minha família e familiares, especialmente meu pai Valter, minha mãe Rose e irmão Ricardo, por terem me apoiado e não medirem esforços para que eu chegasse até essa etapa de minha vida. Pois não somos nada sem estes, que são os bens mais valiosos do mundo.

Aos professores que tive durante todo o período de estudo, pois seus conhecimentos passados foram de fundamental importância para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus amigos, que estiveram comigo durante esta trajetória, nos momentos bons e também nos difíceis, pelos momentos de distrações e ajuda nos estudos, em especial, aos meus colegas Augusto Garbrecht, Augusto Lorenzson, Eduardo dos Santos, Jean Tolfo e Leonardo Arndt .

Enfim, agradecer à todos que de alguma forma fizeram parte da minha formação.

“No fim tudo dá certo, e se não deu certo é porque
ainda não chegou ao fim”.

(Fernando Sabino)

RESUMO

As bancadas didáticas têm se mostrado uma importante ferramenta para o aprendizado dos acadêmicos nas diversas áreas de conhecimento, visto que as atividades práticas fazem com que o acadêmico tenha uma compreensão mais visível e interativa. O presente trabalho objetiva fazer o dimensionamento de uma bancada didática de hidráulica para um futuro aproveitamento por parte da instituição. A Faculdade Horizontina possui apenas uma bancada didática de pneumática, objetivando fazer a construção de uma no ramo da hidráulica, assim ampliando as suas ferramentas de ensino e também aprimorando os seus laboratórios. Para o desenvolvimento do projeto da bancada, buscou-se conhecer as bancadas já presentes no mercado para, a partir daí, fazer o dimensionamento de cada componente da bancada e sua adequada escolha. Pode se observar que existe uma infinidade de componentes existentes e os mais variados tipos de sistemas hidráulicos que podem ser estudados nas bancadas didáticas. O preceito deste projeto foi em conseguir adaptar o máximo de materiais disponíveis na faculdade para a construção deste projeto, onde a bancada não se tornasse algo inviável de ser feito. Com isso, a bancada deve ser de fácil manuseio, transporte e coerente, no sentido de dimensionamento, para que não ocorresse o gasto com materiais superdimensionados.

PALAVRAS-CHAVE: Bancada didática. Hidráulica. Dimensionamento.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Modelo de bancada didática
- Figura 2. Esquema de um sistema hidráulico
- Figura 3. Representação de um esquema hidráulico
- Figura 4. Reservatório Hidráulico em partes
- Figura 5. Reservatório livre
- Figura 6. Bomba hidráulica unidirecional
- Figura 7. Funcionamento de uma bomba de engrenagens
- Figura 8. Funcionamento e uma bomba de palhetas
- Figura 9. Bomba de pistão axial e radial, respectivamente
- Figura 10. Elementos de um filtro
- Figura 11. Representação de um filtro
- Figura 12. Representação de um motor elétrico
- Figura 13. Simbologia de uma válvula direcional de três vias e três posições
- Figura 14. Esquema hidráulico de acionamentos mecânicos.
- Figura 15. Representação de acionamentos elétricos por solenóide
- Figura 16. Exemplos do funcionamento de uma válvula reguladora de vazão
- Figura 17. Válvula de controle de vazão variável
- Figura 18. Válvula reguladora de pressão ou de segurança
- Figura 19. Válvula controladora de pressão
- Figura 20. Vista interna de um cilindro hidráulico
- Figura 21. Representação de um cilindro hidráulico.
- Figura 22. Cilindros de simples ação (1), dupla ação (2) e telescópico (3), respectivamente.
- Figura 23. Vista de um motor hidráulico.
- Figura 24. Representação de um motor hidráulico.
- Figura 25. Operação do acumulador a gás do tipo bexiga.
- Figura 26. Mecanismo de funcionamento de um manômetro Bourdon.
- Figura 27. Termômetro bimetalógico analógico.
- Figura 28. Componentes de um rotâmetro.
- Figura 29. Especificações do motor elétrico.
- Figura 30. Bomba hidráulica selecionada.
- Figura 31. Escolha do motor hidráulico.
- Figura 32. Cilindros hidráulicos disponíveis na FAHOR.
- Figura 33. Reservatório de óleo selecionado.
- Figura 34. Seleção do tipo de mangueira hidráulica utilizada.
- Figura 35. Seleção de conexão de engate rápido
- Figura 36. Válvula de corpo de admissão intermediário
- Figura 37. Válvula de corpo central baixo.
- Figura 38. Válvula selecionada de corpo central.
- Figura 39. Válvula selecionada
- Figura 40. Válvula de corpo de descarga selecionada.
- Figura 41. Seleção da válvula reguladora de pressão.
- Figura 42. Válvula reguladora de vazão selecionada.
- Figura 43. Filtro selecionado para o sistema hidráulico
- Figura 44. Características do óleo mineral utilizado,
- Figura 45. Painel de aço.
- Figura 46. Gaveteiro para armazenagem de componentes.
- Figura 47. Sistema de acionamento hidráulico.
- Figura 48. Funcionamento sistema hidráulico.
- Figura 49. Exemplo de um atuador ligado ao sistema hidráulico.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Limite de escoamento Reynolds.

Quadro 2. Acessórios de vedação para as válvulas.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Velocidade de fluxo nas tubulações.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 TEMA.....	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	15
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.4 JUSTIFICATIVA.....	15
1.5 OBJETIVOS.....	16
1.5.1 Objetivo Geral.....	16
1.5.2 Objetivos Específicos.....	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 BANCADAS DIDÁTICAS.....	17
2.2 Sistemas hidráulicos.....	18
2.2.1 Reservatório.....	20
2.2.2 Fluido Hidráulico.....	21
2.2.3 Mangueiras Hidráulicas.....	21
2.2.4 Bomba Hidráulica.....	23
2.2.4.1 Bomba de Engrenagens.....	24
2.2.4.2 Bomba de Palhetas.....	25
2.2.4.3 Bomba de Pistão.....	25
2.2.5 Filtros.....	26
2.2.5.1 Filtro na linha de sucção.....	27
2.2.5.2 Filtro na linha de pressão.....	27
2.2.5.3 Filtro na linha de retorno.....	27
2.2.6 Motor Elétrico.....	28

2.2.7 Válvulas Hidráulicas	29
2.2.7.1 Válvula de controle direcional.....	29
2.2.7.2 Válvula Reguladora de Vazão	30
2.2.7.3 Válvula Reguladora de Pressão	31
2.2.8 Atuadores	32
2.2.8.1 Cilindros hidráulicos	32
2.2.8.2 Motores hidráulicos	34
2.2.9 Acumuladores	36
2.2.10 Instrumentos de Medição e Controle.....	37
2.2.10.1 Pressostato (Manômetro).....	37
2.2.10.2 Termostato	37
2.2.10.3 Rotâmetro.....	38
2.3 NÚMEro de reynolds	39
3 METODOLOGIA	40
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	41
4.1 MEMORIAL DE CÁLCULO	41
4.1.1 Dimensionamento do motor elétrico	41
4.1.2 Dimensionamento da bomba hidráulica	42
4.1.3 Dimensionamento do motor hidráulico	43
4.1.4 Dimensionamento do cilindro hidráulico	44
4.1.5 Dimensionamento do reservatório de óleo	45
4.1.6 Dimensionamento das mangueiras hidráulicas	45
4.1.7 Seleção das válvulas hidráulicas.....	48
4.1.7.1 Válvulas direcionais.....	48
4.1.7.2 Válvula reguladora de pressão	50
4.1.7.3 Válvula reguladora de vazão	50
4.1.8 Seleção dos Filtros de Óleo	51

4.1.9 Seleção do Fluido Hidráulico.....	52
4.2 Componentes Bancada Didática	52
4.3 Esquema Hidráulico	54
5. CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE A	59
APÊNDICE B	60
APÊNDICE C	61
APÊNDICE D	62
APÊNDICE E	63
APÊNDICE F.....	64

1 INTRODUÇÃO

A humanidade vem desenvolvendo a capacidade de utilização da força de fluidos há centenas de anos atrás. Começou com o uso das rodas de água e até hoje se tem a sua contribuição através dos moinhos de água. Atualmente, o seu uso está em um patamar mais tecnológico e evolucionado, como por exemplo as turbinas hidráulicas que geram mais de milhões de quilowatts de potência.

Com este ritmo de evolução acelerado, começaram a surgir os componentes de sistemas hidráulicos, empregando tecnologia de novos materiais e mostrando-se um campo de vasta aplicação, indicando que as possibilidades da hidráulica estão longe de ser esgotadas.

Os sistemas hidráulicos são aplicados em larga escala na transmissão de movimentos e multiplicação de força em praticamente todos os setores, principalmente em máquinas e equipamentos industriais.

A implementação de um sistema pode ser complexa para medir, controlar e monitorar todos os elementos de uma unidade industrial com alta precisão e profundidade, bem como para automatizar esses processos e, por sua vez, garantir a repetibilidade das medições e estruturas de resultados.

1.1 TEMA

As bancadas de teste tornaram-se uma base importante para atividades de estudo e pesquisa, tendo em vista que a engenharia sempre necessitou testar conceitos e aplicações em escala reduzida nas mais diversas áreas.

Várias universidades e empresas tem se empenhado em desenvolver bancadas didáticas para sua implantação em seus cursos. Elas favorecem aos alunos o esclarecimento de conceitos importantes, assim como sua análise, facilitando o entendimento e aprendizagem.

O foco deste estudo é o desenvolvimento do projeto de uma bancada didática, fazendo o seu dimensionamento, para que seja possível a realização de variados testes em função do seu sistema hidráulico.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Para o desenvolvimento da bancada, serão apenas considerados os elementos utilizados no sistema hidráulico. Sendo assim, a bibliografia sobre a hidráulica será um breve apanhado de cada componente, abrangendo o seu conceitual e também o seu dimensional.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Todo projeto de uma bancada didática ou qualquer projeto de engenharia requer, para a sua viabilização, um vasto conhecimento das características, propriedades e comportamento dos sistemas atuantes.

Como a hidráulica tem um vasto campo de atuação, torna-se de certa forma difícil o preciso dimensionamento para obter uma autêntica eficácia do sistema. Além de que, podem ser montadas bancadas de diversos tipos e tamanhos, sendo construída através da perspectiva de quem irá fazer o seu dimensionamento.

O que implica na construção da bancada é também o fator do orçamento, visto que devem ser aproveitados os recursos que a própria faculdade possui, para minimizar no seu custo. Junto a isto, fazer com que o seu projeto esteja a um custo acessível, para que seja possível a sua construção no futuro.

Por isso tem-se a necessidade do dimensionamento de uma bancada para a Faculdade Horizontina, pois a mesma irá auxiliar os acadêmicos no entendimento dos sistemas hidráulicos. Também será feita a análise da bancada dimensionada, se ela atenderá as necessidades da faculdade.

1.4 JUSTIFICATIVA

Os engenheiros de qualquer especialidade devem compreender como funcionam os sistemas hidráulicos e o que eles refletem para a indústria. Esses sistemas têm facilitado muito na questão de movimentos, transmissão e controle de esforços.

Por isso, tem-se a necessidade de projetar e dimensionar corretamente um elemento hidráulico, para que este seja capaz de suprir as necessidades de trabalho e opere de forma segura e eficaz, sempre resguardando pela segurança para que seja evitado qualquer tipo de acidente.

A FAHOR possui uma bancada didática de pneumática que já está sendo utilizada para o melhor entendimento dos acadêmicos, conciliando aprendizagem teórica em sala de aula e, por posterior, a prática na bancada didática.

Visto que a aprendizagem na prática favorece ao aproveitamento dos alunos nas disciplinas, procurou-se desenvolver uma bancada para ensaios na área da hidráulica. A FAHOR necessita de um sistema hidráulico para serem feitas simulações com variados componentes, reproduzindo um processo real.

1.5 OBJETIVOS

Para o desenvolvimento do estudo, fez-se necessário definir o seu propósito e suas condições, assim adotaram-se como objetivo geral e específico os seguintes itens.

1.5.1 Objetivo Geral

Projetar uma bancada didática e fazer o seu dimensionamento, para que seja possível a montagem de variados sistemas hidráulicos para o entendimento dos acadêmicos no ramo da hidráulica.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver o projeto de uma bancada para possibilitar a montagem de variados sistemas hidráulicos;
- Fazer o dimensionamento do sistema hidráulico;
- Selecionar os componentes adequados de acordo com os cálculos realizados;
- Disponibilizar o que a bancada deve ter para uso da instituição acadêmica FAHOR.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para a realização do projeto, deve-se ter um conhecimento aprofundado sobre todos os aspectos que serão abordados durante o seu desenvolvimento. No presente trabalho, as referências usadas estão disponíveis a seguir.

2.1 BANCADAS DIDÁTICAS

Segundo Giordani, Jurach e Rodrigues (2003), a bancada didática é definida como uma ferramenta de auxílio para a realização de experimentos que possibilita ao operador montar diversos sistemas variando seus parâmetros, familiarizando-se com os componentes e ao mesmo tempo verificando na prática a teoria vista em aula. Na figura 1, tem-se um modelo de bancada didática hidráulica comercializada.

Figura 1. Modelo de bancada didática.



Fonte: Algetec, 2014.

Deste modo, salienta-se a importância dessas bancadas nas instituições acadêmicas. Para Kummer (2003), o aluno tem a parte teórica em sala, depois trabalha no simulador e por fim comprova fisicamente o experimento, fortalecendo em sua cognição, pois acaba aprendendo com a prática mesmo.

As bancadas permitem a realização de aulas práticas no ambiente acadêmico, gerando conhecimento e a compreensão sobre o assunto tratado, além de instigar o aluno ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de outros projetos ou bancadas de estudos.

