

AS TRANSMISSÕES HIDRÁULICAS NOS EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS
1996

ÍNDICE

1- Introdução	1
2- Diferentes tipos de transmissões hidráulicas	1
2.1- Transmissões hidrocinéticas	1
2.1.1- Transmissor de binário	1
2.1.2- Conversor de binário	3
2.2- Transmissões hidrostáticas	5
2.2.1- Principais características de uma transmissão hidrostática	6
2.2.1.1- Débito e velocidade do óleo	6
2.2.1.2- Potência hidráulica	6
2.2.1.3- Rendimento líquido	6
2.2.2- Principais elementos de uma transmissão hidrostática	7
2.2.2.1- As bombas	7
2.2.2.1.1- Bombas de carretos	8
2.2.2.1.2- Bomba de palhetas	8
2.2.2.1.3- Bombas de êmbolos radiais	9
2.2.2.1.4- Bombas de prato rotativo e êmbolos axiais	10
2.2.2.1.5- Bombas rotativas de prato inclinado e êmbolos axiais	10
2.2.2.2- Os receptores hidráulicos	11
2.2.2.2.1- Os motores hidráulicos	11
2.2.2.2.1.1- Motores de carretos	12
2.2.2.2.1.2- Motores com rotor hepíclóidal	12
2.2.2.2.1.3- Motores com êmbolos radiais	13
2.2.2.2.1.4- Motores com êmbolos axiais	14
2.2.2.2.2- Os cilindros	14
2.2.2.3- Comparação das várias características das bombas e motores hidráulicos	15
2.2.2.5- Os distribuidores	15
2.2.2.6- Os elementos de regulação da energia hidráulica	18
2.2.2.6.1- Válvulas de regulação de pressão	18
2.2.2.6.1.1- Válvulas limitadoras de pressão	18
2.2.2.6.1.2- Válvulas de redução de pressão	20
2.2.2.6.1.3- Válvulas de sequência	20
2.2.2.6.1.4- Válvulas reguladoras de débitos	20
2.2.2.6.1.5- Válvulas de retenção	22
2.2.2.7- Os acumuladores hidráulicos de pressão	22

2.2.2.8- Os filtros de óleo	23
2.2.2.9- Os permutadores de calor	23
2.2.3- Óleos para as transmissões hidráulicas	24
2.2.3.1- Características dos óleos hidráulicos	25
2.2.3.1.1- Viscosidade	25
2.2.3.1.2- Compressibilidade	25
2.2.3.1.3- Solubilidade do ar	25
2.2.3.1.4- Características anti-espuma	25
2.2.3.1.5- Resistência à oxidação	26
2.2.3.2- Óleos para transmissões hidrocínéticas	26
2.2.3.3- Óleos para transmissões hidrostáticas	27
3- Organização dos circuitos hidráulicos	28
3.1- Princípio de uma transmissão hidrostática funcionando em circuito aberto	28
3.2- Princípio de uma transmissão hidrostática funcionando em circuito fechado	29
4- Utilização dos circuitos hidráulicos nos sistemas de direcção e travagem dos tractores	31
4.1- Direcção assistida e hidrostática	31
4.1.1- Direcção assistida	31
4.1.2- Direcção hidrostática	32
4.2- Travagem assistida	33
4.2.1- Travagem por comando hidráulico directo	33
4.2.2- Travagem por comando assistido	33
Bibliografia	36

1- Introdução

Nos últimos anos tem-se verificado uma progressiva utilização dos circuitos hidráulicos nos equipamentos agrícolas pois permitem uma redução significativa do esforço exigido aos operadores, exemplo das direcções assistidas, assim como conceber materiais mais sofisticados e com maior rendimento de trabalho, como, por exemplo, as charruas de largura variável.

Considerando, de uma forma geral, estes sistemas verifica-se, no entanto, uma grande semelhança quer em termos de constituição quer de funcionamento, pelo que com estas notas, se pretende apresentar algumas considerações genéricas sobre este tema.

2- Diferentes tipos de transmissões hidráulicas

As transmissões hidráulicas dividem-se em dois grandes grupos:

- transmissões hidrocínéticas;
- transmissões hidrostáticas.

2.1- Transmissões hidrocínéticas

As transmissões hidrocínéticas, como o próprio nome indica, utilizam a energia cinética de um fluído para transmitir a potência a um veio; esta energia depende da massa e velocidade de rotação do fluído e é dada por:

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

em que:

- E_c - energia cinética, em Joules;
- m - massa do fluído, em kg;
- v - velocidade, em $m.s^{-1}$

Os principais tipos de transmissões hidrocínéticas são o transmissor e o conversor de binário que, embora associados incorrectamente às embraiagens e caixas de velocidades, são componentes diferentes destes, podendo, no entanto, serem utilizados simultaneamente.

2.1.1- Transmissor de binário

O transmissor de binário, também designado por ligador hidráulico, é utilizados normalmente como complemento das embraiagens, permitindo uma grande suavidade na transmissão do movimento pois

absorve as vibrações provenientes do veio motor tornando praticamente impossível a paragem do motor por sobrecarga; a presença deste elemento, intercalado entre o motor e a embraiagem, permite igualmente o arranque, a diminuição da velocidade ou mesmo a paragem do tractor, sem se utilizar a embraiagem.

Relativamente à sua constituição esta baseia-se fundamentalmente num impulsor (bomba) e uma turbina, que se encontram fechados num corpo estanque, parcialmente cheio com um óleo especial; este aspecto prende-se com a necessidade de absorver os aumentos de volume resultantes do aquecimento do fluído.

Estes elementos apresentam palhetas radiais por forma a conferir ao óleo, quando da rotação do impulsor, um movimento neste sentido, fazendo com que o fluído fique sujeito à força centrífuga que o projecta para a periferia donde sai para passar para a turbina transmitindo-lhe assim o movimento de rotação. Esta transmissão resulta quer da força centrífuga quer da velocidade periférica do óleo que, por sua vez, dependem do regime motor, fazendo com que a turbina, caso o binário resistente seja vencido, rode.

Para além das vantagens relativas à transmissão do movimento para a caixa de velocidades o ligador hidráulico permite uma maior suavidade na transmissão do movimento para a tomada de força.

Representando em corte este elemento assim como o movimento do óleo no seu interior tem-se:

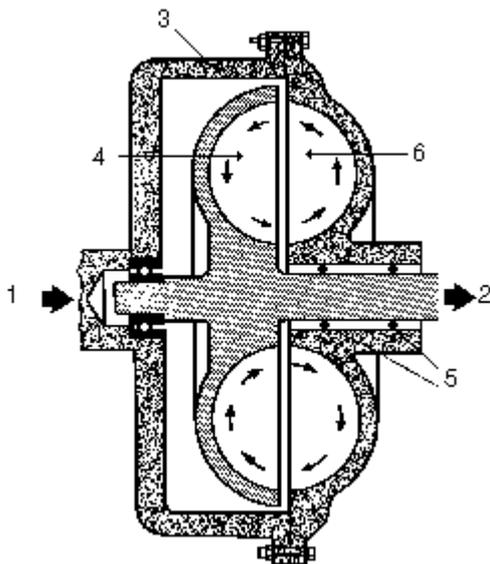


Figura 1 Representação de um corte de um transmissor de binário e do movimento do óleo.

1- Movimento proveniente do motor; 2- movimento para a caixa de velocidades; 3- volante motor; 4- turbina solidária com o eixo primário da caixa de velocidades; 5- juntas; 6- impulsor solidário com o volante motor.

Fonte: CNEEMA (1986)

Considerando a transmissão do movimento do impulsor para a turbina constata-se que existe um certo deslizamento pois, caso isto não se verificasse, a força centrífuga do óleo nestes dois elementos seria igual, mas de sentido contrário, e portanto esta não teria movimento. O regime do impulsor é superior ao da turbina permitindo assim a transmissão de potência, sendo o binário transmitido função da taxa de deslizamento. Este deve ser suficientemente baixo pois corresponde a perdas de energia que se traduzem pelo aquecimento do óleo; a diferença de velocidade do impulsor e turbina é, ao regime nominal, de $\pm 2\%$, aumentando este valor à medida que o regime diminui, o que evita que o motor "vá abaixo".

A diminuição do regime do impulsor implica um decréscimo da força centrífuga que é a principal responsável pela circulação do óleo; esta força é proporcional ao quadrado da velocidade de rotação. Caso o

regime seja muito baixo a energia cinética conferida ao óleo não permite obter um binário suficientemente alto para vencer a resistência do resto da transmissão.

2.1.2- Conversor de binário

A constituição do conversor de binário, utilizado inicialmente apenas na tracção ferroviária, tem algumas semelhanças com o transmissor de binário tendo, no entanto, entre o impulsor e turbina um reactor (estator) que é montado sobre uma roda livre, e as palhetas dos elementos apresentarem formas diferentes.

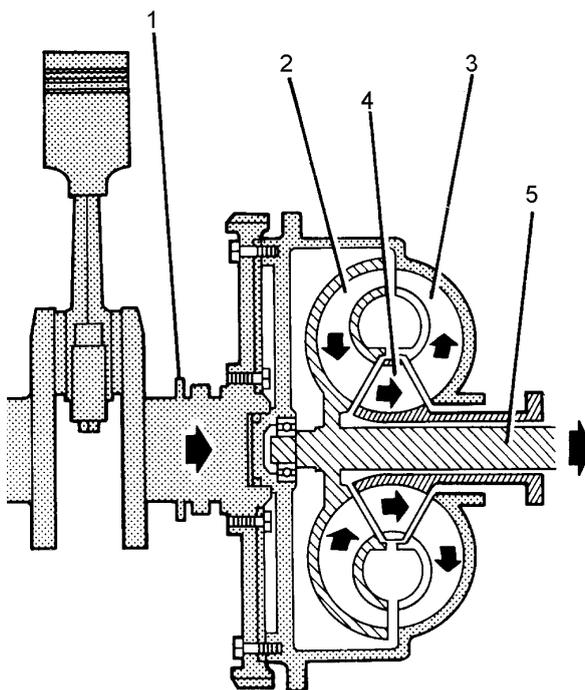


Figura 2- Esquema de um corte de um conversor de binário.

1- Movimento proveniente do motor; 2- turbina 3- impulsor; 4- reactor; 5- movimento para a caixa de velocidades

Fonte: CNEEMA (1986)

As diferenças de desenho das palhetas deve-se à necessidade que há de conferir ao movimento do óleo uma trajectória que permita obter uma aceleração do seu escoamento.

Relativamente ao reactor este permite converter o binário de reacção (B_r), que se cria no corpo como resultado da diferença entre o binário de entrada (B_e) e o de saída (B_s), por forma a que este último seja igual à soma dos dois anteriores, ou seja:

$$B_s = B_e + B_r$$

Assim, considerando a figura 2, constata-se que quando o impulsor é accionado o óleo começa a circular, sendo a sua velocidade de saída proporcional à velocidade tangencial daquele elemento e o débito, à semelhança com o que acontece com o transmissor, proporcional à diferença entre o seu regime e o da turbina; caso o débito fosse nulo o óleo não circularia e não se desenvolveria binário.

Quando há uma diferença de velocidade entre o impulsor e a turbina o fluxo de óleo proveniente do impulsor origina um binário que é transmitido à turbina, o qual, devido à desaceleração do óleo nas suas palhetas, é aumentado, sendo o óleo de seguida dirigido para o reactor, onde sofre nova diminuição de velocidade, aumentando novamente o binário; o binário de reacção materializa-se pelos esforços que se exercem nos suportes de fixação do carter da transmissão. Cada uma das modificações da trajectória do óleo conduz a uma variação da quantidade de movimento, expressa em massa por unidade de tempo, No início do contacto do óleo com a turbina verifica-se, devido à concavidade das palhetas, uma desaceleração da sua velocidade, mas na zona das palhetas imediatamente a seguir, onde a curvatura é mais aberta, o óleo acelera novamente empurrando a turbina “para trás”.

O óleo, depois de abandonar o reactor, dirige-se para o impulsor para recomeçar um novo ciclo; a entrada do óleo neste elemento, depois de ter sido influenciada pelo reactor, faz-se segundo uma trajectória que atenua a diminuição da velocidade do impulsor. Quando a velocidade do conversor é pequena, o reactor encontra-se fixo ao carter da transmissão por um dispositivo de engate de um só sentido, podendo o binário chegar a ser o dobro do desenvolvido pelo motor. À medida que o regime aumenta, devido ao aumento da força centrífuga, o reactor começa a girar até que à velocidade nominal o seu regime é igual ao da turbina, deixando assim de interferir na trajectória de escoamento do óleo, o que faz com que o conversor funcione como transmissor; em alguns equipamentos o conversor apresenta um dispositivo que permite tornar solidário o impulsor e a turbina.