Schneider (2003) enfatiza que ao desenvolver uma bancada didática pode-se customizar as funcionalidades e modularizar a construção de forma a atender um número grande de experimentos. Ainda complementa que com o projeto desenvolvido, pode-se adquirir novos componentes, aumentar as funcionalidades da bancada e permitir evoluir os conceitos aplicados dos mais elementares aos mais complexos, facilitando o aprendizado do aluno.

A respeito do espaço de aprendizado sobre as bancadas, Mello e Pekelman (2004) destacam que o uso deste ambiente, não serve só para fins didáticos, mas também, para fins exploratórios, uma vez que um dos papéis da universidade é promover a inovação tecnológica por meio do incentivo à pesquisa. Destacando a importância deste instrumento dentro das instituições acadêmicas, com seu devido incentivo e disponibilização de recursos por parte das mesmas.

2.2 SISTEMAS HIDRÁULICOS

Embora o conhecimento sobre o uso da hidráulica para o auxílio de diversas tarefas seja antigo, atualmente ainda podemos encontrar a sua aplicação em praticamente todos os ramos de trabalho, certamente adaptados em função do desenvolvimento tecnológico.

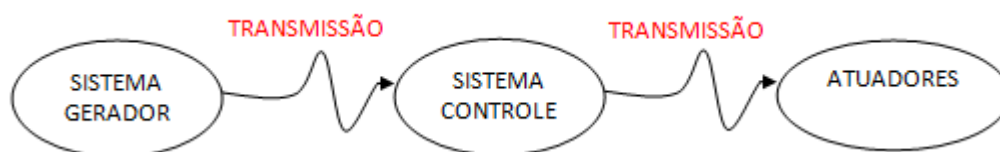
Linsingen (2003) descreve um sistema hidráulico sendo um conjunto de elementos físicos associados que utilizam algum fluido como meio de transferência de energia, assim permitindo a transmissão, o controle das forças e seus respectivos movimentos.

O autor destaca algumas características importantes a se adotar sobre o dimensionamento de um sistema hidráulico. As principais são:

- Baixa relação peso/potência. Isto se enquadra escolha do motor hidráulico ser capaz de realizar os ensaios a uma determinada força, sendo satisfatoriamente pequeno para o uso apropriado da bancada;
- Bom comportamento em relação ao tempo, seja ele em função de resposta do sistema a um determinado comando e também a respeito da sua vida útil;
- Componentes sendo lubrificados pelo próprio fluido de trabalho;
- Possíveis combinações com sistemas pneumáticos, elétricos ou mecânicos;

Existe uma infinidade de circuitos hidráulicos, porém todos eles seguem um mesmo esquema, conforme a figura 2, que segundo Palmieri (1997) dividem-se em três partes:

Figura 2. Esquema de um sistema hidráulico.

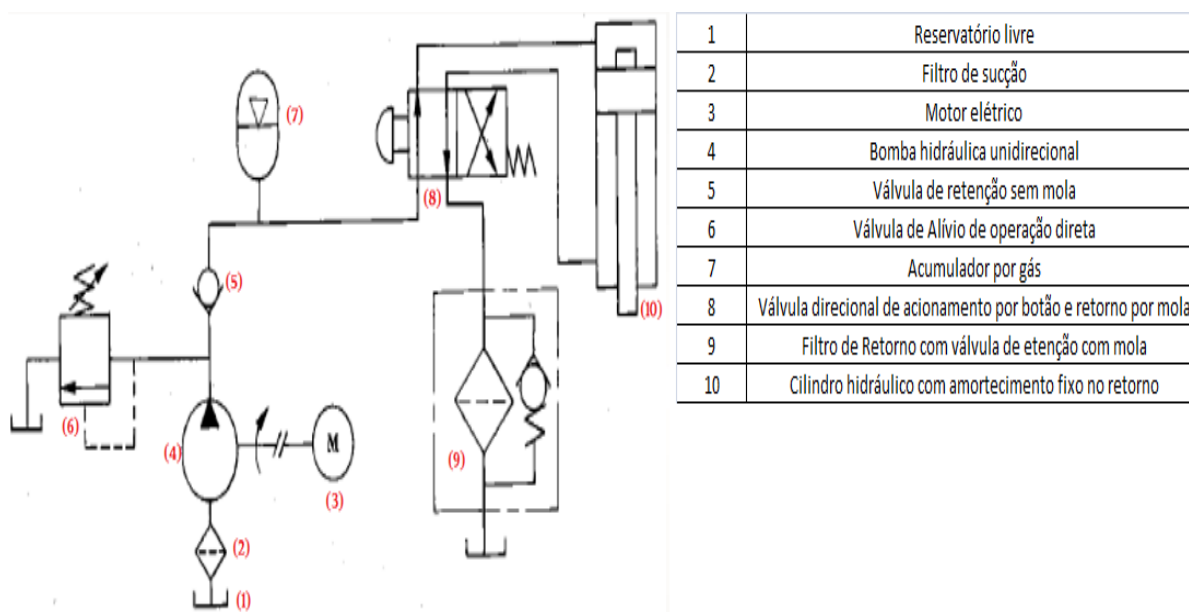


Fonte: Palmieri (1997).

- Sistema de geração: constituído pelo reservatório, bombas, motores, filtros, acumuladores e outros acessórios;
- Sistema de distribuição e controle: constituído por válvulas controladoras de pressão, vazão e direcionais;
- Sistema de aplicação de energia: constituído pelos atuadores, cilindros hidráulicos e osciladores.

O sistema hidráulico pode ser representado em um esquema hidráulico, usado para a visualização e entendimento do sistema atuante. Na figura 3, será representado um esquema hidráulico dos componentes usados na bancada como exemplo de aplicação.

Figura 3. Representação de um esquema hidráulico.

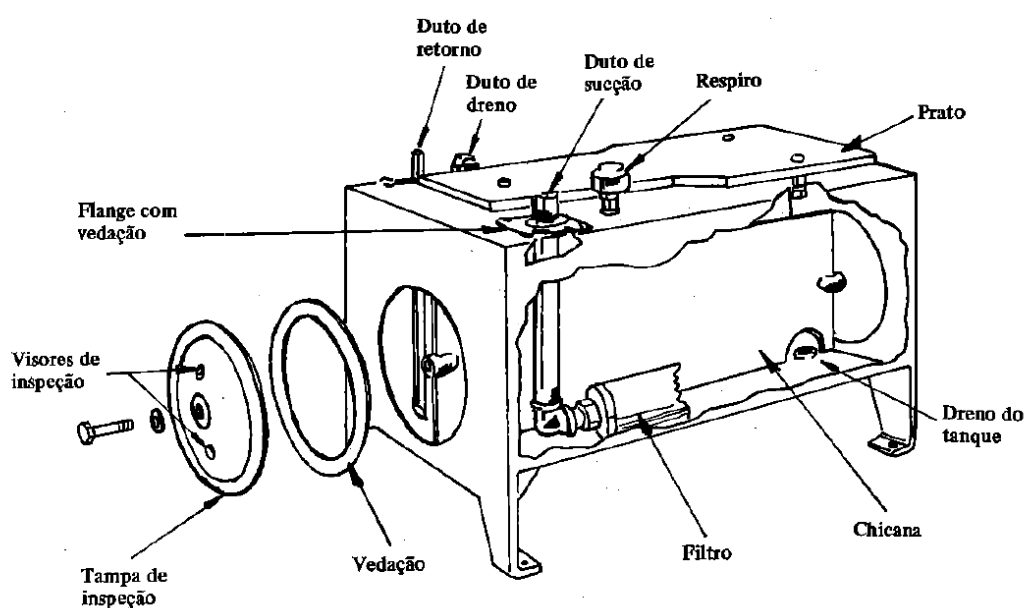


Fonte: Autor (2017).

2.2.1 Reservatório

Os reservatórios são projetados para comportar todo o fluido usado para a movimentação do sistema hidráulico e mais uma reserva, para que o sistema não fique vulnerável, mantendo o óleo limpo e em uma temperatura apropriada de trabalho. Na figura 4, observa-se os principais componentes de um reservatório.

Figura 4. Reservatório Hidráulico em partes.



Fonte: Palmieri (1997).

Para Moreira (2012), o reservatório de óleo tem as funções de acondicionar todo o fluido hidráulico utilizado pelo sistema, separar as bolhas de ar e reter os contaminantes presentes no fluido, e também dissipar o calor gerado pelo sistema.

Em um esquema hidráulico, o reservatório é representado pela figura 5.

Figura 5. Reservatório livre.



Fonte: Palmieri (1997).

Para o dimensionamento de um reservatório, Fialho (2011) estabeleceu uma regra prática, onde diz que o volume do fluido armazenado, deve ser o suficiente para suprir o sistema por um período de no mínimo três minutos antes que este retorne, completando o seu ciclo.

Assim encontra-se a fórmula para o dimensionamento do reservatório, em que deve ser:

$$V = 3 \times Qb \quad (1)$$

Em que:

V: Volume do reservatório (litros)

Qb: Vazão da bomba (l/min).

2.2.2 Fluido Hidráulico

Os fluidos hidráulicos estabelecem o meio para a transferência energia nos sistemas hidráulicos, em que necessariamente devem possuir características que se relacionam com as dos componentes do sistema e que favoreçam a sua operação adequada sob diversas circunstâncias e adversidades do ambiente.

Para Linsingen (2003), o conhecimento destas características se faz necessário para proceder a análise comportamental dos componentes e de seus sistemas, permitindo a adequação do fluido ao sistema particular desenvolvido e também às condições em que este irá operar.

Assim, o fluido além de possuir características que auxiliam no funcionamento do sistema, também deve possuir outras características importantes, tais como boa proteção contra oxidação, boa estabilidade térmica, baixa tendência a formação de espuma, entre outras.

2.2.3 Mangueiras Hidráulicas

As mangueiras hidráulicas são usadas para conectar um componente ao outro, assim tendo a função de transferir o fluido para o sistema todo. As mangueiras possuem maiores vantagens em relação às tubulações rígidas, como a fácil montagem, flexibilidade e resistentes à corrosão.

Para o dimensionamento das tubulações flexíveis, Fialho (2011) cita as seguintes equações.

$$Ap = \frac{Q}{v} \quad (2)$$

$$Dp = \sqrt{\frac{4 \times Ap}{\pi}} \quad (3)$$

Em que:

Ap: área da secção (cm²)

Q: vazão (cm³/s);

V: velocidade do fluxo (cm/s);

Dp: diâmetro interno duto (cm);

π: pi (3,1415).

Para a definição da velocidade do fluxo no interior das tubulações, recomenda-se utilizar os seguintes valores conforme a tabela 1.

Tabela 1. Velocidade de fluxo nas tubulações.

LINHAS	FAIXAS DE PRESSÃO	VELOCIDADES
Pressão	P < 50 dar	4 m/s
	50 < P < 100 bar	4 à 5 m/s
	100 < P < 200 bar	5 à 6 m/s
	P > 200 bar	6 à 7 m/s
Retorno	3 à 20 bar	2 à 3 m/s
Sucção	-0,3 à 1,5 bar	0,6 à 1,5 m/s

Fonte: Palmieri (1997).

Fialho (2011) afirma que todo fluido que percorre uma tubulação sofre uma perda de pressão, chamada de perda de carga, na qual o fluido gera um atrito resultante entre as suas próprias camadas de deslizamento (perda de carga distribuída) e também por singularidades que podem aparecer em determinadas conexões da tubulação (perda de carga localizada).

Para realizar o cálculo das perdas de cargas no sistema, Palmieri (1997) ressalta a seguinte fórmula.

$$\Delta p = \frac{f \times L \times v^2 \times \gamma}{D \times 9266 \times 215915} \quad (4)$$

Em que:

f: fator de fricção (adimensional);

L: comprimento total da tubulação (cm);

v: velocidade de escoamento do fluido (cm/s);

γ : densidade do fluido (kg/m³);

D: diâmetro interno da tubulação (cm)

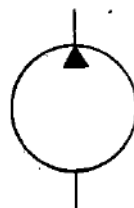
2.2.4 Bomba Hidráulica

De acordo com Palmieri (1997), conceitua-se por bomba hidráulica o mecanismo que tem a função de transformar energia mecânica em energia hidráulica, gerando vazão ao sistema. Também sendo responsável pelo o acionamento dos atuadores.

Nas máquinas hidrostáticas, chamadas de deslocamento positivo por conterem bombas ou motores hidráulicos, a energia é transferida principalmente na forma de energia de pressão. Sendo assim, o processo de conversão de energia não sofrerá uma considerável influência da velocidade do fluido, da massa específica ou da inércia do eixo de acionamento (LINSINGEN, 2003).

Uma bomba hidráulica, neste caso unidirecional, pode ser representada em um esquema hidráulico pela figura 6.

Figura 6. Bomba hidráulica unidirecional.



Fonte: Palmieri (1997).

Para o cálculo da bomba hidráulica a ser usada para fornecer a vazão para o sistema, deve-se utilizar as seguintes fórmulas.

$$N = \frac{Q \times p}{600 \times nges} \quad (5)$$

$$V = \frac{Q \times 1000}{n \times nvol} \quad (6)$$

Em que:

N: potência da bomba (kW);

Q: vazão requerida (l/min);

p: pressão requerida (bar);

nges: rendimento total (adimensional);

V: volume da bomba (cm³);

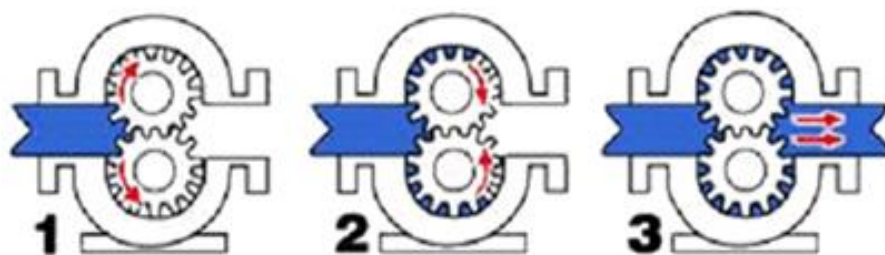
n: rotação do motor elétrico (RPM);

nvol: rendimento volumétrico (adimensional).