Representando esquematicamente o princípio de funcionamento de um conversor de binário tem-se:

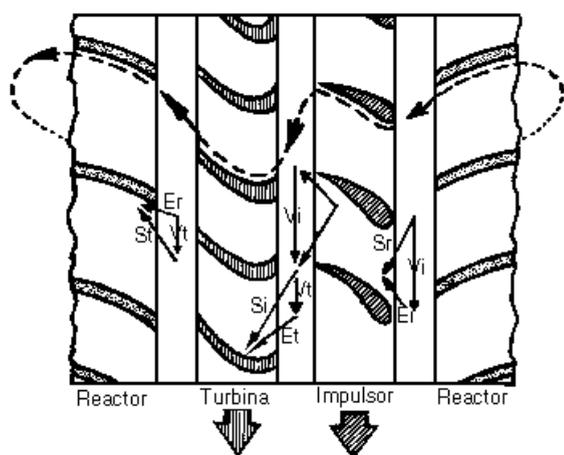


Figura 3- Princípio de funcionamento de um conversor de binário.

Vi- Velocidade periférica do impulsor; Vt- velocidade periférica da turbina Ei- direcção do óleo à entrada do impulsor; Si- direcção do óleo à saída do impulsor; Et- direcção do óleo à entrada da turbina; St- direcção do óleo à saída da turbina; Er- direcção do óleo à entrada do reactor; Sr- direcção do óleo à saída do reactor
Fonte: CNEEMA (1986)

Do exposto, constata-se que num conversor de binário, o aumento deste é tanto maior quanto maior for o escorregamento (diferença de velocidade) entre o impulsor e a turbina, pelo que, quando do abaixamento do regime motor se gera um binário superior ao motor, o que permite uma variação automática e contínua

da velocidade de rotação do conversor em função da carga resistente, modificando-se simultaneamente o binário transmitido. O conversor é, assim, um redutor de velocidade que funciona como um conjunto extra de carretos, antes de a acção do motor se fazer sentir na caixa de velocidades, por forma a ajustar automaticamente o regime de transmissão à carga resistente. Um conversor simples pode aumentar o binário motor de ± 2.5 vezes mas, utilizando vários desses elementos, aquele valor pode atingir 6 vezes.

2.2- Transmissões hidrostáticas

As transmissões hidrostáticas, ao contrário das anteriores, actuam utilizando o débito e a pressão do óleo, e baseiam-se no princípio que os líquidos são praticamente incompressíveis e que permitem transmitir a pressão a que são sujeitos a toda a superfície do interior do reservatório em que se encontram. Representando-se matematicamente tem-se:

$$F = P * S$$

em que F- força; P- pressão; S- superfície.

Representando esquematicamente este tipo de transmissão tem-se:

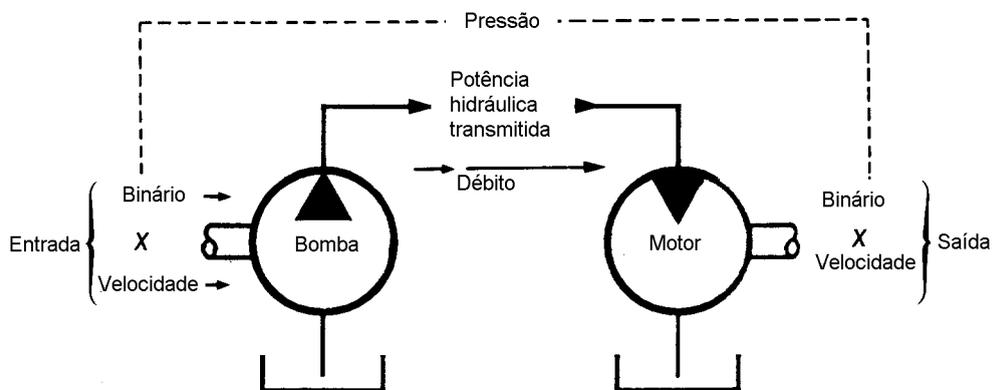


Figura 4- Representação esquemática de uma transmissão hidrostática.

Fonte: CNEEMA (1986)

Assim, e como se pode observar no esquema, as transmissões hidrostáticas compreendem uma bomba e um motor que estão ligados entre si por condutas que permitem a transmissão de energia e o retorno do fluído; a energia que resulta da pressão do óleo permite obter um determinado binário e o débito a velocidade de escoamento. Os símbolos utilizados nos circuitos hidráulicos encontram-se representados no anexo 1.

2.2.1- Principais características de uma transmissão hidrostática

Relativamente às principais características de uma transmissão hidrostática tem-se:

- o débito e a velocidade do óleo;
- a potência hidráulica;
- o rendimento líquido.

2.2.1.1- Débito e velocidade do óleo

O débito (Q) de uma bomba é a quantidade de óleo fornecida por unidade de tempo (l/min ou m³/s) e é função da sua cilindrada (v) e velocidade de rotação (rpm); a cilindrada é expressa em cm³/ 1 rpm.

Considerando como exemplo uma bomba de 25 cm³ de cilindrada e 2000 rpm, tem-se:

$$Q = v * rpm = \frac{25 * 2000}{1000} = 50 \text{ l/min}$$

O valor determinado refere-se ao débito teórico, pois, devido ao rendimento volumétrico das bombas, ou seja, as perdas de óleo no circuito, o débito real é inferior.

2.2.1.2- Potência hidráulica

A potência hidráulica (Ph), expressa em Watt, corresponde ao produto da pressão (p), expressa em Pascals, pelo débito (Q), expresso em m³/s. Considerando a potência em kW, a pressão em bar e o débito em l/min, tem-se:

$$Ph \text{ (kW)} = \frac{p * Q}{600}$$

2.2.1.3- Rendimento líquido

O rendimento (Rn) duma transmissão hidrostática determina-se pelo quociente da potência transmitida à saída da bomba (Ps) pela potência recebida à entrada (Pe), ou seja:

$$Rn = \frac{Ps}{Pe}$$

O rendimento líquido pode ser determinado também pelo produto dos rendimentos unitários (Ru) dos diferentes componentes do circuito (bombas, motores, distribuidores, etc.). O rendimento unitário de uma bomba ou motor é obtido pelo produto do rendimento hidromecânico (Rhm) e volumétrico (Rv), ou seja:

$$R_u = R_{hm} * R_v$$

O rendimento hidromecânico (R_{hm}) traduz as perdas de pressão (carga) e o atrito mecânico interno, resultante do funcionamento de uma bomba ou motor.

O rendimento volumétrico (R_v) traduz as perdas de energia causadas pelas fugas internas dos vários elementos.

2.2.2- Principais elementos de uma transmissão hidrostática

Os principais elementos de uma transmissão hidrostática são as bombas e os receptores hidráulicos, motores e êmbolos, que apresentam uma grande variedade pelo que se referirão apenas os que aparecem com mais frequência nos equipamentos agrícolas. Para além destes elementos encontram-se também os distribuidores, os elementos de regulação de energia hidráulica, os acumuladores hidráulicos, os filtros de óleo e os permutadores de calor.

2.2.2.1- As bombas

As bombas, como foi referido no esquema anterior, permitem transformar a energia mecânica em hidráulica, e são o primeiro elemento de uma transmissão hidrostática; o seu débito é função do regime do veio de accionamento e a pressão do binário deste veio.

Relativamente ao seu débito as bombas podem ser consideradas divididas em dois grandes grupos, ou seja, bombas de débito constante, que fornecem um mesmo volume de óleo por cada rotação, e bombas de débito variável, em que é possível alterar a cilindrada sem modificar o regime; para se alterar o débito no primeiro tipo de bombas é necessário fazer variar o regime. Nas bombas de débito fixo o óleo não utilizado é, na maioria das vezes, conduzido para o circuito de retorno, o que conduz ao seu aquecimento e consequente deterioração, assim como a um gasto de potência.

As bombas de cilindrada variável permitem "seguir" as necessidades de potência hidráulica do circuito, fazendo variar de uma forma contínua o débito, pelo que o seu valor em excesso é pequeno e as perdas de potência baixas; sendo as bombas de cilindrada variável mais caras que as fixas pode-se utilizar várias destas por forma a diminuir os custos.

Entre os principais tipos de bombas destacam-se:

2.2.2.1.1- Bombas de carretos

As bombas de carretos ou engrenagens são constituídas por carretos que se encontram dentro do corpo da bomba que apresenta um ou mais orifícios de entrada (saída) de óleo, e cujo movimento cria uma depressão junto dos dentes que se afastam, criando a depressão responsável pela circulação do fluido.

Assim, e como se pode observar na figura 5, o óleo tende a preencher o espaço onde se cria a depressão resultante dos afastamento dos dentes dos carretos, sendo depois transportado entre estes e a parede interior do corpo da bomba, para depois, por compressão, devido ao engrenamento dos dentes, ser empurrado para as condutas de descarga.

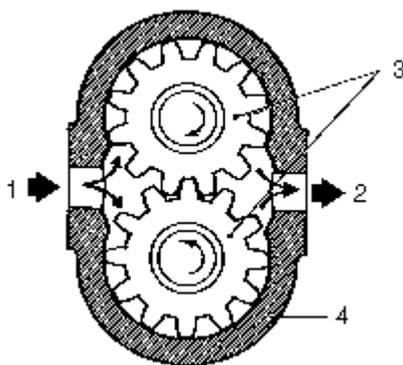


Figura 5- Bomba de carretos

1- Aspiração; 2- saída; 3- carretos; 4- corpo da bomba
Fonte: CNEEMA (1986)

Este tipo de bombas, que apresentam geralmente dentes rectos, helicoidais ou em espinha, é muito frequente nos equipamentos agrícolas apresentando capacidades muito diferentes e atingindo pressões de 20 000 kPa.

2.2.2.1.2- Bombas de palhetas

Estas bombas, figura 6, são constituídas por um rotor que apresenta na sua periferia e segundo a sua geratriz, várias palhetas que, devido à força centrífuga e à pressão do óleo sobre as suas extremidades internas, se deslocam radialmente, por forma a criar câmaras com diferentes volumes, entre o rotor e o anel estacionário excêntrico que envolve o interior do corpo da bomba. Estas variações de volume criam quer depressões quer compressões o que provoca a aspiração e saída do óleo.

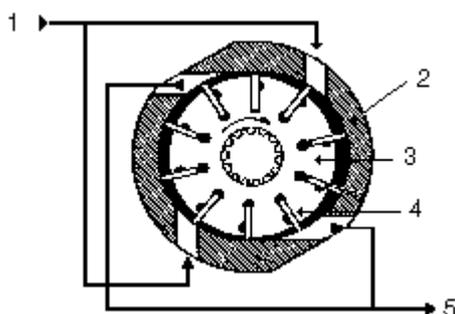


Figura 6- Bomba de palhetas

1- Aspiração; 2- Anel fixo; 3- rotor; 4- palheta; 5- saída
Fonte: CNEEMA (1986)

Estas bombas apresentam geralmente as janelas de aspiração e descarga diametralmente opostas, por forma a obter-se um equilíbrio, não se submetendo assim o eixo do rotor a esforços radiais; as primeiras janelas estão localizadas nas zonas da parede do anel em que se começam a afastar do rotor, o que implica um aumento de

volume entre as palhetas, e as de descarga nas zonas em que o rotor se vai aproximando da parede, verificando-se assim, uma redução de volume com a conseqüente elevação da pressão.

Este tipo de bombas é muito utilizado nas cisternas de remoção de chorume podendo, devido à possibilidade de alterar a trajectória do movimento dos fluídos, ser utilizada quer na aspiração, pela criação de depressão no interior da cisterna, quer no espalhamento, pela introdução de ar naquela; estas bombas podem também ser montadas em série o que permite aumentar a pressão de funcionamento.

2.2.2.1.3- Bombas de êmbolos radiais

As bombas de êmbolos radiais, figura 7, são constituídas por um eixo excêntrico central, que acciona os êmbolos que estão dispostos radialmente, empurrando-os para o exterior, voltando estes à sua posição inicial pela pressão das molas que se encontram no seu topo exterior.

Cada um dos cilindros dispõe de uma válvula de aspiração e descarga dando-se a entrada de óleo quando as molas deslocam o êmbolo para o centro da bomba e a saída quando o excêntrico desloca o êmbolo para o exterior. Em determinadas bombas deste tipo a distância percorrida pelo êmbolo, quando este se desloca para o centro da bomba, pode ser alterada, o que permite fazer variar o débito; estas bombas designam-se por bombas de êmbolos radiais de débito variável.

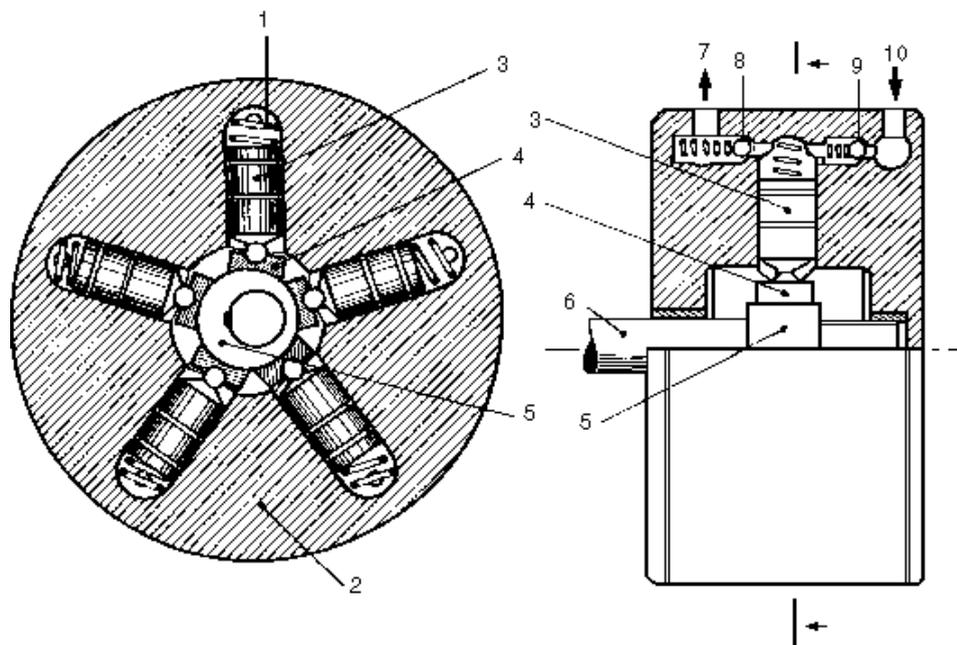


Figura 7- Representação de um corte de uma bomba de êmbolos radiais.

1- Mola; 2- corpo da bomba; 3- êmbolo; 4- patim; 5- excêntrico; 6- veio de accionamento; 7- saída de óleo; 8- válvula de saída; 9- válvula de aspiração; 10- entrada de óleo.

Fonte: CNEEMA (1986)

2.2.2.1.4- Bombas de prato rotativo e êmbolos axiais

As bombas de prato rotativas e êmbolos axiais, figura 8, são constituídas por vários cilindros dispostos axialmente no corpo da bomba, que é fixo, e têm movimento alternativo que lhes é conferido pelo prato que se encontra numa das extremidades dos cilindros. A inclinação deste prato é fixa pelo que o curso dos êmbolos é geralmente constante; algumas bombas deste tipo apresentam limitadores de curso dos êmbolos o que faz com que a cilindrada possa variar. O movimento em sentido contrário dos êmbolos é assegurado por molas que se encontram no topo oposto ao do prato.

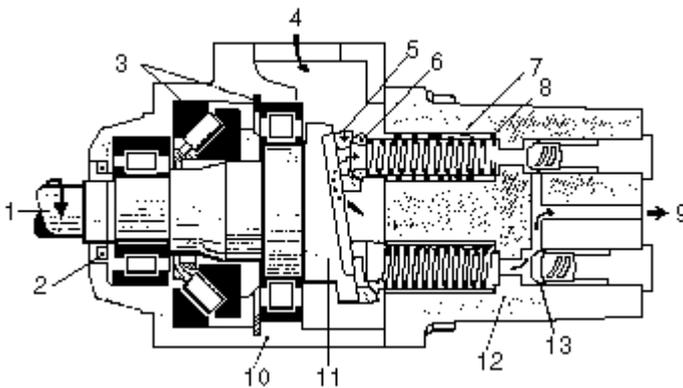


Figura 8- Representação de um corte de uma bomba de prato rotativa e êmbolos axiais.

1- Veio de accionamento; 2- junta; 3- rolamentos; 4- aspiração; 5- patim; 6- êmbolo axial; 7- cilindro; 8- mola; 9- saída de óleo; 10- corpo da bomba; 11- prato inclinado; 12- tambor fixo; 13- válvula de saída.

Fonte: CNEEMA (1986)

A aspiração do óleo para o interior dos cilindros é conseguida através de janelas existentes no prato de inclinação que, quando se sobrepõem aos orifícios existentes na base dos cilindros, e devido à depressão no interior deste, por aumento de volume resultante do movimento do êmbolo provocado pela distensão da mola, deixa entrar o óleo; na fase seguinte o prato, devido ao seu movimento rotativo, faz com que os orifícios anteriores fiquem desfasados e que o óleo que encheu o cilindro, seja comprimido, o que, devido à abertura da válvula de descarga deixa sair o óleo, completando-se assim o circuito deste num determinado cilindro.

2.2.2.1.5- Bombas rotativas de prato inclinado e êmbolos axiais

As bombas rotativas de prato inclinado e êmbolos axiais são muito utilizadas nas transmissões dos equipamentos agrícolas pois permitem fazer variar facilmente o débito e, portanto, a velocidade de translação.

Neste tipo de bomba, contrariamente à anterior, o prato não tem movimento de rotação, apresentando apenas diferentes inclinações nos dois sentidos, o que permite variar o volume de óleo admitido nos cilindros.

Como se pode observar na figura 9, o corpo da bomba tem movimento rotativo fazendo com que a base dos êmbolos deslizem sobre o prato de inclinação variável, o que faz com que eles apresentem diferentes cursos úteis, condicionando assim o seu débito de óleo; caso o prato esteja na vertical os

êmbolos não têm movimento alternativo não havendo assim circulação de óleo. A inclinação do prato num ou outro sentido permite inverter o sentido do fluxo do óleo e, conseqüentemente, o sentido de rotação do veio accionado por esta bomba.

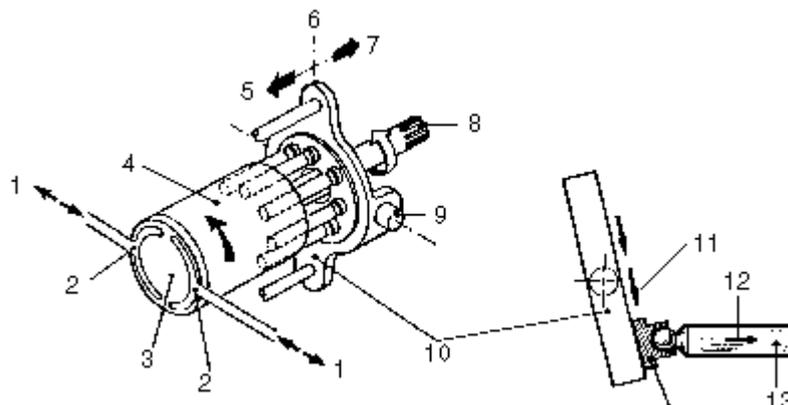


Figura 9- Representação esquemática de uma bomba rotativa de prato inclinado e êmbolos axiais.
1- Entrada ou saída de óleo; 2- janelas; 3- placa de repartição do débito; 4- tambor; 5- deslocamento do prato (equipamento) para a frente; 6- posição neutra (equipamento imobilizado); 7- deslocamento do prato para trás; 8- veio de accionamento; 9- eixo de rotação do prato; 10- prato oscilante; 11- sentido do deslizamento; 12- força de compressão do óleo; 13- êmbolo
Fonte: CNEEMA (1986)

Relativamente à aspiração e saída do óleo nos cilindros ela é assegurada por um colector que se encontra junto ao corpo da bomba, e que deve apresentar um acabamento de grande precisão, por forma a não se verificar qualquer fuga de óleo.

2.2.2.2- Os receptores hidráulicos

Os receptores hidráulicos têm como objectivo transformar a energia hidráulica fornecida pela bomba em energia mecânica, podendo ser considerados como motores, caso esta energia seja transformada em movimento rotativo, ou êmbolos, caso a energia seja transformada em movimento linear.

2.2.2.2.1- Os motores hidráulicos

Relativamente aos motores hidráulicos os mais frequentes são os seguintes:

- motores de carretos;
- motores com rotor hepíclodial;
- motores com êmbolos radiais;
- motores com êmbolos axiais.

2.2.2.2.1- Motores de carretos

Os motores de carretos apresentam uma constituição semelhante aos das bombas com o mesmo nome tendo, no entanto, mais um orifício por onde se verificam as perdas resultantes das fugas de óleo; estes motores podem apresentar mais que uma janela de entrada e saída de óleo por forma a equilibrarem-se as forças que se geram e que se fazem sentir principalmente nos eixos dos carretos.

Estes motores, devido à sua simplicidade e possibilidade de rodar nos dois sentidos, são bastante utilizados nos equipamentos.

2.2.2.2.2- Motores com rotor hepicialoidal

Os motores com rotor hepicialoidal são constituídos fundamentalmente por um rotor que apresenta várias excentricidades na sua periferia e que roda no interior do corpo do motor que apresenta igualmente excentricidades, mas mais uma que o rotor, ver figura 10. Assim, e como resultado desta concepção, existe sempre um número de pontos de contacto entre o rotor e o corpo do motor igual ao número de excentricidades do rotor.

A pressão do óleo que se encontra nas várias câmaras de volume variável que se formam entre o corpo do motor e o rotor, sobre as excentricidades deste último faz com que este rode; devido à sua concepção este movimento tem um trajecto hepicialoidal que será posteriormente transformado em movimento circular contínuo e transmitido ao veio motor.

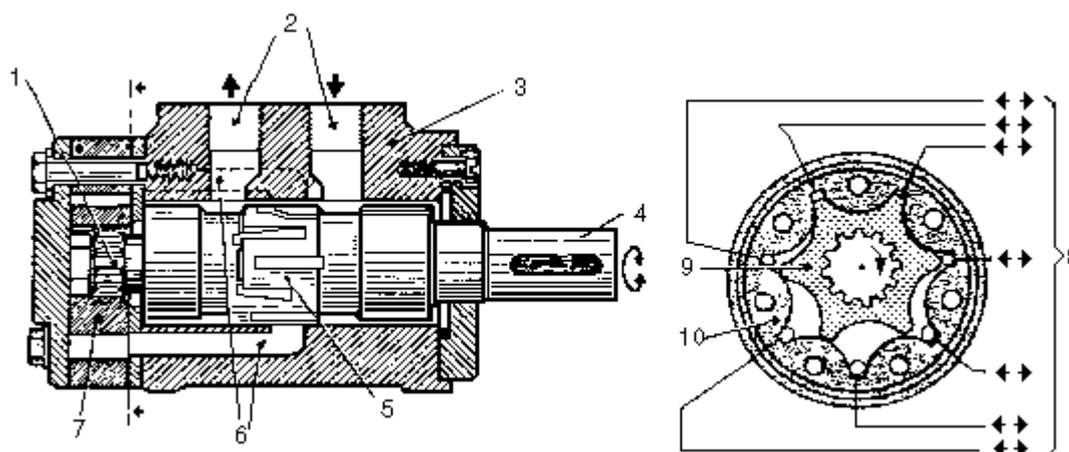


Figura 10- Representação esquemática de um corte transversal de um motor com rotor hepicialoidal. 1- Veio de ligação; 2- entradas de óleo; 3- corpo do motor; 4- veio motriz; 5- distribuidor rotativo; 6- canais interiores de distribuição; 7- rotor. 8- canais alimentados pelo distribuidor rotativo; 9- rotor; 10- corpo da bomba.

Fonte: CNEEMA (1986)

A entrada e saída de óleo para o interior do motor são asseguradas por várias condutas que ligam as câmaras que se formam entre o corpo do motor e o rotor a um distribuidor rotativo, que é concebido no

próprio eixo do motor, e cujo movimento se encontra sincronizado com o rotor; este tipo de ligação permite obter sucessivamente a alimentação e saída do óleo das câmaras de compressão. A principal vantagem deste tipo de motor é, devido à sua cilindrada, desenvolver um binário bastante elevado; a cilindrada corresponde ao volume gerado pelas câmara de compressão durante uma volta do rotor. Devido à possibilidade de inverter o sentido da alimentação do óleo através de um distribuidor de duplo efeito este motor roda nos dois sentidos.