2.2.4.1 Bomba de Engrenagens

Este tipo de engrenagem é a mais usada nos sistemas industriais, em que possui duas engrenagens, uma motora e outra movida, montada dentro de uma carcaça. A engrenagem motora é acionada pelo eixo de saída que conseqüentemente movimenta a engrenagem movida no sentido oposto do seu movimento, conforme observado na figura 7.

Figura 7. Funcionamento de uma bomba de engrenagens.



As bombas de engrenamento externa são bombas de deslocamento fixo, assim quando acionadas a uma rotação constante, conseguem mandar para o sistema hidráulico sempre a mesma vazão de fluido. (MOREIRA, 2012).

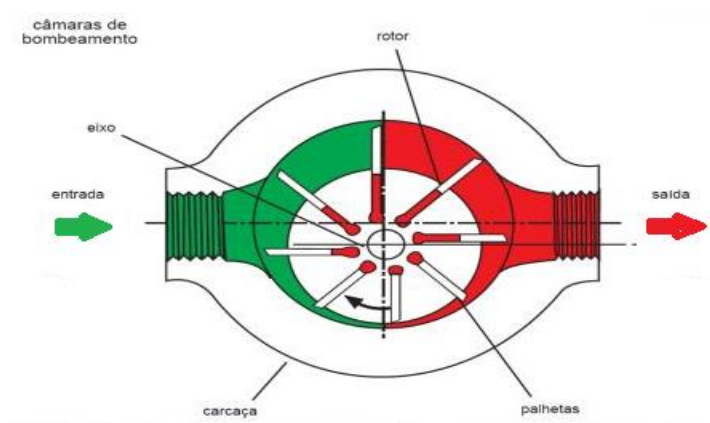
Palmieri (1997), salienta que este tipo de bomba normalmente é usado para pressões de até 210 bar e para vazões de até 660 l/min, então conclui-se que este tipo de bomba é melhor utilizada em sistemas que requerem altas pressões e baixas/médias vazões.

2.2.4.2 Bomba de Palhetas

As bombas de palhetas são constituídas basicamente de um rotor cilíndrico com ranhuras, onde as palhetas retangulares ficam alojadas e giram dentro de um anel circular. O conjunto é montado no interior da carcaça com um fechamento lateral por tampas. (LINSINGEN, 2003).

Palmieri (1997) descreve o seu funcionamento, visto na figura 8, como inteligível, em que as palhetas tendem a se afastar do centro do rotor devido a força centrífuga. Isto ocorre através do eixo em que é impressa uma alta rotação. Assim elas sempre mantêm contato direto com o anel, em que é excêntrico em relação ao eixo da bomba.

Figura 8. Funcionamento e uma bomba de palhetas,



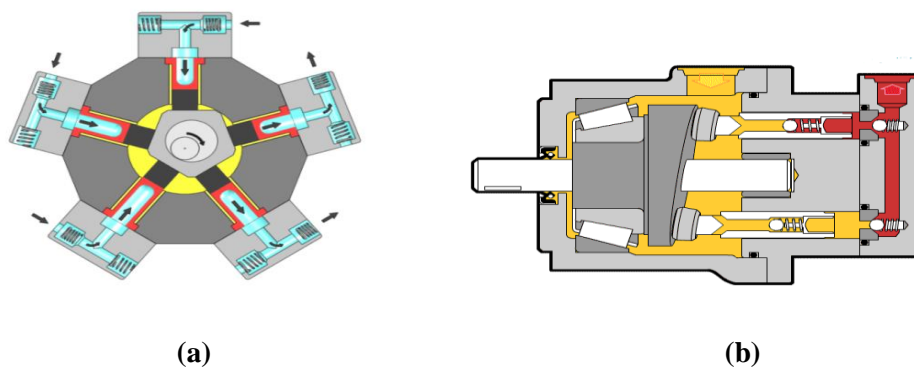
Fonte: Moreira (2012).

2.2.4.3 Bomba de Pistão

Segundo Moreira (2012), as bombas de pistões são constituídas por êmbolos, situados dentro da carcaça, que realizam movimentos alternativos, succionando o fluido hidráulico para um sentido e conseqüentemente “empurrando” no seu sentido contrário.

Os tipos de bomba de pistões de diferem quanto a posição do pistão dentro da carcaça, em que podem estar dispostos de forma radial ou axial em relação ao seu eixo de acionamento. Podemos evidenciar isto, de acordo com a figura 9.

Figura 9. (a) Bomba de pistão axial e (b) bomba de pistão radial.



Fonte: UFPR (2014).

2.2.5 Filtros

Para Fialho (2011), filtro é um dispositivo cuja principal função é reter em toda quantidade, qualquer tipo de contaminante insolúvel no fluido. Nos sistemas hidráulicos, o filtro mecânico é mais comumente utilizado, pois ele é diretamente responsável para a vida útil do sistema. Na figura 10, tem-se os principais componentes do filtro.

Figura 10. Elementos de um filtro.

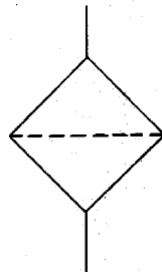


Fonte: Otto Sistemas Hidráulicos (2012).

Existem diferentes tipos de tamanhos de filtros, onde estes são classificados pelo tamanho dos poros que contém e sua unidade utilizada é o micro. O que influencia em seu tamanho é a vazão máxima utilizada pelo sistema, assim costuma-se escolher um filtro que permita uma vazão de três vezes a vazão da bomba.

O filtro pode estar localizado em três áreas distintas, cada um com uma característica e função diferente. Em um esquema hidráulico, o filtro é representado figura 11.

Figura 11. Representação de um filtro.



Fonte: Palmieri (1997).

2.2.5.1 Filtro na linha de sucção

De acordo com Fialho (2011), o filtro na linha de sucção assegura a filtragem do óleo antes que ele chegue a bomba, o componente que mais precisa de cuidado no sistema. Porém estabelece uma resistência hidráulica, causando uma perda de pressão no ponto mais delicado do circuito.

2.2.5.2 Filtro na linha de pressão

Já o filtro na linha de pressão é utilizado quando se deseja ter uma filtragem mais completa do fluido, a fim de prolongar a vida útil de algum componente do sistema que se tenha maior interesse, como os de alto custo de aquisição.

2.2.5.3 Filtro na linha de retorno

Logo o filtro na linha de retorno tem a função de filtrar todo o fluido que retorna ao tanque, mesmo que ele passe por todos os componentes ou não, e trazido consigo as impurezas presentes no sistema.

2.2.6 Motor Elétrico

O motor elétrico é um equipamento utilizado para transformar energia elétrica em energia mecânica, cujas vantagens são significativas em relação aos motores de combustão, como o de construção simples, baixo custo de manutenção e de grande versatilidade de adaptação aos mais variados tipos de carga (WEG, 2016).

De acordo com a construção do tipo do motor elétrico, podemos ter diferentes rotações por minuto. O motor de dois pólos fornece aproximadamente 3600 rpm, o de quatro pólos 1800 rpm e o de seis pólos 1200 rpm. Palmieri (1997) salienta que a velocidade do motor elétrico deve ser dimensionada a partir da velocidade mínima, ideal e máxima, recomendadas pelo fabricante da bomba hidráulica que será acionada.

O motor elétrico pode ser especificado em um esquema hidráulico pela figura 12.

Figura 12. Representação de um motor elétrico no esquema hidráulico.



Fonte: Palmieri (1997).

Para a escolha do motor elétrico, devemos calcular a mínima potência que este deverá fornecer para que a bomba hidráulica seja capaz de fornecer a vazão necessária ao sistema, que pode ser descrita pela fórmula:

$$N = \frac{Q \times p}{600 \times nges} \quad (7)$$

Em que:

N: potência da bomba (Cv);

Q: vazão requerida (l/min);

p: pressão (bar);

nges: rendimento total da bomba (adimensional).

2.2.7 Válvulas Hidráulicas

Segundo Omega (2016), válvula hidráulica é um componente que direciona o fluxo de fluido através do sistema hidráulico. A direção do fluxo de fluido é determinada pela posição de um carretel, em que o sistema hidráulico tem o seu funcionamento através de válvulas. As válvulas estão dispostas em diversos tamanhos, determinadas pela quantidade de fluxo máximo do sistema hidráulico que passa através da válvula e também a pressão máxima atingida.

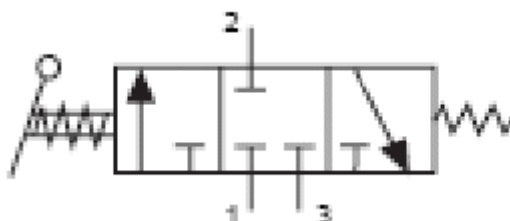
As válvulas hidráulicas são habitualmente chamadas de componentes hidráulicos, e estão divididos em três principais categorias: válvulas de controle direcional, válvulas de controle de pressão e válvulas de controle de fluxo.

2.2.7.1 Válvula de controle direcional

As válvulas de controle direcional, ou as também chamadas de válvulas de substituição, representadas na figura 13, podem controlar o início e a parada do sistema, bem como mudar a direção de fluxo da pressão existente. Esse tipo de válvula pode ter múltiplas vias que, com o movimento rápido de um só elemento, controla a direção ou sentido de um ou mais fluxos diversos de fluido que vão ter à válvula.

De acordo com Linsingen (2003), entende-se por número de vias, o número de tomadas de escoamento que uma válvula possui, ou os canais que ela pode percorrer no sistema, excluindo drenos e pilotos. Também tem as posições que uma válvula pode assumir que é o número de estados estáveis a qual promove ou interrompe a interligação entre as vias.

Figura 13. Simbologia de uma válvula direcional de três vias e três posições.



Fonte: Palmieri (1997).

O tipo de acionamento de uma válvula de controle direcional define a sua aplicação no circuito e o seu modo de ativação, estes acionamentos podem ocorrer de forma mecânica ou elétrica, por meio de componentes elétricos.

Segundo Perez (2014), os acionamentos de tipo mecânico são aqueles empregados em válvulas que detectam a posição de fim de curso dos cilindros, ferramentas, portas, etc. Pode ser do tipo rolete, gatilho, mola ou pino apalpador, conforme a sua representação no esquema hidráulico da figura 14.

Figura 14. Esquema hidráulico de acionamentos mecânicos.



Fonte: Perez (2014).

Já nos acionamentos elétricos, chamados de solenóide, são empregados em todos os tipos de válvulas, sendo a captação dos sinais por meio de sensores. Estes são de grande vantagem pela facilidade de comunicação no sistema. Podem ser do tipo direto, indireto ou combinado, conforme representação da figura 15.

Figura 15. Representação de acionamentos elétricos por solenóide.



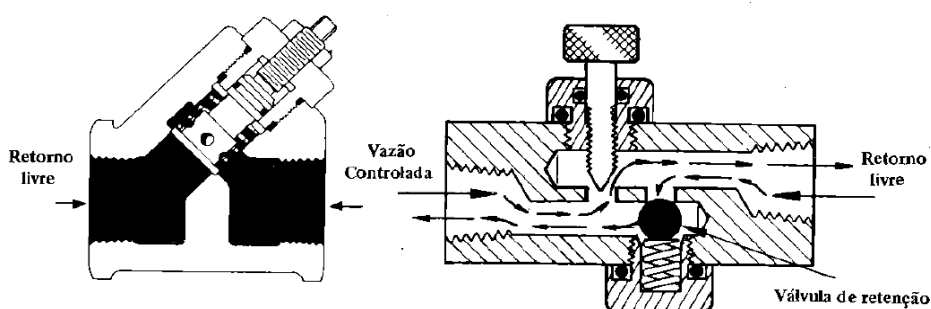
Fonte: Perez (2014).

2.2.7.2 Válvula Reguladora de Vazão

Tem-se necessário o uso das válvulas reguladoras de vazão para regular a velocidade do movimento de um atuador, de forma a preservar o componente e obter o seu melhor rendimento. Assim, esta válvula possui uma regulagem simples, limitando a quantidade de fluido que entra ou sai em um determinado tempo em um cilindro, como por exemplo.

Palmieri (1997) cita que a área do orifício em que o fluido escoar é o elemento que a válvula pode controlar. Isto significa que quanto maior for o orifício, maior será a quantidade de fluido que passará por unidade de tempo, conforme figura 16.

Figura 16. Exemplos do funcionamento de uma válvula reguladora de vazão.



Fonte: Palmieri (1997).

Em um diagrama, podemos representar uma válvula reguladora de vazão pela figura 17.

Figura 17. Válvula de controle de vazão variável.

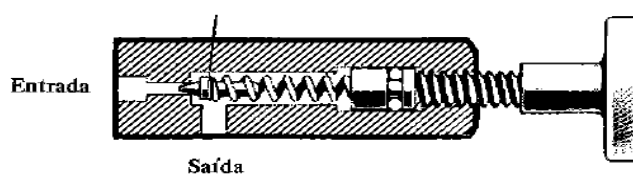


Fonte: Palmieri (1997)

2.2.7.3 Válvula Reguladora de Pressão

Para Palmieri (1997), as válvulas reguladoras de pressão, conforme a figura 18, têm por função limitar ou estabelecer a pressão do sistema hidráulico para a obtenção de um determinado uso do equipamento acionado, assim protegendo o sistema de possíveis danos aos componentes e até mesmo ao operador.