2.2.2.2.3- Motores com êmbolos radiais

Estes motores apresentam duas concepções diferentes sendo a mais comum a que aplica os êmbolos axiais no corpo do motor, cujo rebordo interior apresenta várias excentricidades, ver figura 11.

Como se pode observar na figura 11 o movimento alternativo dos êmbolos é assegurado para o exterior pela força centrífuga resultante do movimento do rotor e, para o interior, pelas excentricidades interiores do corpo do motor. A alimentação e saída do óleo é feita através de um dispositivo de distribuição situado no interior do rotor que apresenta vários canais cuja saída, quando se sobrepõe ao orifício de entrada para o cilindro, permite a entrada de óleo que faz com que o êmbolo, através da sua outra extremidade, exerça pressão no interior do corpo, desenvolvendo-se assim o binário que é transmitido ao veio a accionar.

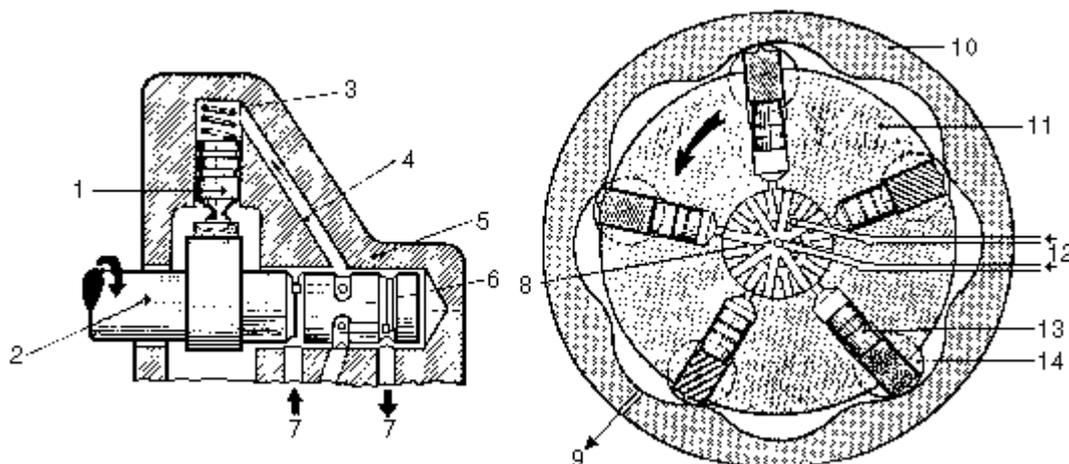


Figura 11- Representação esquemática de um motor com êmbolos radiais e um eixo de excêntricos e de um motor com êmbolos radiais e excentricidades periféricas

1- Êmbolo; 2- veio motor; 3- mola; 4- canal de distribuição; 5- corpo do motor; 6- coletor rotativo de distribuição; 7- alimentação; 8- dispositivo de distribuição; 9- retorno das fugas; 10- estator; 11- rotor; 12- alimentação; 13- êmbolo; 14- patim.

Fonte: CNEEMA (1986)

2.2.2.2.4- Motores com êmbolos axiais

Estes motores apresentam uma concepção semelhante às bombas com o mesmo nome, e são utilizados normalmente quando é necessário fazer variar a cilindrada para se obter diferentes valores de binário.

2.2.2.2.2- Os cilindros

Os cilindros podem ser considerados como motores hidráulicos pois permitem transformar a energia hidráulica em mecânica; esta conduz, normalmente, ao deslocamento linear de um êmbolo.

Estes elementos são constituídos principalmente por um cilindro no interior do qual se desloca um êmbolo, cujo movimento é transmitido para o exterior por um braço, e apresentam uma ou duas ligações conforme são de simples ou duplo efeito.

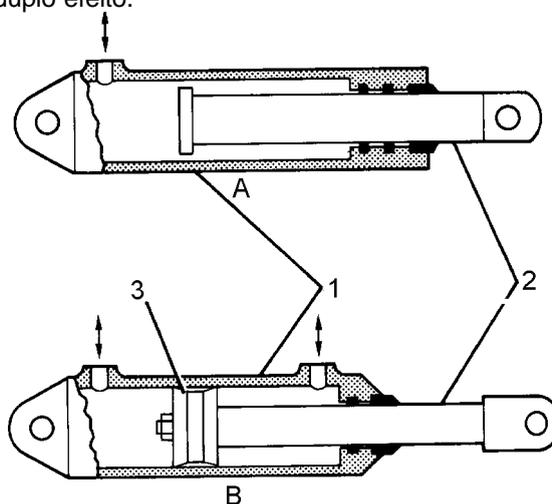


Figura 12- Êmbolo de simples efeito (A) e êmbolo de duplo efeito (B)

1- Cilindro 2- Tirante 3- Êmbolo

Fonte: CEMAGREF (1991)

Nos êmbolos de simples efeito a pressão é exercida em apenas um dos topos do êmbolo, sendo o retorno do óleo assegurado por uma mola ou pela força exercida pelo elemento deslocado. Estes êmbolos encontram-se em praticamente todos os equipamentos de elevação.

Nos êmbolos de duplo efeito a pressão do óleo exerce-se nos dois topos do êmbolo, pelo que é necessária duas condutas de alimentação, uma para cada uma das câmaras em que o êmbolo divide o cilindro. Neste caso, quando uma das condutas alimenta uma destas câmaras, a outra funciona de descarga. Devido à ligação do êmbolo com o seu braço a secção do topo do êmbolo sujeita a pressão é inferior à do topo oposto pelo que o seu valor é inferior. Estes êmbolos são utilizados, por exemplo, nas direcções assistidas. Para além destes dois tipos pode-se considerar ainda um terceiro, designado por êmbolo telescópico, que apresenta um curso que é função do comprimento do cilindro. Este é constituído

por vários tubos concêntricos que servem de êmbolo para o tubo no qual deslizam e de cilindro para aquele que envolvem.

2.2.2.3- Comparação das várias características das bombas e motores hidráulicos

Representando as principais características das bombas e motores tem-se:

Tipo de Material		Cilindrada (cm ³ /rpm)	Regime (rpm)	Pressão (kPa)	Rendimento global (%)
Carretos com dentes exteriores	Bomba	1 - 200	500 - 4000	20000	75
	Motor	1 - 200	500 - 4000	20000	75
Bomba de palhetas		5 - 200	1000 - 5000	25000	80
Motor de rotor hepilocicloidal		50 - 1000	100 - 1000	20000	80
Êmbolos radiais com excêntrico central	Bomba	10 - 2500	500 - 2500	25000	85
	Motor	50 - 2500	50 - 1000	30000	85
Motores de êmbolos radiais e periféricas		300 - 6000	0 - 200	40000	90
Êmbolos axiais e cilin- -drada variável	Motor	0 - 1000	500 - 2500	35000	90
	Bomba	0 - 1000	0 - 2500	35000	90

2.2.2.5- Os distribuidores

Os distribuidores, também designados por válvulas direccionais, são os componentes que permitem conduzir o óleo proveniente das bombas para os diferentes receptores do circuito; estes componentes funcionam como uma torneira que recebe o óleo conduzindo-o depois para diferentes saídas, permitindo, assim, a continuação do escoamento, a paragem ou a mudança de sentido do fluxo.

Relativamente aos diferentes tipos estes componentes são considerados divididos em dois grandes grupos, designados por distribuidores de torneira ou êmbolo rotativo e de gavetas; estes últimos são os mais utilizados.

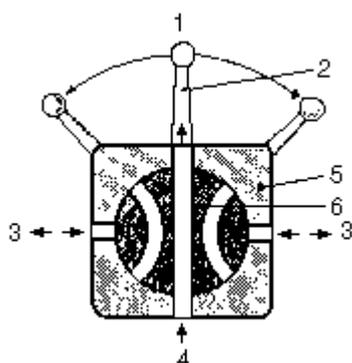


Figura 13- Distribuidor de êmbolo rotativo

1- Posição neutra; 2- alavanca de accionamento; 3- saídas para o receptor; 4- entrada de óleo; 5- corpo do distribuidor; 6- êmbolo rotativo

Fonte: CNEEMA (1986)

A escolha do distribuidor está relacionada com os receptores pois, por exemplo, quando este é um motor que roda em apenas um sentido ou é um êmbolo de simples efeito o distribuidor é também de simples efeito; para êmbolos de duplo efeito ou motores com os dois sentidos de rotação os distribuidores terão de ser também de duplo efeito.

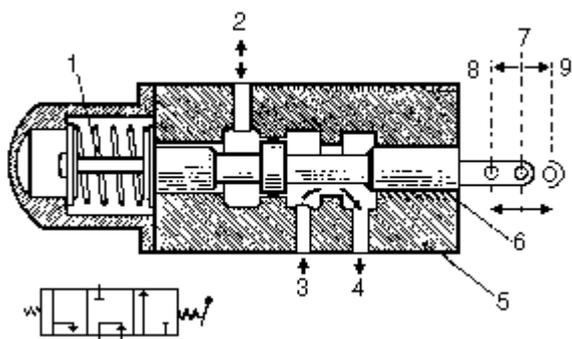


Figura 14- Representação de um distribuidor de gaveta e simples efeito, com centro aberto

1- Mola; 2- ligação ao receptor; 3- entrada de óleo proveniente da bomba; 4- saída para o reservatório; 5- corpo do distribuidor; 6- tirante; 7- posição neutra; 8- posição de subida; 9- posição de descida

Fonte: CEMAGREF

Relativamente à caracterização dos distribuidores de gavetas esta é feita pelo número de orifícios de ligação, representados pelas letras **A-B-C...**, **P**, **R-S-T** e pelo número de posições de serviço; estas são representadas por um quadrado. Os orifícios relativos à drenagem ou pilotagem não são considerados e, quando em vez de letras, se representam por números, **1** corresponde a **P**, **2-3-4..** a **A-B-C...**, **3** a **R-S-T**.

Assim, por exemplo, um distribuidor de duplo efeito, com dois orifícios de entrada e dois de saída e com três posições distintas de trabalho designa-se por distribuidor 4/3. Um distribuidor deste tipo que, quando em posição neutra, tem o orifício de entrada de óleo ligada ao orifício de saída para o reservatório, evitando-se assim a laminagem do óleo, designa-se por distribuidor de centro aberto.

Caso não se verifique este tipo de ligação, o distribuidor designa-se por distribuidor de centro fechado, estando o circuito permanentemente sobre pressão, o que permite obter uma resposta quase imediata quando da sua abertura.

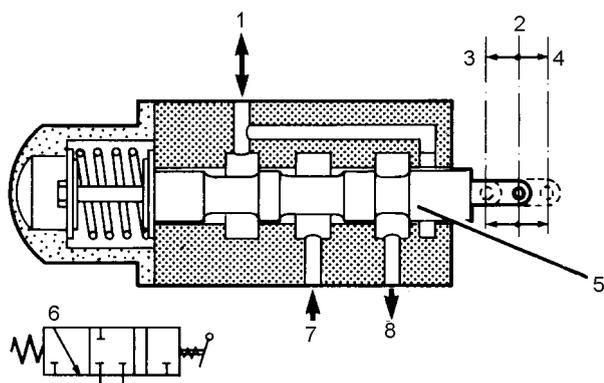


Figura 15- Distribuidor de simples efeito com o centro fechado

1- Saída para o receptor 2- Posição neutra 3- Posição de subida 4- Posição de descida 5- Gaveta 6- Símbolo 7- Bomba 8- Retorno

Fonte: CEMAGREF (1991)

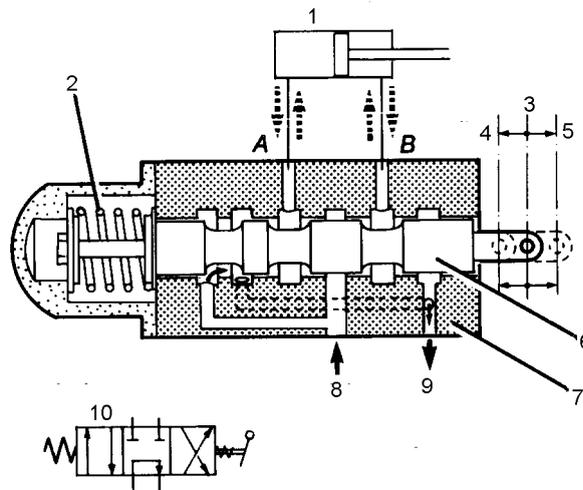


Figura 16- Distribuidor de duplo efeito e centro aberto

1- Macaco de duplo efeito 2- Mola 3- Posição neutra 4- Posição para saída de óleo 5- Posição para retorno de óleo 6- Gaveta 7- Corpo do distribuidor 8- Bomba 9- Retorno 10- Símbolo

Fonte: CEMAGREF (1991)

Considerando as diferentes formas de ligação dos distribuidores tem-se:

- ligações em série;
- ligações em paralelo;
- ligações "individuais".

Relativamente à ligação em série ela é caracterizada por os elementos receptores serem alimentados com o mesmo óleo, ou seja, o óleo que atravessa o distribuidor é conduzido para um receptor produzindo trabalho e, depois de sair deste, entra no segundo receptor; a pressão fornecida pela bomba é repartida pelos dois receptores.

Quanto à ligação em paralelo quando os distribuidores são accionados ao mesmo tempo o fluxo de óleo chega aos dois receptores simultaneamente verificando-se, no entanto, primeiro o accionamento do receptor que necessita de menos pressão. Quando os dois receptores oferecem a mesma resistência são accionados em simultâneo com uma pressão igual à fornecida pela bomba, mas com metade do débito desta.

Relativamente à ligação "individual" um dos distribuidores é prioritário sendo o outro alimentado quando o primeiro está na posição neutra. Neste caso não é possível fazer funcionar em simultâneo os distribuidores.

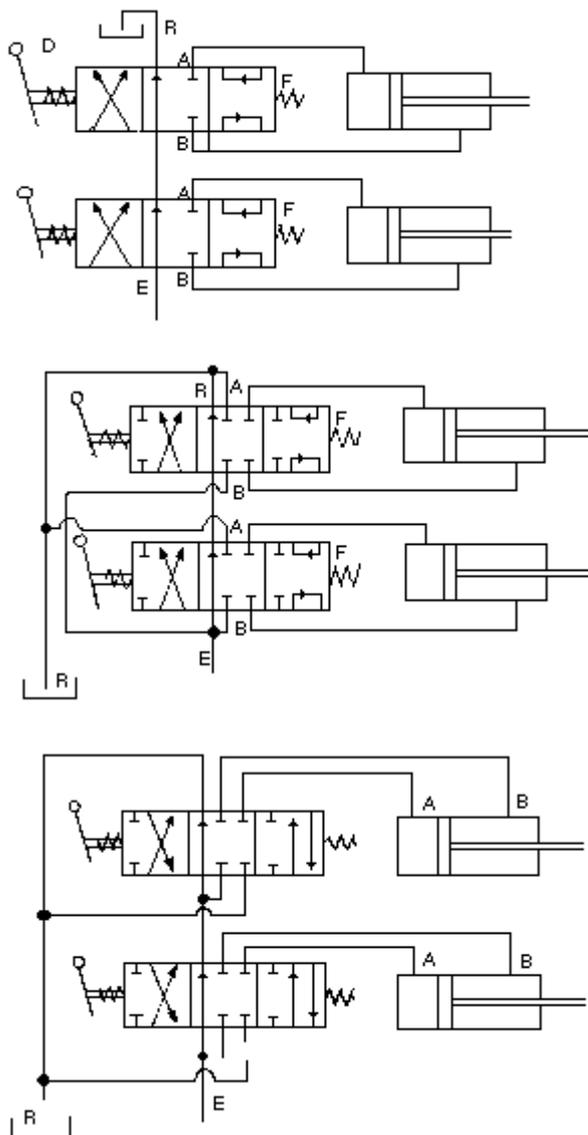


Figura 17- Representação esquemática dos diferentes tipos de ligações dos distribuidores. a) ligação em série b) ligação em paralelo c) ligação "individual"
 A; B- Conduitas de trabalho; E- bomba; F- distribuidor; R- reservatório.

2.2.2.6- Os elementos de regulação da energia hidráulica

Os elementos de regulação têm uma acção sobre a pressão e débitos dos circuitos hidráulicos e são designados por:

- válvulas de regulação da pressão;
- válvulas de regulação do débito;
- válvulas de retenção.

2.2.2.6.1- Válvulas de regulação da pressão

As válvulas de regulação da pressão caracterizam-se em função da sua acção como:

- válvulas limitadoras de pressão;
- válvulas de redução de pressão;
- válvulas de sequência.

2.2.2.6.1.1- Válvulas limitadoras de pressão

Estes elementos, também designados por válvulas de segurança, permitem limitar a pressão no interior dos circuitos por forma a que aquela não ultrapasse o valor máximo suportado pelas condutas; estes elementos são, assim, órgãos que permitem desviar para o depósito o óleo em excesso. Esta situação verifica-se quando o débito da bomba é superior ao necessário, protegendo-se, assim, todos os outros componentes das sobrepensões que causam o desgaste e a fadiga

dos circuitos. A localização destes dispositivos é particularmente importante junto dos receptores, onde se verificam variações bruscas de pressão.

Relativamente ao seu funcionamento estas válvulas consideram-se divididas em:

- válvulas de acção directa, também designadas por válvulas simples ;
- válvulas de limitação de pressão de acção indirecta (válvulas compostas).

Nas válvulas de acção directa a abertura é normalmente condicionada pela resistência de uma mola que, quando a pressão do óleo atinge o valor suficiente para vencer a força de compressão da mola (pressão de descarga), esta comprime-se, abrindo-se um circuito de retorno para onde o fluido é conduzido. Este tipo de válvula tem como principal inconveniente a laminagem que causa ao óleo, o que provoca o seu aquecimento e a vibração dos vários componentes, pelo que normalmente são utilizadas em instalações de fraca potência.

As válvulas de limitação de pressão de acção indirecta são constituídas por uma válvula principal e uma piloto, sendo a abertura da primeira só possível quando esta última se abre e deixa sair o óleo que se encontrava na face da válvula principal oposta aquela onde se verifica a pressão do circuito principal; normalmente as pressões nas duas faces do êmbolo estão equilibradas, mantendo-se a válvula principal fechada devido à compressão de uma mola. Quando a pressão no circuito é superior à exercida pela mola e como não há pressão do óleo na face oposta, devido à abertura da válvula piloto, ela abre deixando sair o óleo. Estas válvulas encontram-se geralmente em instalações de grande débito permitindo, devido ao menor aquecimento do óleo, menores perdas de potência.

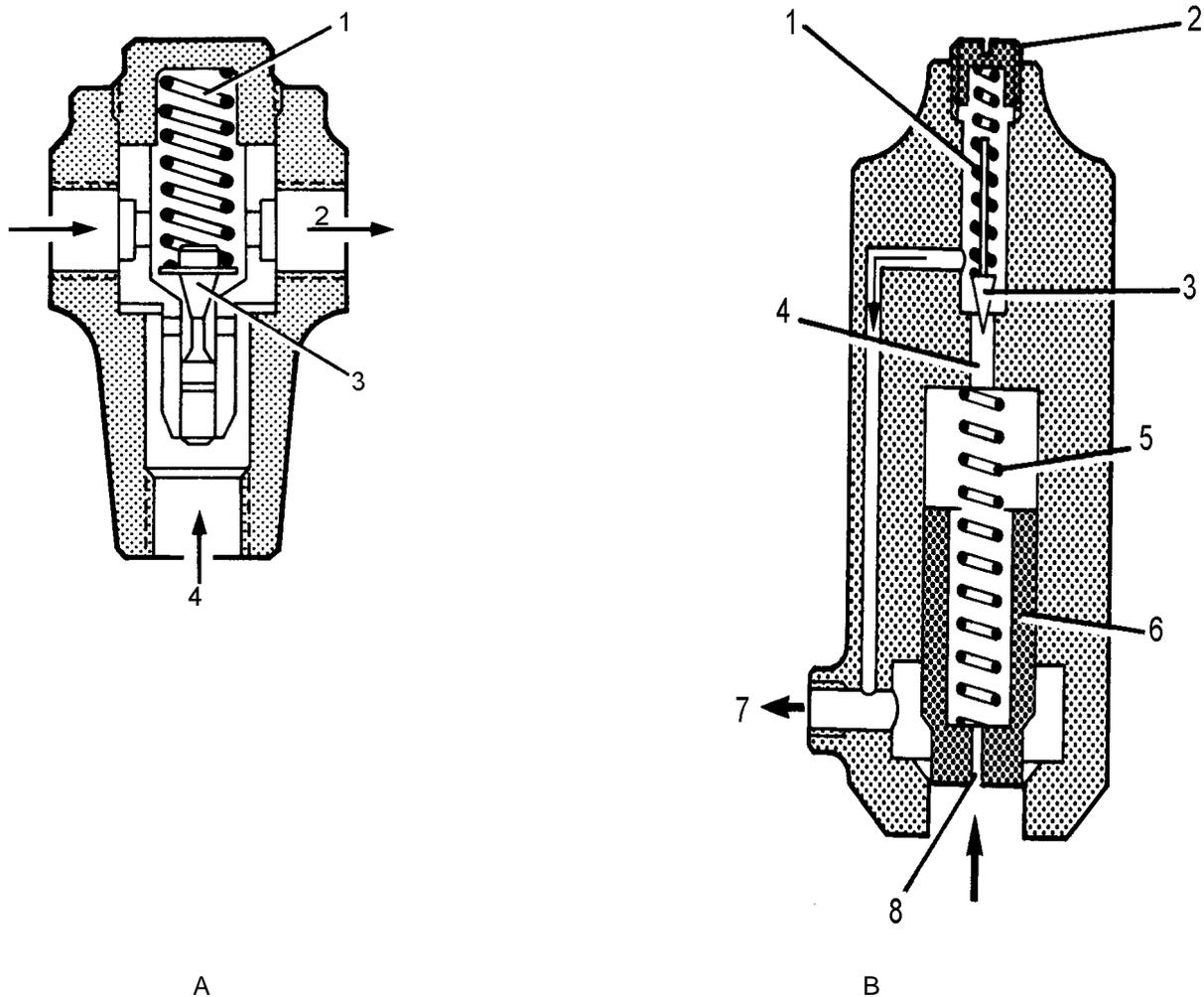


Figura 18- Válvulas limitadoras de pressão de acção directa (A) e de acção indirecta (pilotada) (B)

A: 1- Mola 2- Retorno 3- Válvula 4- Pressão

B: 1- Mola - piloto 2- Parafuso de regulação 3- Válvula piloto 4- Orifício piloto 5- Mola principal

6- Êmbolo principal 7- Retorno 8- Orifício calibrado

Fonte: CEMAGREF (1991)

2.2.2.6.1.2- Válvulas de redução de pressão

As válvulas redução de pressão permitem fornecer a uma parte do circuito hidráulico uma pressão inferior à do circuito principal; estes elementos, em situação normal, encontram-se abertos e só quando a pressão sobe é que se fecham.

Estes componentes podem fornecer uma pressão constante, sempre inferior à do circuito principal, ou uma pressão com um diferencial fixo relativo a este último.

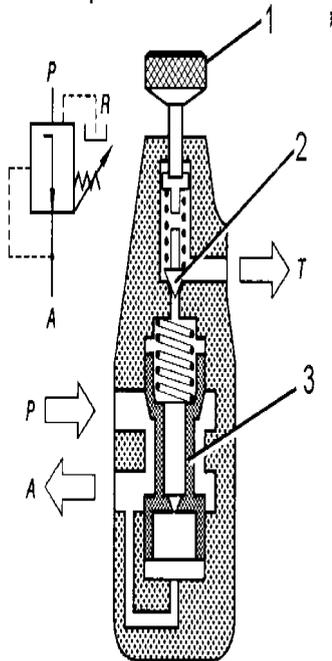


Figura 19- Representação de um redutor de pressão

1- Parafuso de regulação 2- Piloto 3- Regulador

Fonte: CEMAGREF (1991)

2.2.2.6.1.3- Válvulas de sequência

Estas válvulas permitem alimentar uma parte do circuito desde que a pressão no circuito principal, ou numa porção deste, atinja determinado valor; permitem, por exemplo, que se efectue um determinado trabalho, depois de um outro ter sido executado.

O funcionamento destas válvulas é semelhante às limitadoras de pressão mas o óleo em vez de ser canalizado para o reservatório vai ainda ser utilizado.