Figura 18. Válvula reguladora de pressão ou de segurança.

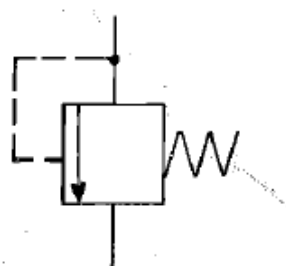


Fonte: Palmieri (1997).

Também chamadas de válvulas de segurança, as válvulas de controle de pressão podem ser diretamente ou remotamente operadas. Para fluxos maiores, há a necessidade de carretéis ou gatilhos maiores, conseqüentemente a área de diâmetro da mola também. Já as remotas necessitam apenas de uma mola pequena, adequada para espaços compactados e com um fluxo de pressão mínimo de 650 l/min. (OMEGA, 2016).

Em um diagrama, podemos representar uma válvula reguladora de pressão pela figura 19.

Figura 19. Válvula controladora de pressão.



Fonte: Palmieri (1997).

Os tipos mais comuns de válvulas de controle de pressão são as de alívio e redução. As de redução de pressão diminuem a pressão a mais suprindo um subsistema hidráulico. Já as de alívio controlam a pressão do sistema abrangendo parte do tanque ou todo ele

2.2.8 Atuadores

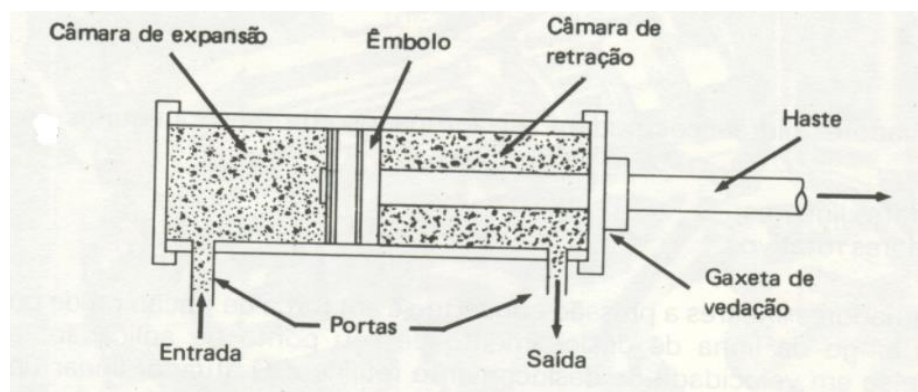
Moreira (2012) explica que um atuador aparece na saída do sistema hidráulico, convertendo a energia hidráulica recebida pelo sistema em energia mecânica, ou seja, em trabalho.

O autor ainda destaca que os atuadores se dividem em lineares, provocando movimentos em linha de ida e volta, também chamados de cilindros, e em rotativos e giratórios, provocando movimentos circulares, também chamados de motores hidráulicos.

2.2.8.1 Cilindros hidráulicos

Os cilindros hidráulicos, para Moreira (2012), geralmente possuem uma carcaça tubular, também chamada de camisa, duas conexões para permitir a entrada e a saída do óleo, um êmbolo com anéis que tem a função de deixá-lo vedado e uma haste cilíndrica na qual o conjunto a ser movimentado é fixado, conforme figura 20.

Figura 20. Vista interna de um cilindro hidráulico.

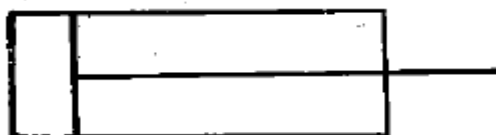


Fonte: Moreira (2012).

O funcionamento do cilindro se dá quando o óleo entra pela camisa e pressiona o êmbolo, empurrando-o, fazendo com que a sua haste se estenda. O óleo que o êmbolo empurra retorna de volta ao tanque, assim repetindo o seu ciclo pelo sistema.

Um cilindro em um esquema hidráulico tem a função de transformar a energia hidráulica em mecânica, assim podendo ser representado pela figura 21.

Figura 21. Representação de um cilindro hidráulico.



Fonte: Palmieri (1997).

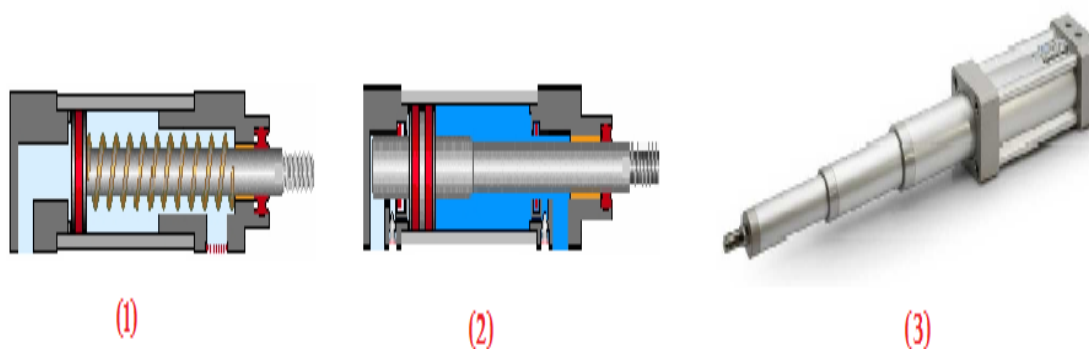
Existem diversos tipos de cilindros hidráulicos, aqueles utilizados para os experimentos na bancada são do tipo ação simples, ação dupla e os telescópicos.

Para Moreira (2012), os cilindros de simples ação são movimentados pela ação do óleo em um sentido, o movimento contrário é realizado por uma força mecânica, como é o caso de uma mola, ou pela força da gravidade, como no caso de cilindros verticais, onde o próprio peso de êmbolo faz o óleo retornar. Já nos cilindros de dupla ação, existem duas entradas, uma em cada extremidade, onde o óleo realiza o movimento, tanto de avanço quanto o de retorno, hidráulicamente.

Os cilindros telescópicos possuem várias hastes montadas uma dentro da outra, o que ocasiona em um curso de trabalho maior, quantas vezes forem as suas hastes existentes, do

que a dos cilindros convencionais. Na figura 22, segue um comparativo entre os tipos de cilindros citados anteriormente.

Figura 22. Cilindros de simples ação (1), dupla ação (2) e telescópico (3), respectivamente.



Fonte: USP (2016).

Para a construção da bancada hidráulica, será calculado apenas o tempo de curso que o pistão leva quando acionada, pois não tem-se a necessidade de o cilindro fazer algum tipo de esforço. Este tempo pode ser calculado pela seguinte fórmula.

$$t = \frac{A \times h \times 6}{1000 \times Q} \quad (8)$$

Em que:

t: tempo curso do pistão (segundos);

A: área do cilindro (cm²);

h: curso da haste (mm);

Q: vazão da bomba (l/min).

2.2.8.2 Motores hidráulicos

Os motores hidráulicos convertem energia hidráulica em energia mecânica, produzindo movimentos de rotação contínuos e circulares limitados. Moreira (2012) explica que as características de construção de um motor hidráulico são semelhantes a de uma bomba, o que diferencia neste caso, é que o funcionamento de um motor é o inverso de uma bomba. Na figura 23, tem-se a representação de um motor hidráulico.

Figura 23. Vista de um motor hidráulico.

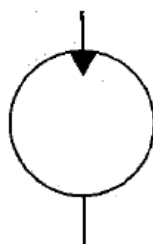


Fonte: Indústria Hoje (2013).

Na bomba hidráulica, ao girar o eixo da bomba, o óleo é transportado do pórtico de sua entrada para a saída, dando vazão ao sistema. Já no motor hidráulico, ao injetar o óleo na entrada do pórtico, o fluido faz acionar o conjunto rotativo, girando o seu eixo em determinado sentido.

Moreira (2012) ainda salienta que na escolha do motor hidráulico, deve-se conhecer o torque necessário e a velocidade de rotação demandada pela máquina ou equipamento. O motor hidráulico pode ser representado em um diagrama hidráulico pela figura 24.

Figura 24. Representação de um motor hidráulico.



Fonte: Palmieri (1997).

Na escolha de um motor hidráulico para atuar no sistema, será utilizadas as seguintes fórmulas para o seu dimensionamento.

$$Vm = \frac{Q \times 100 \times nvol}{n} \quad (9)$$

$$Pm = \frac{\Delta p \times Q \times nges}{600} \quad (10)$$

Em que:

V_m : volume (cm^3);

Q : vazão da bomba (l/min);

n_{vol} : rendimento volumétrico (adimensional);

n : rotação do motor (rpm);

P_m : Potência do motor (kW);

Δp : pressão (bar);

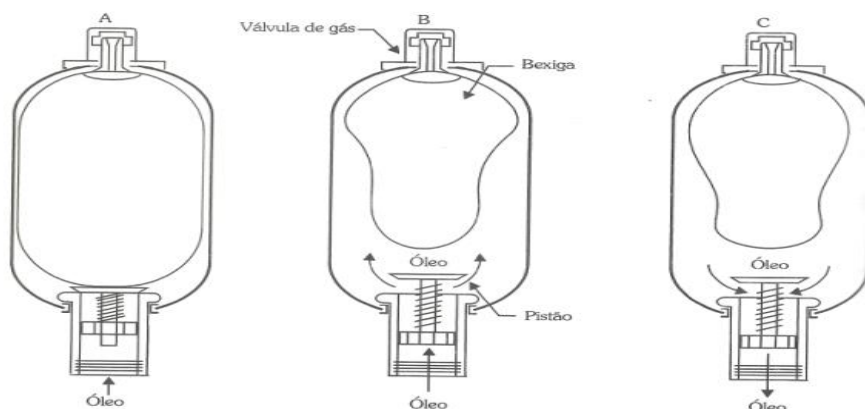
η_{ges} : rendimento total da bomba (adimensional).

2.2.9 Acumuladores

Os acumuladores são componentes mecânicos que armazenam energia hidráulica para utilizar em eventuais quedas de pressões do sistema. Também pode ser utilizado para absorver excedentes de energia provocados por condições operacionais dinâmicas, como por exemplo, picos de pressões causados pela interrupção brusca do escoamento do fluido (LINSINGEN, 2003).

O seu princípio é de acumulação de fluido, mantido sob a pressão gerada entre as forças de pressão interna e externa, que fica armazenado para uma eventual redução do escoamento, disponibilizando uma ajuda a mais para a reabsorção do sistema hidráulico, conforme figura 25.

Figura 25. Operação do acumulador a gás do tipo bexiga.



Fonte: Fialho (2011).

2.2.10 Instrumentos de Medição e Controle

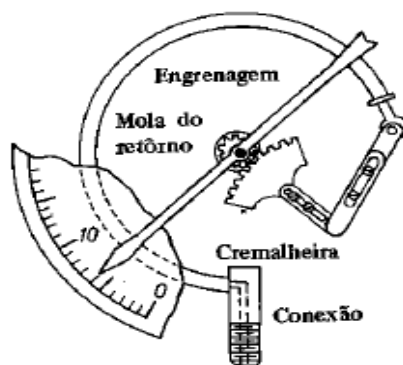
Para o controle e averiguação do sistema, devemos utilizar instrumentos para que seja possível fazer a correta leitura do sistema. Na bancada, será utilizado um manômetro, um termostato e um fluxômetro, cujas características serão descritas no desenvolvimento deste trabalho.

2.2.10.1 Pressostato (Manômetro)

Segundo Moreira (2012), os manômetros são instrumentos para medir a pressão no sistema, exercendo auxílio na regulagem das válvulas controladoras de pressão e também na determinação das forças desenvolvidas pelos atuadores hidráulicos no sistema, para que se tenha o controle para não colocar em risco a segurança dos componentes e do operador.

O tipo mais comum de manômetro é o tipo Bourdon, em que o manômetro é montado dentro de uma carcaça, geralmente no formato circular, acoplado ao sistema hidráulico em uma extremidade e na outra a um conjunto de engrenagens acoplado sobre um mostrador para fazer a sua leitura, conforme a figura 26.

Figura 26. Mecanismo de funcionamento de um manômetro Bourdon.



Fonte: Palmieri (1997).

2.2.10.2 Termostato

Os termômetros, segundo Moreira (2012), são instrumentos utilizados para medir a temperatura do óleo nos sistemas hidráulicos. O seu funcionamento se dá a partir da dilatação térmica de um material, alterando a posição do ponteiro diante de um mostrador, variando assim, de acordo com a temperatura do óleo.

Figura 27. Termômetro bimetálico analógico.



Fonte: Moreira (2012).

Os termômetros utilizados para compor a bancada serão do tipo analógico, demonstrado na Figura 27.

2.2.10.3 Rotâmetro

Os rotômetros são instrumentos utilizados para medir a vazão do óleo no sistema hidráulico. Também são úteis para verificar a eficiência da bomba hidráulica e na detecção de vazamentos internos.

Sobre o seu funcionamento, conforme Figura 28, o óleo flui no interior do rotâmetro, forçando o anel indicador se movimentar para a esquerda, contra a força de uma mola. Assim, quanto maior for a vazão, mais comprimida a mola vai ficar, indicando a quantidade de óleo por minuto que passa pelo instrumento.

Figura 28. Componentes de um rotâmetro.



Fonte: Moreira (2012).

2.3 NÚMERO DE REYNOLDS

De acordo com Fialho (2011), o número de Reynolds representa a proporcionalidade entre as forças de inércia e a viscosidade de um fluido escoando por dutos lineares de seção geométrica constante, assim como o perfil de velocidades que eles provocavam. Estes podem ser de três tipos: laminar, turbulento e indeterminado, conforme demonstrado no quadro 1.

Quadro 1. Limite de escoamento Reynolds.

Limites de Escoamento	
Escoamento Laminar	$Re \leq 2000$
Escoamento Indeterminado	$2000 < Re < 2300$
Escoamento turbulento	$Re \geq 2300$

Fonte: Adaptado, Fialho (2011)

Para determinar o número de Reynolds, Fialho (2011) descreve a seguinte fórmula para a sua aplicação.

$$Re = \frac{V \times d}{\nu} \quad (11)$$

Em que:

Re: número de Reynolds (adimensional);

V: velocidade do fluido (cm/s);

d: diâmetro interno da tubulação (cm);

ν : viscosidade do fluido (Stokes).

Em um sistema hidráulico é sempre recomendado um comportamento laminar, pois quando se tem um escoamento turbulento, a perda de carga no sistema será maior, gerando aquecimento nas tubulações, devido ao elevado atrito do fluido com as paredes internas.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho teve desenvolvimento a partir de uma pesquisa exploratória, que segundo Jung (2004), tem-se a obtenção de alternativas para o uso do conhecimento científico e inovações tecnológicas. A busca das informações necessárias para elaboração do trabalho se deu através de uma pesquisa em referenciais bibliográficos, onde buscou-se conhecer as diversas formas de contribuições existentes sobre o assunto através da comparação em bancadas semelhantes, a fim de se levantar um conceito para o projeto proposto pelo trabalho.

A bancada proposta tem seus métodos adotados conforme os objetivos e conceitos apresentados. Para a construção da bancada didática de hidráulica, buscou-se informações de outras bancadas já existentes. Isto se deve pelo maior domínio do assunto e também pelo fato de algumas destas bancadas didáticas serem referência no mercado.

Procurou-se, em primeira vista, observar as bancadas presentes para ter-se algumas medidas como padrão para a projeção da bancada proposta, analisando se as mesmas poderiam ter algum componente substituído ou reduzido o seu potencial, visto que a proposta deste projeto é ter o seu custo reduzido em relação às outras, proporcionando ao acadêmico o entendimento do funcionamento da hidráulica.

Para início do dimensionamento da bancada foi feito o levantamento das características que esta deveria ter, como a vazão do sistema para que seja possível a realização dos experimentos, a pressão de trabalho de cada componente e a estrutura da bancada, para que esta seja acessível e de fácil movimentação. Como foi pensado na redução de custos, irá se utilizar um painel metálico já existente na faculdade.

Logo após, inicio-se o processo de dimensionamento dos componentes a serem utilizados através dos cálculos de tipo dimensionais e estruturais e também foi feita a seleção dos elementos que poderiam ser reaproveitados no uso da bancada proposta.

Por fim, selecionou os elementos que deveriam ser adquiridos pela Faculdade Horizontina através dos catálogos comerciais, conforme os cálculos realizados, e então apresentou-se os componentes necessários para que a bancada possa realizar os testes hidráulicos.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para o início do dimensionamento da bancada didática de hidráulica, definiu-se como medidas de referência a vazão e a pressão do sistema, cujos valores são 6 l/min e 6000 Pa. Estes valores são suficientes para fazer a movimentação dos componentes do sistema, visto que o objetivo da bancada não é velocidade do acionamento dos componentes, e sim, a sua funcionabilidade.

4.1 MEMORIAL DE CÁLCULO

Com o intuito de fazer o dimensionamento de uma bancada didática, levou-se em consideração o sistema de acionamento e os componentes que eram necessários para a sua formação. Os quais apresentam os seus cálculos e o seu modelo selecionado no desenvolvimento dos resultados.

4.1.1 Dimensionamento do motor elétrico

Depois de ter-se definido que o sistema irá atuar a 6 Kpa, com uma vazão de 6 l/min, utilizou-se a equação (7) para achar a potência que o motor elétrico deve fornecer para a bomba hidráulica.

$$N = \frac{Q \times P}{600 \times \eta_{ges}}$$

$$N = \frac{6 \times 60}{600 \times 0,81}$$

$$N = 0,7407 \text{ kW} = 1,0078 \text{ Cv}$$

Transformando QuiloWatts (kW) em Cavalo-vapor (Cv), o qual é usado comercialmente para motores elétricos, fez-se a escolha do motor elétrico da WEG, conforme Figura 29.

Figura 29. Especificações do motor elétrico.

Características	
•	Caixa: D56
•	Potência: 1 HP
•	Frequência: 60 Hz
•	Polos: 4
•	Rotação nominal: 1740
•	Escorregamento: 3,33 %
•	Tensão nominal: 220/380 V
•	Corrente nominal: 3,26/1,89 A
•	Corrente de partida: 23,1/13,4 A
•	Ip / In: 7,1
•	Corrente a vazio: 2,30/1,33 A
•	Conjugado nominal: 4,12 Nm
•	Conjugado de partida: 220 %
•	Conjugado máximo: 250 %
•	Categoria: A
•	Classe de isolamento: B
•	Elevação de Temperatura: 80 K
•	Tempo de Rotor Bloqueado: 9 s (quente)
•	Fator de serviço: 1,15
•	Regime de serviço: S1
•	Temperatura Ambiente: -20°C – +40°C
•	Altitude: 1000 m
•	Proteção: IP21
•	Massa aproximada: 12 kg
•	Momento de inércia: 0,00382 kgm ²
•	Nível de ruído: ---



Fonte: WEG (2017).

4.1.2 Dimensionamento da bomba hidráulica

No dimensionamento da bomba hidráulica, será selecionada uma bomba hidráulica do tipo de engrenagem externa, visto que esta apresenta baixa manutenção e se mostra eficiente. Para fazer a sua seleção foi utilizada a equação (6).

$$V = \frac{Q \times 1000}{n \times nvol}$$

$$V = \frac{6 \times 1000}{1740 \times 0,9}$$

$$V = 3,8314 \text{ cm}^3/\text{rot}$$

Com este valor encontrado, procurou-se uma bomba hidráulica do tipo de engrenagens e a mais próxima das comerciais foi a da Parker Hidraulic, cujo modelo é representado pela figura 30 e sua especificação é: D11A2A150.

Figura 30. Bomba hidráulica selecionada.

Vazões em Litros por Minuto - l/min
Dados baseados em um óleo com viscosidade de 100 SSU, a 49°C (120°F).

Série da Bomba	Deslocamento (cm ³ /rot)	rpm	6.9 bar	69 bar	103 bar
D11	4.29	1200	5.00	4.51	4.24
		1800	7.54	7.05	6.78
		3600	15.05	14.63	14.44



Fonte: Parker (1999).

4.1.3 Dimensionamento do motor hidráulico

No dimensionamento do motor hidráulico para compor o sistema, levou-se em consideração o seu volume de absorção e também que a rotação de saída do motor desejada é de 650 rpm, visto que este terá apenas um aspecto demonstrativo do seu funcionamento, o qual foi calculado pela seguinte equação (9).

$$V = \frac{Q \times 1000 \times nvol}{n}$$

$$V = \frac{6 \times 1000 \times 0,9}{650}$$

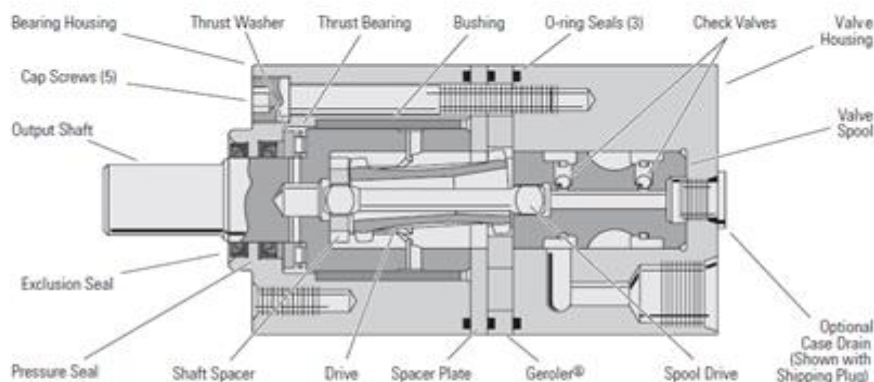
$$V = 8,3 \text{ cm}^3/rev$$

Depois de calculados o valor do volume de absorção, buscou-se no catálogo da Eaton, o motor que melhor satisfaz essas condições, representado pela figura 31, que foi o seguinte modelo selecionado: M0J05B08C0001A0B.

Figura 31. Escolha do motor hidráulico.

J Series (129-)

Specifications



SPECIFICATION DATA – J MOTORS

Displ. cm ³ /r [in ³ /r]		8,2 [50]	12,9 [79]	19,8 [1.21]	31,6 [1.93]	50,0 [3.00]
Max. Speed (RPM) @ Continuous Flow		1992	1575	1043	650	393
Flow l/min [GPM]	Continuous	17 [4.5]	21 [5.5]	21 [5.5]	21 [5.5]	21 [5.5]
	Intermittent	21 [5.5]	25 [6.5]	25 [6.5]	25 [6.5]	25 [6.5]
Torque Nm [lb-in]	Continuous	16 [141]	25 [225]	38 [333]	50 [446]	62 [549]
	Intermittent	19 [164]	30 [263]	46 [405]	62 [546]	84 [743]
	Peak	22 [193]	36 [321]	48 [425]	83 [733]	86 [765]
Pressure	Continuous	140 [2030]	140 [2030]	140 [2030]	121 [1750]	97 [1400]
Δ bar [Δ PSI]	Intermittent	165 [2400]	165 [2400]	165 [2400]	150 [2175]	140 [2030]
	Peak	220 [3190]	220 [3190]	220 [3190]	190 [2756]	150 [2175]
Weight kg [lbs]		2 [4.4]	2,1 [4.6]	2,2 [4.8]	2,3 [5.0]	2,4 [5.4]

Fonte: Eaton (2016).

4.1.4 Dimensionamento do cilindro hidráulico

Para o dimensionamento do cilindro, não levou-se em consideração a força que ele deverá executar, pois se trata de uma bancada didática e o seu intuito é apenas o entendimento do sistema hidráulico, assim será calculado apenas o tempo de curso da haste do cilindro, para que este fique em um valor adequado para a percepção do seu funcionamento na prática.

Deste modo, se optou por escolher um cilindro com 40 mm de diâmetro e 200 mm de curso da haste. Então, para calcular o seu tempo de curso, utilizou-se a seguinte equação (8).

$$t = \frac{A \times h \times 6}{1000 \times Q}$$
$$t = \frac{(3,14 \times 2^2) \times 200 \times 6}{1000 \times 6}$$
$$t = 2,512 \text{ s}$$

Assim os cilindros selecionados serão os que já existem na faculdade, conforme figura 32, e terá com a vazão máxima gerada pela bomba, o tempo de aproximadamente dois segundos e meio para que sua haste se estenda por completa quando o cilindro for acionado.

Figura 32. Cilindros hidráulicos disponíveis na Faculdade Horizontina (FAHOR).



Fonte: Autor (2017).

4.1.5 Dimensionamento do reservatório de óleo

Na questão do dimensionamento do reservatório, se deve tomar cuidado para não exceder a quantidade de óleo para o bom funcionamento do sistema. Para isto pode-se usar uma regra bem simples, conforme a equação (1):

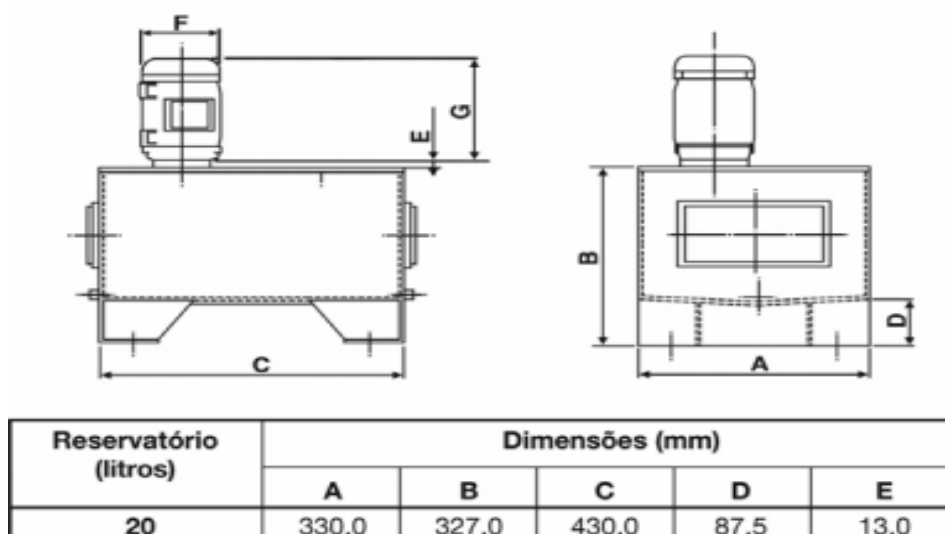
$$Vol\ Reserv = 3 \times Qb$$

$$Vol\ Reserv = 3 \times 6$$

$$Vol\ Reserv = 18\ l$$

Para arredondar este valor e inserir uma margem de segurança adicional, iremos adotar 20 litros como sendo o volume do reservatório. Assim podendo ser selecionado o reservatório da figura 33.

Figura 33. Reservatório de óleo selecionado.



Fonte: Parker (2001).

4.1.6 Dimensionamento das mangueiras hidráulicas

Para o início do dimensionamento das mangueiras flexíveis hidráulicas, determinaram-se os diâmetros internos que as mangueiras devem ter em cada linha de pressão e assim escolhendo o seu diâmetro comercial, usando as equações (2) e (3).