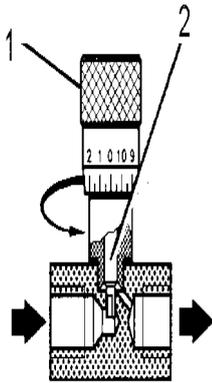
2.2.2.6.1.4- Válvulas reguladoras de débitos

Estes elementos tem por função controlar o débito de óleo para os diferentes receptores, por forma a condicionar, por exemplo, o movimento ou a velocidade de deslocamento.

Relativamente à sua classificação esta é feita considerando a sua sensibilidade à viscosidade do óleo e se são ou não reguláveis.

Quando estes elementos são insensíveis à viscosidade apresentam-se sob a forma de um estrangulamento cuja espessura é inferior a um quarto do diâmetro da conduta, sendo designados por "válvulas de paredes estreitas", e quando são sensíveis têm uma espessura superior em mais que 25% daquele diâmetro e designam-se por "válvulas de paredes compridas".

Figura 20- Representação de um limitador de débito
 1- Parafuso de regulação 2- Estrangulador
 Fonte: CEMAGREF (1991)

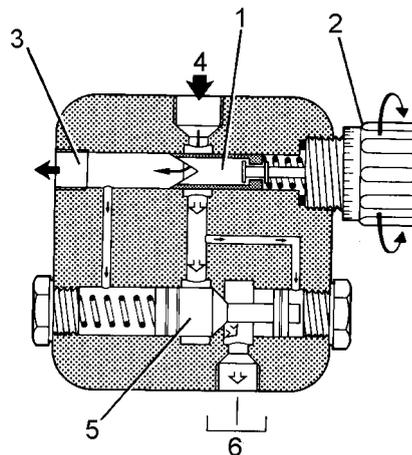


Simbolo



No que se refere à regulação dos débitos estas válvulas designam-se por válvulas compensadoras e não compensadoras. Estas últimas são, na maioria das vezes, apenas um orifício calibrado, sendo normalmente utilizados para regular a velocidade de descida dos equipamentos montados; não são aconselhadas em instalações de grande potência devido ao aquecimento do óleo.

As válvulas compensadoras permitem manter o débito constante à sua saída mesmo que se verifiquem variações no débito de entrada. O seu funcionamento consiste em controlar a variação de pressão por uma mola por forma a regular a área do orifício de descarga, condicionando-se assim o seu débito.



Símbolo

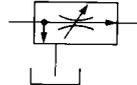


Figura 21- Regulador de débito de três vias
 1- Válvula 2- Parafuso de regulação 3- Saída regulada 4- Entrada 5- Tirante 6- Débito em excesso
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Para além destes dois tipos de válvulas existem ainda outras semelhantes a estas, que são designadas por divisores de débitos, que permitem que uma dada bomba alimente mais que um circuito, fazendo-se a distribuição de óleo de acordo com as necessidades de cada um dos circuitos. Estes divisores permitem, por exemplo, assegurar a prioridade de determinados circuitos de segurança, caso dos travões e direcção.

2.2.2.6.1.5- Válvulas de retenção

As válvulas de retenção, também designadas por válvulas anti-retorno, permitem a passagem do óleo em apenas um sentido, utilizando-se, por exemplo, para manter a pressão numa parte do circuito. Relativamente à sua constituição ela é muito variada sendo as mais simples apenas uma esfera que se mantém pressionada por uma mola, até às mais elaboradas que são pilotadas, o que permite, caso o operador o deseje, o retorno do óleo.

Estas válvulas podem ser montadas aos pares, formando uma dupla válvula anti-retorno, permitindo, assim, bloquear nos dois sentidos; exemplo de um êmbolo de duplo efeito.

2.2.2.7- Os acumuladores hidráulicos pressão

Os acumuladores hidráulicos de pressão permitem absorver eventuais aumentos de pressão, absorver as pulsações que se dão nos circuitos, regularizar a pressão para compensar as fugas de óleo e os efeitos da dilatação deste ou, mais frequentemente, regular a alimentação de um receptor. Neste último caso a energia armazenada nos acumuladores pode ser restituída quando o débito da bomba é insuficiente ou quando o motor de accionamento da bomba se encontra parado, o que permite efectuar algum trabalho sem necessidade daquela. A não utilização de um acumulador implica a presença de uma bomba de grande dimensão ou de um motor eléctrico, que é uma solução dispendiosa.

Relativamente aos principais tipos de acumuladores tem-se:

- acumuladores de pesos;
- acumuladores de molas;
- acumuladores pneumáticos.

Os acumuladores de pesos funcionam como um êmbolo em que o tirante suporta uma carga, pelo que a sua pressão é constante; o seu principal inconveniente é o seu grande volume e não se "ajustar" às variações de pressão do circuito.

Os acumuladores de molas são constituídos por um cilindro no qual se movimenta um êmbolo cuja posição resulta do balanço da pressão exercida pelo óleo e a resistência de uma mola colocada na extremidade oposta do êmbolo.

Os acumuladores pneumáticos são, sem dúvida, os mais utilizados e baseiam-se na faculdade que os gases têm de se comprimirem quando sujeitos a pressão e de se dilatarem quando esta deixa de se fazer sentir. Estes componentes, conforme a sua constituição, podem ser classificados em acumuladores de êmbolos, membrana ou saco.

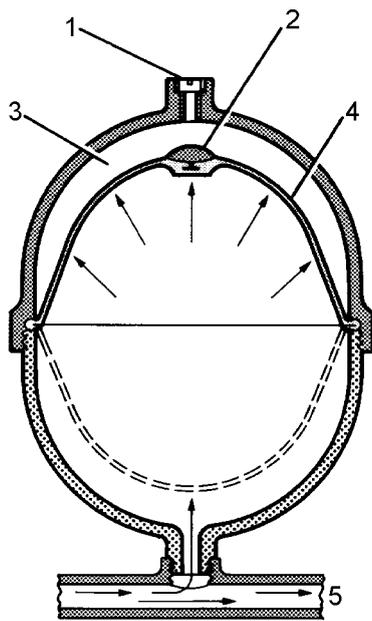


Figura 22- Representação de um acumulador pneumático
 1- Válvula de enchimento 2- Pastilha metálica 3- Gaz (azoto) 4- Diafragma 5- Conduta de trabalho
 Fonte: CEMAGREF (1991)

Relativamente aos primeiro tipo eles são semelhante aos acumuladores de molas, sendo estas, no entanto, substituídas por um êmbolo. Os de membrana são constituídos por duas semi-esferas fixas uma à outra tendo na sua junção uma membrana que separa o líquido do gaz que está sob pressão. A utilização destes elementos verifica-se nos circuitos de calda dos pulverizadores para manter uniforme a pressão de saída.

Os acumuladores de saco apresentam um invólucro deformável de borracha sintética, que está cheio de ar, e uma válvula de enchimento. Quando a pressão no interior do reservatório, onde se encontra o invólucro, aumenta, este é comprimido mantendo constante a pressão no reservatório.

2.2.2.8- Os filtros de óleo

Os filtros de óleo nos circuitos de transmissão podem estar situados em qualquer posição devendo ter-se um cuidado especial com a sua manutenção; estes circuitos apresentam alguns componentes extremamente sensíveis, pelo que qualquer impureza pode ocasionar danos graves. Os filtros utilizados devem ser os indicados pelo construtor pois, devido às pressões bastante altas que se verificam nalgumas partes dos circuito, os elementos filtrantes podem não suportar a carga a que são sujeitos.

2.2.2.9- Os permutadores de calor

Os permutadores de calor são radiadores destinados a evitar que o óleo atinja temperaturas que ponham em causa as suas características físicas e químicas. Estes elementos encontram-se normalmente situados nos trajectos do circuito em que a pressão é nula ou muito baixa.

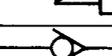
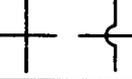
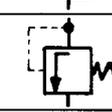
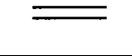
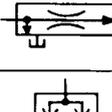
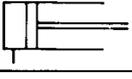
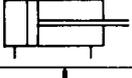
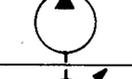
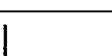
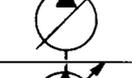
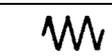
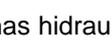
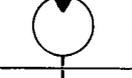
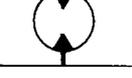
	Conduta de trabalho		Motor de cilindrada variável e duplo sentido de rotação
	Conduta de pilotagem		Símbolo de um distribuidor com três posições diferentes
	Conduta de fugas		Distribuidor 4/3 - 4 orifícios - 3 posições
	Conduta de enchimento		Comando manual
	Conduta de aspiração		Comando hidráulico directo
	Conduta flexível		Comando hidráulico indirecto
	Ligação de condutas		Válvula anti-retorno
	Cruzamento de condutas sem ligação		Limitador de pressão com acção directa
	Ligações mecânicas		Limitador de pressão com acção pilotada
	Indicações do sentido do fluxo de óleo		Divisor de débito
	Indicações do sentido de rotação		Acumulador de pressão
	Flexa indicadora da possibilidade de variação de uma regulação		Estrangulamento: - sensível à viscosidade - não sensível à viscosidade
	Macaco de simples efeito		Filtro
	Macaco de duplo efeito		Radiador de óleo
	Bomba de cilindrada fixa e sentido único de débito		Ligação rápida
	Bomba de cilindrada variável e sentido único de débito		Reservatório ao ar livre
	Bomba de cilindrada variável e duplo sentido de débito		Mola
	Motor de cilindrada fixa e sentido único de rotação		
	Motor de cilindrada fixa e duplo sentido de rotação		

Figura 23- Símbolos de alguns componentes dos sistemas hidráulicos.
Fonte: CNEEMA (1991)

2.2.3- Óleos para as transmissões hidráulicas.

À semelhança das transmissões mecânicas os óleos utilizados nas transmissões hidráulicas são de origem mineral aos quais se adicionam vários aditivos nomeadamente os inibidores de oxidação, anti-ferrugem, anti-congelantes, anti-desgaste e aditivos melhoradores do índice de viscosidade.

2.2.3.1- Características dos óleos hidráulicos

Entre as principais características destacam-se as seguintes:

- viscosidade;
- compressibilidade;
- solubilidade do ar;
- anti-espuma;
- resistência à oxidação

2.2.3.1.1- Viscosidade

A viscosidade é, sem dúvida, a característica mais importante dos óleos hidráulicos sendo a sua escolha um compromisso entre a lubrificação dos componentes e o seu rendimento. A lubrificação implica que a viscosidade seja suficientemente alta para que se forme uma película lubrificante que evite o desgaste das superfícies deslizantes, mas suficientemente baixa para evitar fenômenos de cavitação, uma insuficiente capacidade de aspiração pela bomba e perdas de potência devido à sua maior resistência ao movimento. Este abaixamento de rendimento mecânico resultante da maior viscosidade poder ser atenuado pelo maior rendimento volumétrico resultante da melhor vedação das fugas no sistema.

2.2.3.1.2- Compressibilidade

Os óleos apresentam, quando isentos de ar e gases dissolvidos, baixa compressibilidade, pelo que esta característica não tem grande importância na sua escolha.

2.2.3.1.3- Solubilidade do ar

A presença de ar no seio do óleo aumenta a sua compressibilidade, causando geralmente um trabalho ruidoso e vibrações. Estas bolhas sofrem uma ação dispersante no interior da bomba o que origina a sua fragmentação aumentando o intervalo de tempo até atingirem o reservatório.

2.2.3.1.4- Características anti-espuma

Esta propriedade dos óleos hidráulicos evita a formação de espuma à superfície, o que poderia acontecer caso o ar fosse libertado da solução e não se dispersasse rapidamente. Os óleos base utilizados no fabrico dos óleos hidráulicos apresentam esta características podendo, no entanto, ser melhorada através de aditivos.

2.2.3.1.5- Resistência à oxidação

A resistência à oxidação é uma das principais características dos óleos pois, devido às condições em que normalmente funcionam, têm tendência para se alterarem quimicamente, o que conduz ao aumento da viscosidade, formação de lamas e maior dificuldade de separação da água.

Relativamente aos óleos utilizados nas transmissões hidráulicas eles são diferentes conforme as transmissões são hidrocínéticas ou hidrostáticas. As classificações mais utilizadas para cada um destes tipos são as seguintes:

2.2.3.2- Óleos para transmissões hidrocínéticas

Para as transmissões hidrocínéticas, caixas de velocidades automáticas e semi-automáticas e em direcções assistidas o óleo deve apresentar um alto índice de viscosidade, uma boa fluidez a baixa temperatura e boa estabilidade térmica.

A classificação destes óleos ("óleos hidrocínéticos") deve-se a dois grandes construtores, a General Motor e a Ford.