Na linha de pressão adotou-se como sendo a velocidade do fluxo, $v_p=400\text{cm/s}$, conforme a Tabela 1.

$$Ap = \frac{Q}{v} = \frac{6 \times 1000}{400 \times 60} = 0,25 \text{ cm}^2$$

$$Dp = \sqrt{\frac{4 \times Ap}{3,1415}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,25}{3,1415}} = 0,564 \text{ cm}$$

Consultaram-se os catálogos e selecionou-se o duto comercial superior mais próximo, o qual é $Dp=6,35 \text{ mm}$.

Na linha de sucção, adotou-se como sendo a velocidade de fluxo $v_p=100 \text{ cm/s}$, conforme a Tabela 1.

$$Ap = \frac{Q}{v} = \frac{6 \times 1000}{100 \times 60} = 1 \text{ cm}^2$$

$$Dp = \sqrt{\frac{4 \times Ap}{3,1415}} = \sqrt{\frac{4 \times 1}{3,1415}} = 1,128 \text{ cm}$$

Selecionou-se o duto comercial superior mais próximo de acordo com os catálogos, o qual é $Dp=12,7 \text{ mm}$.

Já na linha de retorno, adotou-se como sendo a velocidade de fluxo $v_p=250 \text{ cm/s}$, conforme a Tabela 1.

$$Ap = \frac{Q}{v} = \frac{6 \times 1000}{250 \times 60} = 0,5 \text{ cm}^2$$

$$Dp = \sqrt{\frac{4 \times Ap}{3,1415}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,5}{3,1415}} = 0,714 \text{ cm}$$

Selecionou-se o duto comercial superior mais próximo, o qual é $Dp=9,525 \text{ mm}$.

Depois de descoberto os tubos comerciais em cada linha do sistema, devemos calcular o tipo de escoamento no interior dos tubos, conforme a equação (11), visto que o escoamento mais adequado é o laminar.

$$R_{\text{pressão}} = \frac{v \times Dp}{\nu} = \frac{400 \times 0,635}{0,59} = 431 \quad \text{Laminar}$$

$$R_{\text{sucção}} = \frac{v \times Dp}{\nu} = \frac{100 \times 1,270}{0,59} = 215 \quad \text{Laminar}$$

$$R_{\text{retorno}} = \frac{v \times Dp}{\nu} = \frac{250 \times 0,953}{0,59} = 323 \quad \text{Laminar}$$

Conforme a Tabela 1, em todas as linhas do sistema o escoamento será laminar, assim satisfazendo a condição do sistema.

Conforme os diâmetros comerciais encontrados nas tabelas, definiu-se as seguintes mangueiras hidráulicas que satisfazem as condições necessárias para a operação do sistema, conforme figura 34.

Figura 34. Seleção do tipo de mangueira hidráulica utilizada.

#	Diâmetro Interno da Mangueira		Diâmetro Externo da Mangueira		Pressão Máxima de Trabalho	
	pol.	mm	pol.	mm	psi	MPa
421SN-4	1/4	6,3	0,53	13	3250	22,7
421SN-6	3/8	9,5	0,68	17	2600	18,0
421SN-8	1/2	12,7	0,81	21	2325	16,0



Fonte: Parker (2005)

Também serão selecionadas como acessórios de encaixe, as conexões de engate rápido, conforme a figura 35.

Figura 35. Seleção de conexão de engate rápido

Tabela de Vazão Nominal e Pressão Máxima de Trabalho

Corpo do Engate	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1
Vazão Nominal (gpm)	0,8	3	6	12	28	60
Pressão Máxima Trabalho (psi)	5.000	5.000	4.000	4.000	2.500	2.000



Fonte: Parker (2005).

As conexões de engate rápido são práticas e seguras, permitindo a montagem do sistema hidráulico de forma rápida e com segurança.

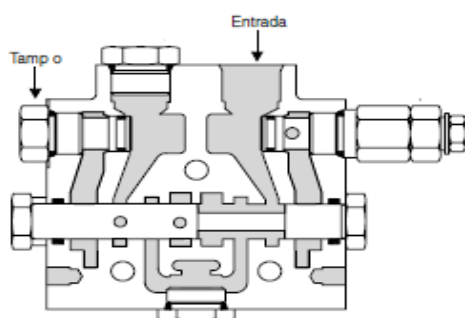
4.1.7 Seleção das válvulas hidráulicas

4.1.7.1 Válvulas direcionais

Para que seja possível fazer diversos tipos de acionamentos no sistema hidráulico da bancada, foram escolhidos vários tipos de válvulas direcionais, conforme as relacionadas a seguir.

Foram selecionados dois tipos de válvula de corpo de admissão intermediário, cujos modelos são ML15P-1UFB e ML15C-1TB, representados na figura 36.

Figura 36. Válvula de corpo de admissão intermediário.



Fonte: Parker (2001).

Uma válvula de corpo central baixo, cujo modelo é ML15W-1JS, representado pela Figura 37.

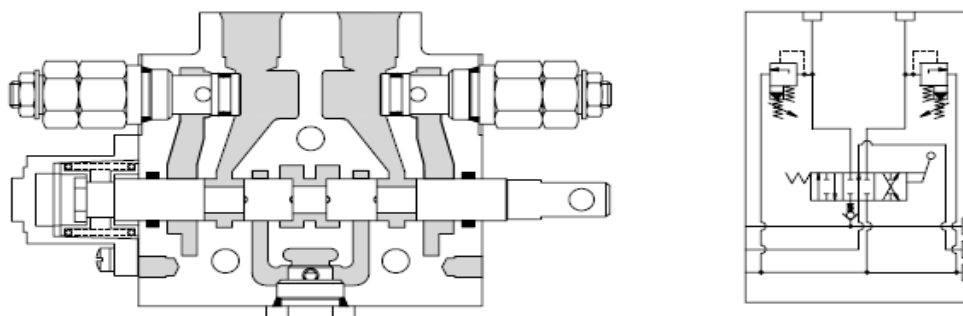
Figura 37. Válvula de corpo central baixo.



Fonte: Parker (2001).

Uma válvula de corpo central para válvula de alívio, de modelo ML15W-1AR, representado pela Figura 38.

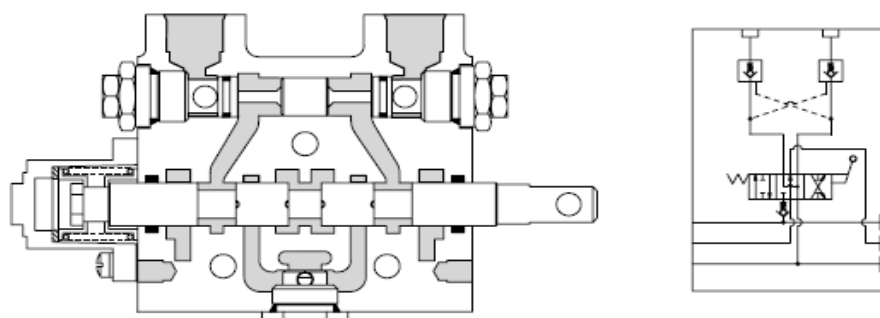
Figura 38. Válvula selecionada de corpo central.



Fonte: Parker (2001).

Uma válvula de corpo central para válvula de retenção pilotada de modelo ML15W-1FBC-JLEE, representada pela Figura 39.

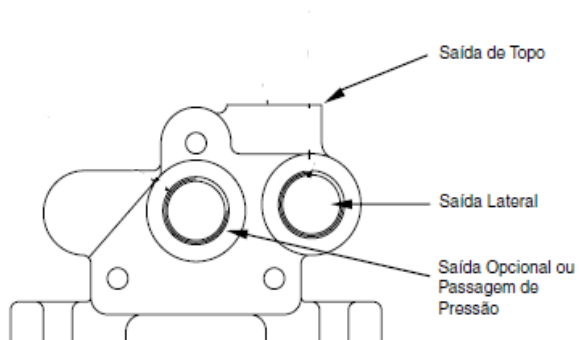
Figura 39. Válvula selecionada



Fonte: Parker (2001).

Uma válvula de corpo de descarga de modelo ML15E-1UN, representada pela Figura 40.

Figura 40. Válvula de corpo de descarga selecionada.



Fonte: Parker (2001).

Também serão selecionados os acessórios que devem constar junto com as válvulas, mostrados no Quadro 2.

Quadro 2. Acessórios de vedação para as válvulas.

Kits de Vedação		
Nº Parte	Descrição	Composição
0785192/00-0	Kit de Vedação entre Seções	Anéis Vedação entre Corpos
0785167/00-5	Kit de Vedação Corpo Central	Anéis Vedação entre Corpos, Vedação da Haste e Retenção de Carga
0785504/00-1	Kit de Vedação Corpo Central Elétrico	Anéis Vedação entre Corpos, Vedação das Tampas Piloto e Retenção de Carga
0785139/00-1	Kit de Vedação Válvula Alívio Pilotada	Todos os Anéis de Vedação
0785166/00-9	Kit de Vedação Válvula Alívio Direta	Todos os Anéis de Vedação
0785285/00-8	Kit de Vedação Válvula Alívio e Anticavitação	Todos os Anéis de Vedação
0785286/00-4	Kit de Vedação Válvula Anticavitação	Todos os Anéis de Vedação
0785284/00-1	Kit de Vedação Tampão para Válvula Alívio	Todos os Anéis de Vedação
0785165/00-2	Kit de Vedação Válvula Retenção Pilotada	Todos os Anéis de Vedação
0785332/00-6	Kit de Vedação Válvula Contrapressão	Todos os Anéis de Vedação
0785505/00-8	Kit de Vedação Válvula Solenóide	Todos os Anéis de Vedação
0785168/00-1	Kit de Vedação Nípel Passagem de Pressão	Todos os Anéis de Vedação

Fonte: Parker (2001).


Estes kits selecionados serão responsáveis por fazer a vedação das válvulas selecionadas, a fim de garantir o bom funcionamento das mesmas.

4.1.7.2 Válvula reguladora de pressão

Para a bancada, selecionou-se a válvula reguladora de pressão, conforme Figura 41, segundo os parâmetros definidos para o sistema.

Figura 41. Seleção da válvula reguladora de pressão.

Forma de montagem	Faixa ajustável de pressão	Pressão máxima	Modelo	Saídas de óleo	Vazão máxima de óleo	
	bar	bar		BSP	l/min	kg
Série VP	30 - 300	350	PRV-1	G1/4"	7	1,6





Fonte: Enerpac (2008).

4.1.7.3 Válvula reguladora de vazão

Para a bancada, selecionou-se a válvula reguladora de vazão, conforme Figura 42, segundo os parâmetros definidos para o sistema.

Figura 42. Válvula reguladora de vazão selecionada.

Solenóide voltagem @ corrente	Modelo	Esquema hidráulico	Faixa de pressão	Faixa morta	Vazão máxima de óleo
a 50/60 Hz			bar	bar	l/min
▼ Válvula de controle de fluxo					
Válvula de agulha	VFC-3		0-350	-	7



Fonte: Enerpac (2008).

4.1.8 Seleção dos Filtros de Óleo

Para a escolha do filtro no sistema hidráulico, optou-se pelo tipo Spin-on, conforme figura 43.

Figura 43. Filtro selecionado para o sistema hidráulico

Filtros Spin-On

Série 12AT/50AT

Instalação e Especificação Modelo 12AT

Valores de Pressão:

Máxima Pressão de Operação:
150 psi (10.3 bar)

Fator de Segurança do Projeto: 2,5:1

Temperaturas de Operação:
-40°C a 107°C (-40°F a 225°F)

Valor de Colapso do Elemento:
100 psid (mínimo)

Indicadores de Restrição do
Elemento:
Medidor: Codificação de cores 25 psi

Pressostato: Normalmente aberto
20 +/- 2psi
5 Amps @ 24 VDC

Material do Filtro:
Cabeçote: Alumínio e ferro fundido
Corpo Elemento: Chapa de aço

Peso (aproximado):
0,8 kg

Localizações Opcionais da Porta
do Indicador:
LI = Lado esquerdo da entrada



Fonte: Parker (2002).

Visto que o filtro selecionado irá atuar na linha de retorno do sistema hidráulico e que este possui uma válvula de segurança, assim, caso o filtro sofra um problema, ele libera a passagem do óleo por outra via para não danificar o sistema e comprometer a segurança do operador.

4.1.9 Seleção do Fluido Hidráulico

Como a bancada didática de hidráulica não irá operar frequentemente, optaremos em utilizar um óleo de origem mineral, devido esse ser mais acessível e ter um bom rendimento. Neste caso, será utilizado um óleo SAE 30 da marca Eurol, com suas especificações relatadas na figura 44.

Figura 44. Características do óleo mineral utilizado,



Density at 20°C	0.8793 kg/l
Viscosity, kinematic at 100°C	12.1 cSt
Viscosity, kinematic at 40°C	106.9 cSt
Viscosity Index	99
Flash point	221 °C
Pour point	-27 °C

Fonte: Eurol Lubrificants.

4.2 Componentes Bancada Didática

Além dos equipamentos dimensionados e selecionados anteriormente, a bancada didática de hidráulica será composta pelos seguintes componentes:

Painel: estrutura e painel de aço já fornecido pela FAHOR, onde será reaproveitado material. Segue imagem ilustrativa de como será este painel.

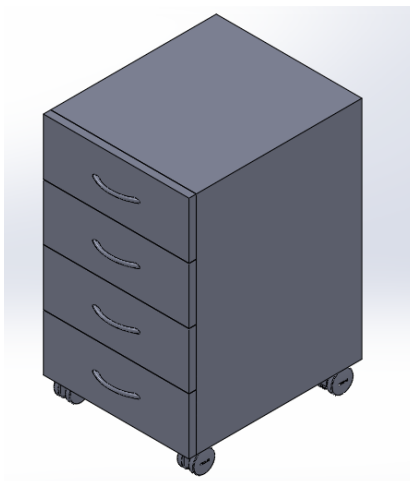
Figura 45. Painel de aço.



Fonte: SOLIDWORKS (2014)

Gaveteiro: será adquirido um gaveteiro com 4 portas, conforme imagem ilustrativa, para o armazenamento dos componentes e acessórios da bancada didática.

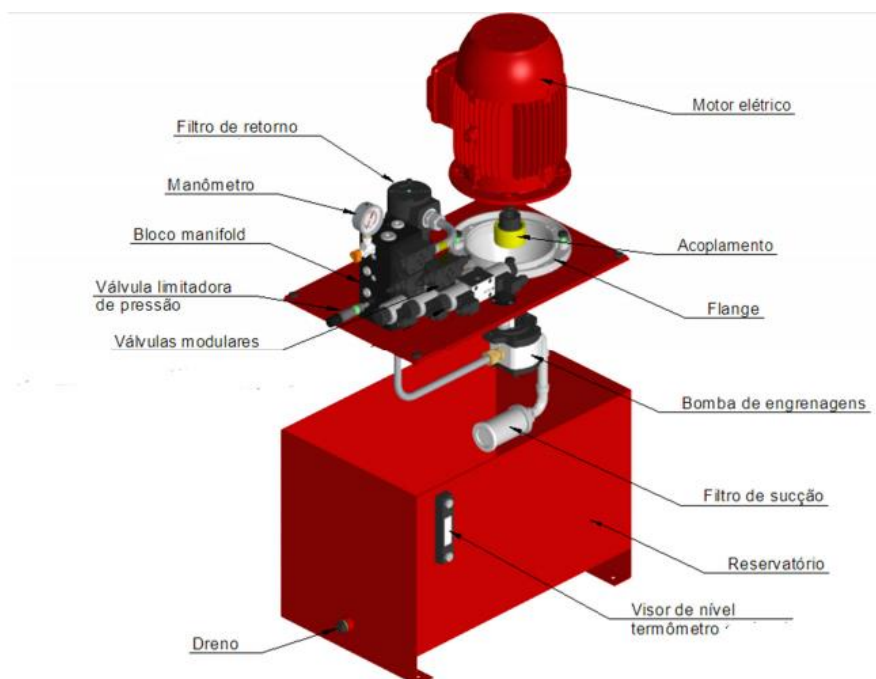
Figura 46. Gaveteiro para armazenagem de componentes.



Fonte: SOLIDWORKS (2014).

E também pelo sistema de acionamento hidráulico, conforme imagem ilustrativa a seguir, especificando cada componente que deverá ter.

Figura 47. Sistema de acionamento hidráulico.

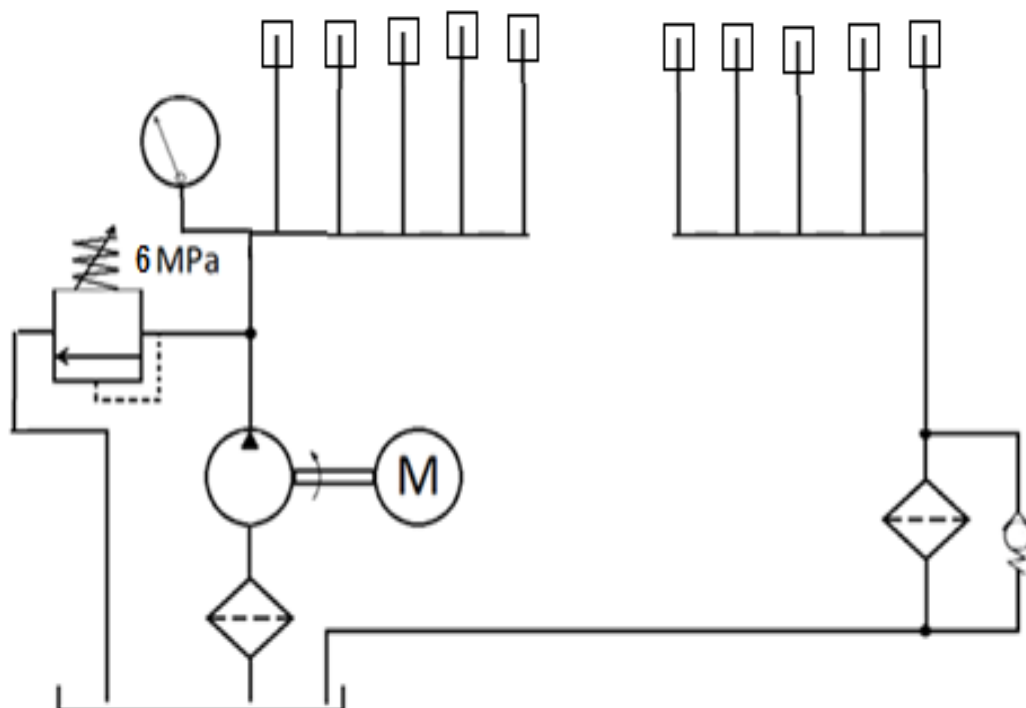


Fonte: SOLIDWORKS (2014)

4.3 Esquema Hidráulico

Para a bancada didática, pode-se montar diferentes tipos de sistemas, ligações e acionamentos. Na figura 48, têm se uma possível forma de montar o sistema hidráulico, em que são conectados por meio de engates, representados pelos quadrados nas extremidades das linhas no esquema.

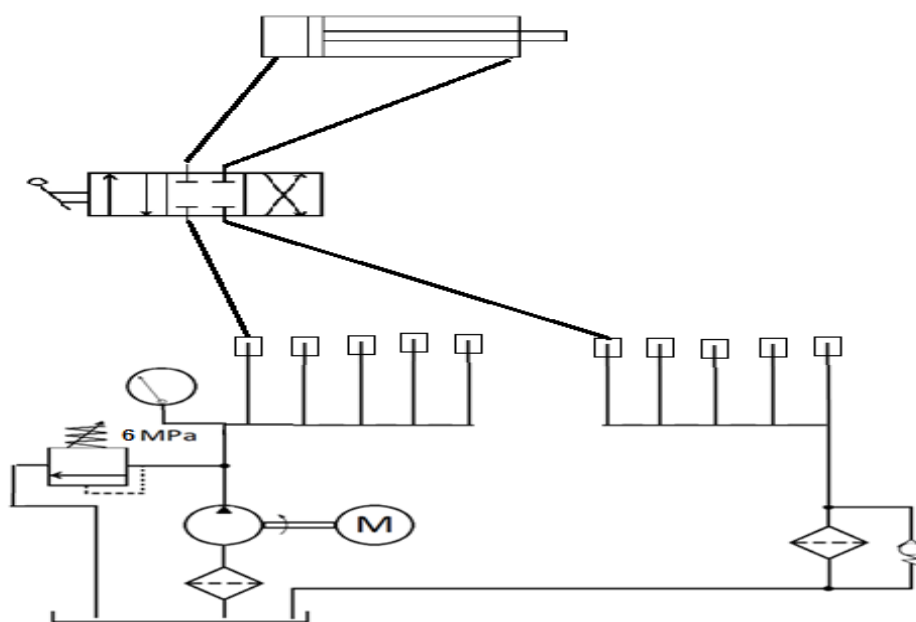
Figura 48. Funcionamento sistema hidráulico.



Fonte: Autor (2017).

Como o sistema hidráulico irá variar de acordo com os diferentes tipos de montagem que podem ser feitos, na figura 49, demonstra-se um exemplo prático de um esquema hidráulico com um componente conectado ao sistema que o acadêmico poderá montar em uma bancada didática.

Figura 49. Exemplo de um atuador ligado ao sistema hidráulico.



Fonte: Autor (2017).

Assim, demonstra-se o uso das mangueiras hidráulicas que estão conectadas por meio dos engates rápidos, fazendo o acionamento do atuador no sistema.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como finalidade o desenvolvimento do projeto de uma bancada didática de hidráulica com devido dimensionamento dos componentes que serão usados nela, para que esta fosse um objeto de estudo para os acadêmicos da instituição.

Visto também, que a redução no custo é um fator fundamental para o andamento do projeto, buscou-se o máximo possível de recursos disponíveis na FAHOR, em que conseguiram-se aproveitar, parte da estrutura da bancada e também alguns componentes presentes nesta bancada, conseguindo fazer uma redução significantes com relação as bancadas comerciais existentes.

Este projeto aguçou o senso de engenharia, em que se tem uma necessidade, no caso a bancada didática de hidráulica, e por meio disto, buscou-se as referências necessárias, fez-se os cálculos para dimensionar os componentes e buscou-se no mercado, os componentes que atendem a tal necessidade.

Assim, o dimensionamento da bancada didática de hidráulica se mostrou válido, podendo ser construída em benefício da FAHOR, visto que esta bancada atenderá as condições necessárias para realizar os testes e entender o seu funcionamento do sistema hidráulico.

REFERÊNCIAS

- ALGETEC. **Catálogo geral.** Disponível em: <http://algetec.com.br/documentos/catalogo_algetec_resumido.pdf>. Acesso em: 11 out. 2017.
- EATON. **Motores hidráulicos.** Disponível em: <http://www.eaton.com.br/eatonbr/produtosampserviccedilos/produtosporcategoria/hydraulic/s/componenteshidr%c3%a1ulicos/pct_277083>. Acesso em: 27 out. 2017.
- ENERPAC. **Válvulas.** Disponível em: <https://www.enerpac.com/sites/default/files/catalogues/valves_e214_pt.pdf>. Acesso em: 28 out. 2017.
- EUROL LUBRIFICANTS. **Eurol lawn mower oil sae 30.** Disponível em: <<http://www.eurol.com/en/37-products/3632-eurol-lawnmower-oil-sae-30.html>>. Acesso em: 28 out. 2017.
- FIALHO, Arivelto Bustamante. **Instrumentação Industrial: Conceitos, Aplicações e Análises.** 6. Ed. São Paulo: Érica Ltda, 2007.
- GIORDANI, R. E; JURACH, P. J; RODRIGUES, M. J. **Bancada didática de pneumática.** CEFET. Rio Grande do Sul, 2003.
- LINSINGEN, Irlan Von. **Fundamentos de sistemas hidráulicos.** 2. ed. Florianópolis/SC: UFSC, 2003.
- MOREIRA, Ilo Da Silva. **Sistemas hidráulicos industriais.** São Paulo: SENAI, 2012. 350 p.
- OMEGA OLEOHIDRAULICA. **Tudo sobre válvulas hidráulicas.** Disponível em: <<http://www.omegaoleohidraulica.com.br/tudo-sobre-valvulas-hidraulicas>>. Acesso em: 21 out. 2017.
- PALMIERI, A. C. **Manual de hidráulica básica.** 10. ed. Porto Alegre: Albarus Sistemas Hidráulicos Ltda, 1997.
- PARKER. **Linha Completa Bombas de Engrenagens.** 2000. Disponível em: <<http://unimobil.com.br/f/a048356b70ceb94c57b9c3066f5d4f71.pdf>>. Acesso em: 2 de Outubro de . 2017. UNESP.
- PEKELMAN, H.; MELLO Jr. A.G; **A importância dos laboratórios no ensino de Engenharia Mecânica.** Disponível em: < http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2004/artigos/01_219.pdf> . Acesso em: 29 de março de 2017.
- PEREZ - UNESP. **Válvulas.** Disponível em: <<http://www2.feg.unesp.br/home/paginaspessoais/nestorproenzaperez/sfm-2014-aula-35.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2017.
- RACITEC. **Bombas e Motores Hidráulicos.** Disponível em: <<http://www.racitec.com.br/pdf/hydraulics/bombas-e-motores/9.pdf>>. Acesso em: 22 de Outubro de 2017.

UNI BRASIL, Centro Universitário. **Engenharia de Produção e Mecânica desenvolvem bancadas didáticas.** Disponível em: <http://www.unibrasil.com.br/noticias/detalhes.asp?id_noticia=13619>. Acesso em: 25 de Março de 2017.

WEG. **Motores Elétricos.** Disponível em http://ecatalog.weg.net/tec_cat/tech_motor_curva_web.asp. Acesso em: 21 de Outubro de 2017.

APÊNDICE A

Catálogo das mangueiras hidráulicas.

Catálogo 4403 BR
Mangueiras Hidráulicas

Média Pressão
421SN e 481

421SN Mangueira de Média Pressão

DIN 20022-1SN, EN 853-1SN e ISO 1436 Tipo 1AT

Excede SAE 100R1AT



A

#	Diâmetro Interno da Mangueira		Diâmetro Externo da Mangueira		Pressão Máxima de Trabalho		Pressão Mínima de Ruptura		Ralo Mínimo de Curvatura		Peso	
	pol.	mm	pol.	mm	psi	MPa	psi	MPa	pol.	mm	lbs/ft	kg/m
+ 421SN-4	1/4	6,3	0,53	13	3250	22,7	13000	90,8	4	100	0,16	0,24
+ 421SN-6	3/8	9,5	0,68	17	2600	18,0	10400	72,0	5	130	0,23	0,34
+ 421SN-8	1/2	12,7	0,81	21	2325	16,0	9300	64,0	7	180	0,29	0,43
+ 421SN-10	5/8	15,9	0,94	24	1875	13,0	7500	52,0	8	200	0,33	0,49
+ 421SN-12	3/4	19,1	1,09	28	1525	10,5	6100	42,0	9 1/2	240	0,42	0,63
+ 421SN-16	1	25,4	1,41	36	1275	8,8	5100	35,0	12	300	0,63	0,94

Construção:

Tubo interno de borracha sintética, reforço de um trançado de fios de aço de alta resistência e cobertura de borracha sintética.