Para o primeiro destes construtores tem-se os seguintes tipos de óleos:

- **ATF** tipo **A** sufixo **A**: são óleos utilizados nos ligadores hidráulicos, conversores de binário, direcções assistidas e transmissões automáticas;
- **HTF** tipo **C 2**: correspondente aos óleos anteriores mas apresentando maiores índices de resistência à oxidação e aquecimento e não alterarem a borracha;
- **HFT** tipo **C 3**: especificação em vigor depois de 1977 e corresponde às características dos óleos anteriores juntando-se ainda a neutralidade relativamente às juntas, propriedades anti-ferrugem e protecção contra o desgaste;
- **ATF** «Dexron D.II»: óleo semelhante ao **ATF** tipo **A** sufixo **A**, mas mais severo.

ATF- automatic transmission fluid.

Relativamente à Ford as especificações são **Ford M2 C 33 E** ou **F** que exigem o mínimo de estabilidade do índice de viscosidade, uma temperatura de escoamento inferior a -40° C, um mínimo de qualidades anti-corrosivas e ser neutro para as juntas.

2.2.3.3- Óleos para transmissões hidrostáticas

Considerando os óleos para as transmissões hidrostáticas ("óleos hidrostáticos") estes devem, para além de assegurarem a lubrificação de todas as peças móveis, permitir:

- transmitir a potência hidráulica em diferentes situações de pressão e escoamento;
- melhorar a estanqueidade entre os vários elementos móveis do circuito;
- ajudar o arrefecimento do motor;
- remover todas as impurezas ou partículas existentes no circuito;
- proteger os órgãos da corrosão.

Relativamente às características destes óleos destacam-se as seguintes:

- apresentarem um elevado índice de viscosidade;
- apresentarem uma elevada resistência ao esmagamento;
- serem capazes de se separarem rapidamente do ar para que este não seja introduzido no circuito, o que provocaria danos nas juntas e mesmo nos metais;
- terem propriedades anti-corrosivas, anti-emulsão e anti-espuma;
- terem um ponto de anilina conveniente, por forma a não danificar os materiais que integram o circuito, nomeadamente as juntas.

No que se refere à sua classificação existe uma norma francesa, **AFNOR E 48-603**, que define as seguintes categorias:

- óleos **HH** que são óleos minerais simples que se podem oxidar, acidificar e produzir depósitos que perturbam os circuitos;
- óleos **HL** que são óleos **HH** com características anti-oxidantes e anti-corrosivas melhoradas, o que permite triplicar o tempo de utilização;
- óleos **HM** que são óleos **HL** mas com aditivos anti-desgaste para resistir às pressões elevadas;
- óleos **HV** que são óleos **HM** a que se juntaram aditivos de viscosidade que permitem uma resistência do filme de óleo às altas temperaturas.

Cada uma destas categorias apresenta sete classes de viscosidade, referenciadas pelos números 15, 22, 32, 46, 68, 100, 120 e 150, que se referem a uma dada gama de viscosidade cinemática, definida em $\text{mm}^2.\text{s}^{-1}$ e determinada a 40° C. Estes números não têm uma ligação directa com as viscosidades SAE.

Quadro 1- Classificação dos óleos hidrostáticos conforme a viscosidade.

Classe	Viscosidade a 40° C. (mm ² .s ⁻¹)	
	Mínima	Máxima
15	13.5	16.5
22	19.8	24.2
32	28.8	35.2
46	41.4	50.6
68	61.2	74.8
100	90.0	110.0
150	135.0	165.0

3- Organização dos circuitos hidráulicos

A organização dos circuitos hidráulicos nas transmissões hidrostáticas é feita quer em circuito aberto quer em circuito fechado, conforme o óleo retorna ao reservatório depois do receptor ter realizado o trabalho, ou, utilizado novamente depois de sair deste último.

3.1- Princípio de uma transmissão hidrostática funcionando em circuito aberto

As transmissões hidrostáticas que funcionam em circuito aberto são geralmente constituídas por uma bomba de débito constante e sentido único, sendo a alimentação dos receptores assegurada por um distribuidor com um número de saídas igual às funções a desempenhar pelo receptor.

Este tipo de transmissão utiliza-se geralmente para accionamento de órgãos de máquinas como os sistemas hidráulicos dos tractores.

Representando esquematicamente um destes circuitos tem-se:

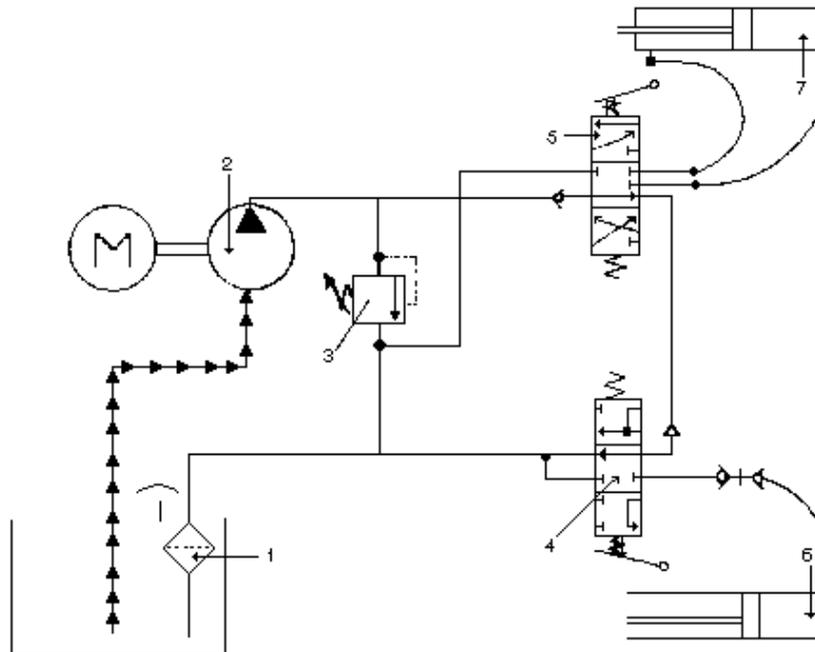


Figura 24- Representação esquemática duma transmissão hidrostática em circuito aberto com uma bomba de débito e sentido único.

1- Filtro; 2- bomba; 3- válvula limitadora de pressão; 4- distribuidor de simples efeito; 5- distribuidor de duplo efeito; 6- êmbolo de efeito simples; 7- êmbolo de efeito duplo.

Fonte: CNEEMA (1986)

3.2- Princípio de uma transmissão hidrostática funcionando em circuito fechado

As transmissões hidrostática que funcionam em circuito fechado são geralmente aplicadas em equipamentos automotrizes cujo movimento de translação é assegurado hidraulicamente; exemplo das ceifeiras debulhadoras, máquinas de vindimar, etc.

A principal característica destes circuitos é a utilização consecutiva de um mesmo volume de óleo no circuito principal (circuito de potência), o que faz com que a sua temperatura atinge valores relativamente elevadas, pelo que é necessário refrigerá-lo frequentemente; o aquecimento conduz a perdas de volume resultantes das fugas que inevitavelmente se verificam, pelo que é necessário repor o volume perdido pelo circuito principal. A renovação do óleo necessária para a sua refrigeração e compensação das perdas é assegurada por um circuito que se designa por circuito de enchimento.

Representando esquematicamente um destes circuitos tem-se:

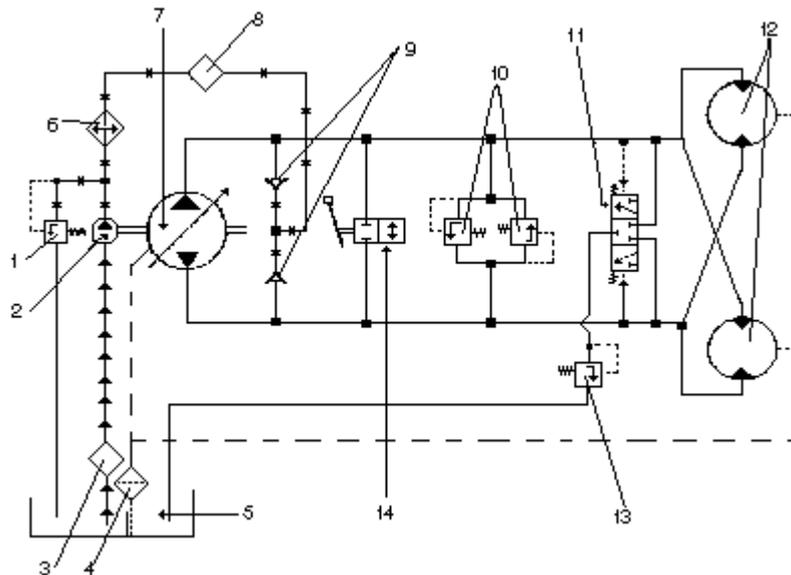


Figura 25- Representação esquemática duma transmissão hidrostática em circuito fechado.

1- Limitador de pressão; 2- bomba de enchimento; 3- filtro; 4- filtro do circuito de retorno; 5- reservatório; 6- permutador de calor; 7- bomba do circuito principal; 8- filtro; 9- válvula do circuito de enchimento; 10- válvula de segurança; 11- distribuidor; 12- motores hidráulicos; 13- limitador de pressão do circuito de principal; 14- distribuidor para isolamento da bomba.

Fonte: CNEEMA (1986)

Como se pode observar na figura 25 o circuito principal é constituído por uma bomba de cilindrada variável e de duplo sentido do débito, que está ligada, em circuito fechado, a dois motores de cilindrada fixa montados em paralelo, mas com duplo sentido de rotação. Invertendo-se o sentido do débito da bomba inverte-se o sentido de marcha do equipamento.

Relativamente ao circuito de enchimento ele é constituído basicamente por uma bomba que aspira o óleo de um reservatório debitando-o, a baixa pressão e depois de passar por um radiador e um filtro, através de duas válvulas reguladoras de pressão, no circuito principal. Estas válvulas permitem introduzir o óleo numa conduta de aspiração do circuito principal.

No que respeita à descarga do óleo quente esta verifica-se quando o débito da bomba é superior ao necessário o que permite que parte dele seja substituído por óleo refrigerado.

Relativamente ao circuito de retorno as fugas são recolhidas ao nível dos diferentes elementos sendo conduzidas para o reservatório.

4- Utilização dos circuitos hidráulicos nos sistemas de direcção e travagem dos tractores

A utilização dos circuitos hidráulicos nos diferentes sistemas, nomeadamente nos de direcção e travagem dos tractores e equipamentos automotrizes, permitem, no primeiro caso, atenuar o esforço físico

necessário para manobrar o volante, especialmente importante quando o eixo direccional se encontra sob carga e, no segundo, aumentar a segurança do condutor, nomeadamente quando em trabalhos de transporte em que os reboques se encontram muito carregados.

4.1- Direcção assistida e hidrostática

Os circuitos hidráulicos podem ser utilizados simultaneamente com as direcções mecânicas, tornando o seu funcionamento mais suave, ou isoladamente. Relativamente ao primeiro caso estas direcções designam-se por assistidas e o segundo por direcções hidrostáticas.

4.1.1- Direcção assistida

Os sistemas de direcção assistida são utilizados principalmente nos tractores de tracção simples de média e alta potência, nos de tracção dupla e equipamentos automotrizes, e têm como finalidade assegurar um movimento de rotação dos pneus, por forma a obter-se uma trajectória precisa e uma boa estabilidade e suavidade de funcionamento. Quando em curva verifica-se sempre um certo deslizamento das rodas directrizes devendo, no entanto, este ser reduzido ao mínimo.

Este sistema, que permite o funcionamento mecânico da direcção quando se verifica no seu seio uma anomalia, pode apresentar o distribuidor e êmbolo incorporados, o distribuidor e êmbolo integrados na caixa de direcção ou um distribuidor e um motor hidráulico.

Relativamente ao primeiro caso o distribuidor e o êmbolo encontram-se montados em linha e dispostos ao lado da caixa de direcção. Ao rodar o volante a alavanca da caixa de direcção, devido ao seu movimento pendular, desloca o distribuidor que, através da sua biela, faz rodar o eixo "pivot" da roda.

Quando o distribuidor e o cilindro se encontram na caixa de direcção, o primeiro tem duas gavetas rotativas estando uma delas ligada à coluna da direcção e a outra ao sem-fim da caixa de direcção; o cilindro tem um êmbolo que está solidário com a manga deslizante que envolve o sem-fim. Fazendo rodar o volante a gaveta do distribuidor ligada ao sem-fim deixa passar o óleo para o outro compartimento do cilindro pressionando o êmbolo que se desloca arrastando consigo a manga deslizante que faz rodar a alavanca da caixa de direcção.

Para o terceiro caso o distribuidor rotativo e o motor hidráulico formam um conjunto compacto, montado sobre a coluna da direcção, constituindo um amplificador de binário para o volante. O movimento deste motor é transmitido à coluna de direcção, que está ligada à caixa de direcção, que transmite o movimento ao distribuidor fazendo com que este, quando o seu ângulo de rotação for idêntico ao do veio que liga ao volante.

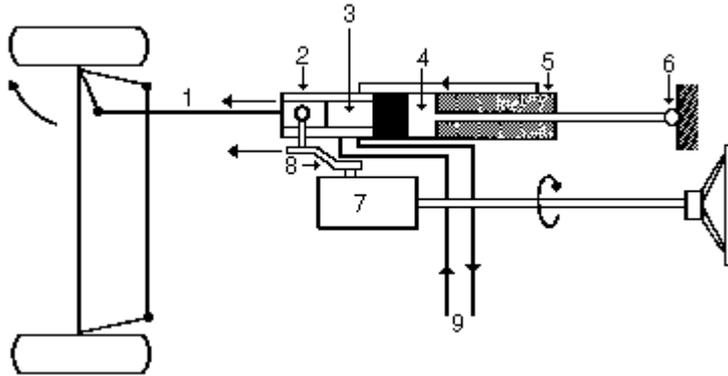


Figura 26- Direcção assistida por distribuidor e êmbolo incorporados em linha.

1- Biela; 2- distribuidor; 3- tirante com movimento alternativo; 4- êmbolo fixo; 5- cilindro; 6- articulação ao quadro; 7- caixa da direcção; 8- alavanca da caixa de direcção; 9- circuito do óleo.

Fonte:BP (1985)

4.1.2- Direcção hidrostática

O aparecimento das direcções hidrostáticas deveu-se a problemas resultantes da manutenção dos diferentes elementos mecânicos das direcções assistidas e da dificuldade resultante da sua construção.

Contrariamente à direcção anterior este tipo é constituído por um circuito hidráulico que liga o dispositivo de comando, accionado pelo volante, aos macacos hidráulicos que alteram a direcção das rodas directrizes.

Relativamente à sua constituição esta consiste basicamente de uma bomba que confere a pressão ao óleo e de um distribuidor rotativo, que tem no seu interior um cilindro que se encontra no interior de uma manga com janelas de alimentação; o tipo de ligação entre estes dois elementos permite manter o distribuidor sempre na posição neutra.

Quanto ao seu funcionamento este consiste no accionamento, pelo volante, do cilindro que transmite o movimento à manga envolvente, accionando esta o rotor de uma bomba que actua como elemento de dosagem do óleo que é conduzido para um dos compartimentos dos macacos hidráulicos que movimentam as rodas. A dosagem do óleo é função do número de voltas do rotor, sendo aquela função da rotação do volante; a bomba funciona como um motor que roda sob a pressão do óleo, sendo, no entanto, a sua rotação controlada pelo movimento do volante.

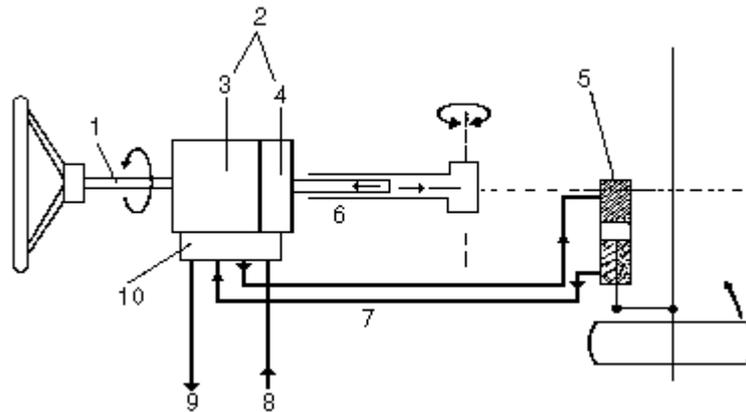


Figura 27- Princípio de funcionamento da direcção hidrostática

1- Coluna da direcção; 2- caixa da direcção; 3- distribuidor rotativo; 4- elemento de dosagem; 5- êmbolo da direcção; 6- regulação da posição do volante; 7- circuito hidráulico; 8- óleo da bomba; 9- saída para o reservatório; 10- bloco de segurança.

Fonte:BP (1985)

4.2- Travagem assistida

O sistema de travagem dos tractores actua geralmente no(s) eixo(s) motor e caracteriza-se pela aplicação de uma força exercida por um elemento de rotação solidário com as rodas relativamente a um elemento fixo ao quadro. Estes elementos são duas superfícies cilíndricas ou, mais frequentemente, dois conjuntos de superfícies planas das faces de discos, que podem estar ou não imersos em óleo.

Relativamente ao seu accionamento este pode ser feito por comando directo ou assistido.

4.2.1- Travagem por comando hidráulico directo

Este tipo de travagem é obtido pela actuação dos pedais numa transmissão hidrostática simples. Esta é constituída por dois cilindros cujos êmbolos são accionados pelos pedais, pelos cilindros receptores que comprimem os discos uns contra os outros, pelas condutas e pelo reservatório; o óleo nas condutas que ligam o reservatório aos cilindros cujos êmbolos são accionados pelos pedais está à pressão atmosférica e o restante sob pressão elevada.

4.2.2- Travagem por comando assistido

Este sistema equipa geralmente os tractores de grande potência, sendo a pressão transmitida aos êmbolos dos travões fornecida por uma bomba ou um compressor.

Assim, neste caso, os pedais actuam sobre um distribuidor que conduz o óleo para os travões com uma pressão proporcional ao curso daquele; quando o tractor se encontra parado a imobilização pode ser assegurada pela pressão de óleo de um acumulador.

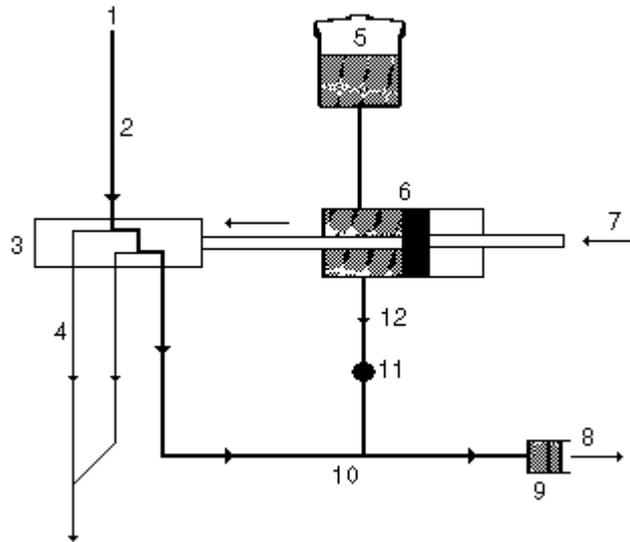


Figura 28- Sistema de travagem assistido por comando hidráulico directo

1- Bomba accionada pelo motor; 2- óleo sob pressão; 3- distribuidor de regulação da pressão; 4- retorno para o reservatório; 5- reservatório auxiliar; 6- cilindro de accionamento; 7- pressão exercida pelos pedais; 8- accionamento dos calços dos travões; 9- cilindro de accionamento dos travões; 10- pressão de assistência; 11- válvula anti-retorno; 12- pressão de segurança.

Fonte:BP (1985)

Em resumo os circuitos hidráulicos dos tratores podem ser representados por:

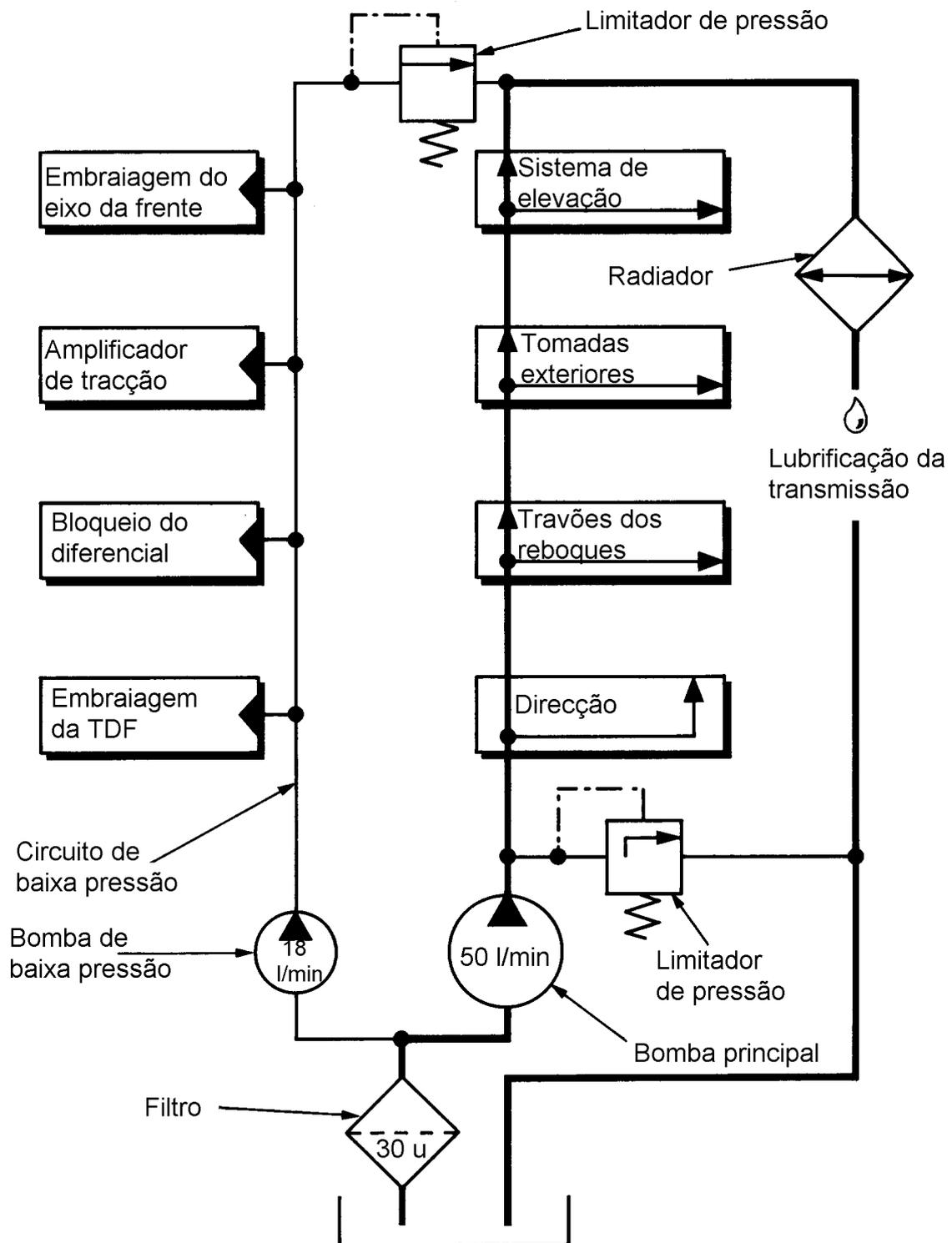


Figura 29- Organograma dos circuitos hidráulicos de um tractor

Bibliografia

Bouhaged, A. (1989). Produits de graissage et de protection. Antony. CEMAGREF.

B.P. (1985). Nouveaux équipements hydrauliques et leur lubrification. Documentation Agricole **145**: 1-24.
B.P.

CEMAGREF (1991)- Les tracteurs agricoles. Technologies de l'agriculture. Antony. CEMAGREF.

CNEEMA (1986)- Tracteurs et machines agricoles. Livre du Maître. Tome 1. Moteurs et tracteurs agricoles.
Antony. CNEEMA.

Deterre, D. (1983). Les composants hydrauliques et leur symbolisation. TMA **804**: 29-46

Deterre, D. (1984). Les huiles de transmissions. TMA **814**: 117-123

Mobil (1978). Sistemas hidráulicos de máquinas industriais. Coleção Técnica 5. Lisboa. EPNC.

Reader's Digest (1976). O livro do automóvel. Lisboa. Reader's Digest.

Shell. Lubrificantes. Sistemas hidráulicos. Shell Portuguesa.