Aplicações e Faixas de Temperatura:

Linhas de média pressão para utilização com fluidos à base de petróleo e óleos lubrificantes na faixa de temperatura de -40°C a +100°C.

Água, soluções de água/glicol e emulsão de água e óleo até +85°C. Ar até +70°C.

Para aplicações com ar ou gás acima de 250 psi (1,7 MPa), a cobertura deverá ser perfurada.

Conexões:

Parkrimp Série 48 (Bitolas 4 a 12), Seção B.

Parkrimp Série 43 (Bitola 16), Seção B.

A cobertura da mangueira não deve ser removida.

APÊNDICE B

Características técnicas dos engates rápidos.

Série 60 - Uso Geral

Os engates de uso geral Série 60 da Parker são utilizados em uma ampla variedade de aplicações hidráulicas.

Esses engates de válvulas duplas podem ser encontrados onde há a necessidade conectar e desconectar linhas para transferências de fluidos para operação e manutenção de equipamentos sem perda de fluido.



Características Técnicas

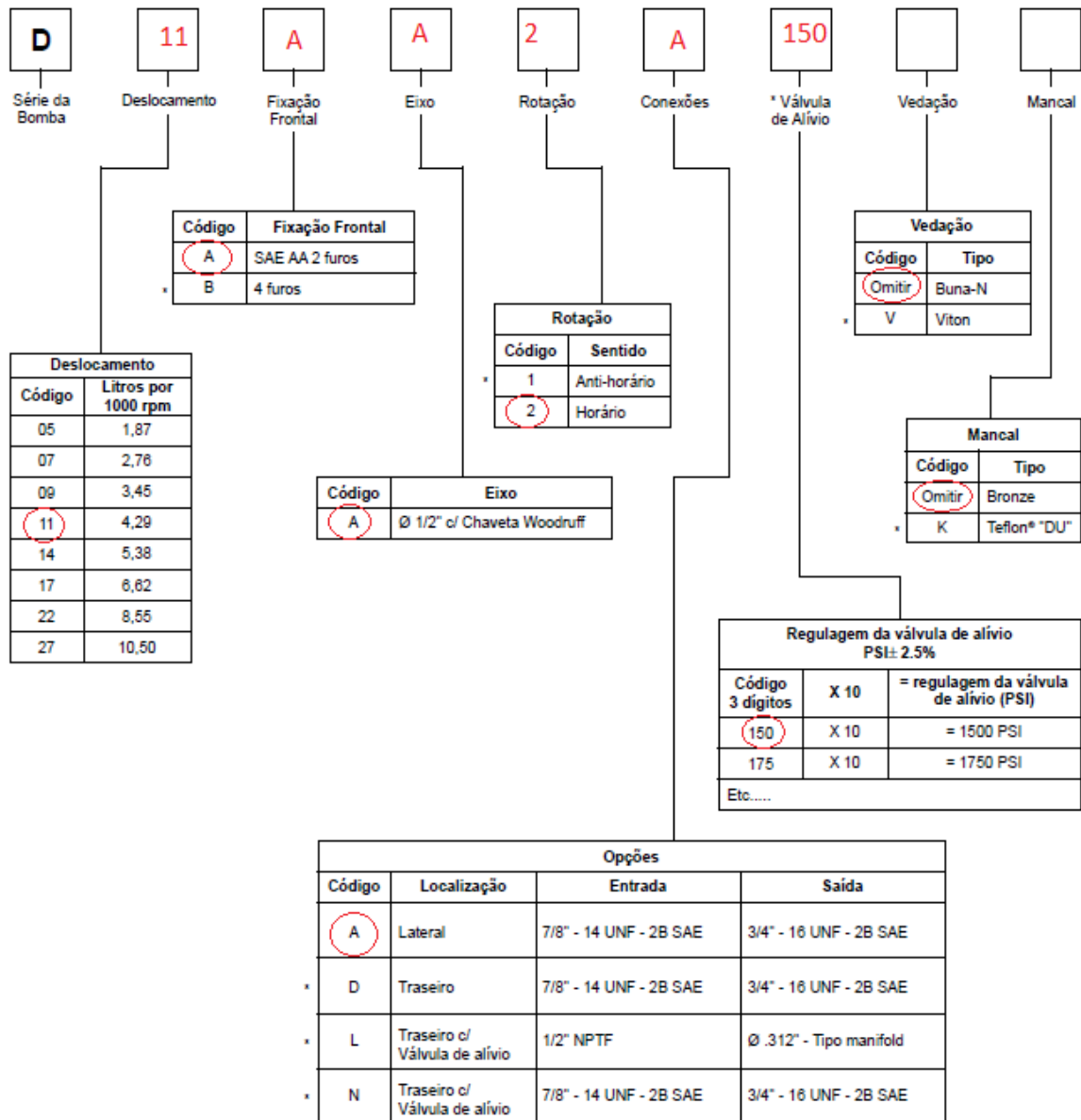
Válvula	Poppet
Mecanismo de Travamento	Esferas
Material	Aço carbono
Vedação	NBR (Nitrílica)
Configuração de Rosca	Fêmea NPTF
Faixa de Temperatura	-40° a +121°C
Norma	ISO 7241-1 Série B

Tabela de Vazão Nominal e Pressão Máxima de Trabalho

Corpo do Engate	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1
Vazão Nominal (gpm)	0,8	3	6	12	28	50
Pressão Máxima Trabalho (psi)	5.000	5.000	4.000	4.000	2.500	2.000

APÊNDICE C

Seleção da Bomba Hidráulica



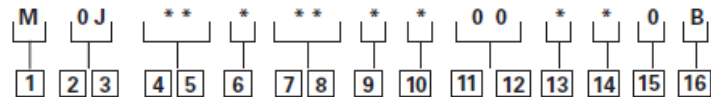
APÊNDICE D

Seleção do motor hidráulico

J Series (129-)

Model Code

The following 16-digit coding system has been developed to identify all of the configuration options for the J motor. Use this model code to specify a motor with the desired features. All 16-digits of the code must be present when ordering. You may want to photocopy the matrix below to ensure that each number is entered in the correct box.



1 Product

M - Motor

2, 3 Series

0J - J Series

4, 5 Displacement cm³/r [in³/r]

05 - 8,2 [.50]

08 - 12,9 [.79]

12 - 19,8 [1.21]

19 - 31,6 [1.93]

30 - 50,0 [3.00]

6 Mounting Type

A - 5 Bolt: Dia. 31,47 [1.239] x 5,1 [.20] Pilot 1/4-28 UNF 2B Mounting Holes on 45 [1.77] Dia. Bolt Circle

B - 5 Bolt: Dia. 31,47 [1.239] x 5,1 [.20] Pilot M6 x 1-6H Mounting Holes on 45 [1.77] Dia. Bolt Circle

C - 2 Bolt: Dia. 62,99 [2.480] x 2,0 [.08] Pilot 10,36[.408] Mounting Holes on 80,0 [3.150] Dia. Bolt Circle

D - 2 Bolt: Dia. 62,99 [2.480] x 2,0 [.08] Pilot 9,0 [.354] Mounting Holes on 80,0 [3.150] Dia. Bolt Circle

7, 8 Output Shaft

01 - 5/8 inch Dia. Straight with 4,72 [.186] Square Key and 1/4-28 UNF - 2B Threaded Hole

02 - 16 mm Dia. Straight with 5,00 [.197] Square Key with M6 x 1 - 6H Threaded Hole

04 - 11/16 inch Dia. Straight with 4,72 [.186] Square Key and 1/4-28 UNF - 2B Threaded Hole

05 - 18 mm Dia. Straight with 5,92 [.233] Square Key with M6 x 1 - 6H Threaded Hole

06 - Involute Splined 9T—Metric 16,50 [.650] Dia. (B17 x 14 DIN 5482) M6 x 1 - 6H Threaded Hole

07 - 5/8 inch Dia. Straight with 4,75 [.187] Dia. Crosshole

08 - 3/4 inch Tapered with Woodruff Key and Nut

09 - 5/8 inch Dia. Straight with 4,72 [.186] Sq. Key with 1/4-28 UNF -2B Threaded Hole (Plated for Corrosion Protection)

14 - 16 mm Dia. Straight with 5,00 [.197] Sq. Key with M6 x 1- 6H Threaded Hole (Plated for Corrosion Protection)

9 Ports

A - 9/16 -18 UNF - 2B O-Ring End Ported

B - G 1/4 (BSP) End Ported

C - M14 x 1,5 - 6H O-Ring Port, End Ported

D - 9/16 -18 UNF - 2B O-Ring Side Ported

E - G 3/8 (BSP) Side Ported

F - G 1/4 (BSP) Side Ported

H - G 3/8 (BSP) End Ported

10 Case Flow Options

0 - No Case Drain

1 - 3/8 -24 UNF - 2B O-Ring

2 - G 1/8 (BSP)

3 - M10 x 1 - 6H O-Ring

11, 12 Special Features (Hardware)

00 - None

13 Special Features (Assembly)

0 - None

1 - Reverse Rotation

14 Paint/Special Packaging

0 - No Paint, Individual Box

A - Low Gloss Black Primer, Individual Box

B - No Paint, Bulk Box Option

15 Eaton Assigned Code when Applicable

0 - Assigned Code

16 Eaton Assigned Design Code

B - Assigned Design Code

APÊNDICE E

Seleção das válvulas hidráulicas

Código	Nº Parte	Tomadas			Haste "A"	Haste "J"	Haste 3 vias	Centrada por Mola	Válvula Retenção Pilotada
		SAE#8	SAE#10	M18x1,5					
ML15W-1***~JL**	0992142/00-8	X				X			
ML15W-1FBC-JLEE	0981149/00-6	X				X	X	X	X
ML15W-2***~JL**	0992143/00-4		X			X			

Código	Nº Parte	Tomadas			Haste "A"	Haste "J"	Haste 3 vias	Cent. por Mola	Vál. Alívio Pil.	Tampão p/Vál. Alívio	Válv. de Alívio e Anti-Cav.
		SAE#8	SAE#10	M18x1,5							
ML15W-1***-AR**	0992136/00-8	X			X						
ML15W-1FBC-ARBB	0981316/00-0	X			X		X	X			
ML15W-1FBC-ARCC	0981810/00-4	X			X		X				X

Código	Nº Parte	Tomadas			Haste "A"	Haste "J"	Haste 3 vias	Centrada por Mola	Detente Três Posições
		SAE#8	SAE#10	M18x1,5					
ML15W-1***-AS	992128/00-5	X			X				
ML15W-1***~JS	992129/00-1	X				X			
ML15W-1FBC-AS	0981100/00-7	X			X			X	

Código	Nº Parte	Tomadas			Corpo Admissão e Descarga	Corpo para Somar Vazões	Válvula Alívio Pilotada
		SAE#8	SAE#10	M18x1,5			
ML15S-1TB	0980535/00-0	X			X		X
ML15C-1TB	0980534/00-3	X				X	X
ML15S-2TB	0980372/00-3		X		X		X

Código	Nº Parte	Tomadas			Tomadas Topo e Lateral	Válvula Alívio Posição "B"	Válvula Alívio Pilotada	Válvula Alívio Direta	Tampão para Válvula Alívio	Tampão Plástico
		SAE#8	SAE#10	M18x1,5						
ML15P-1UBB	0981112/00-5	X			X	X	X			
ML15P-1UFB	0981114/00-8	X			X	X	X			
ML15P-1UAB	0981105/00-9	X			X	X		X		

Código	Nº Parte	Tomada de Tanque			Tomadas Topo e Lateral	Centro Aberto	Passagem de Pressão			Válvula Contra-pressão
		SAE#8	SAE#10	M18x1,5			SAE#8	SAE#10	M18x1,5	
ML15E-1UO	0981117/00-7	X			X	X				
MD15E-1UOX	0981585/00-0	X			X	X				X
ML15E-1UN	0980886/00-7	X			X		X			

APÊNDICE F

Seleção do filtro

Quadro 1	Quadro 2	Quadro 3	Quadro 4	Quadro 5	Quadro 6	Quadro 7	Quadro 8
	12AT		10C	N	25	DD	N

Quadro 1: Vedação	
Símbolo	Descrição
<i>Nada</i>	<i>Buna</i>

Quadro 2: Modelo	
Símbolo	Descrição
12AT	<i>Elemento (Spin-on)</i>
50AT	<i>Elemento (Spin-on)</i>

Quadro 3: Comprimento	
Símbolo	Descrição
<i>Nada</i>	<i>Elemento de tamanho simples</i>
2	Elemento de tamanho duplo (Somente disponível 50 AT)

Quadro 4: Material do Elemento	
Símbolo	Descrição
25C*	<i>Celulose</i>
10C	<i>Celulose</i>
10B	<i>Microglass</i>
03B	<i>Microglass</i>
* Não disponível em 50AT-2	

Quadro 5: Indicador de Restrição	
Símbolo	Descrição
<i>N</i>	<i>Nada</i>
Obs.: Manômetro deve ser adquirido separadamente	

Quadro 6: Válvula de Alívio	
Símbolo	Descrição
25	<i>25 psid</i>

Quadro 7: Entrada e Saída	
Símbolo	Descrição
12AT	
BB	3/4" NPTF
MM	SAE-12
50AT	
DD	1-1/4" NPTF
OO	SAE-20
BS	BSP

Quadro 8: Localização da Entrada para o Indicador	
Símbolo	Descrição
(Olhando da entrada para a saída)	
<i>N</i>	<i>Nada</i>
<i>LI</i>	<i>Lado esquerdo, entrada (padrão)</i>