

O sistema de injeção nos motores de ciclo Diesel

Departamento de Agronomia

Principais diferenças entre um motor a gasolina e um a gasóleo

Diferenças entre os motores a gasolina e a gasóleo são as seguintes:

- nos motores a gasolina a **mistura do ar com o combustível** é efetuada ao nível do carburador devido à deslocação de ar resultante da sucção produzida no interior do cilindro, pelo deslocamento do êmbolo para o seu ponto morto inferior. Nos motores a gasóleo não há esta mistura prévia no exterior do cilindro pois o gasóleo é injetado diretamente para o interior deste;
- a **inflamação** nos motores de ciclo Diesel resulta da sua pulverização num dado volume de ar, que se encontra a uma temperatura elevada (> 600°), enquanto que nos motores a gasolina é necessário a formação de uma chispa para desencadear a combustão;

Departamento de Agronomia

Principais diferenças entre um motor a gasolina e um a gasóleo

- nos motores de ciclo Diesel utiliza-se, geralmente, como **combustível o gasóleo** embora, devido à elevada pressão de injeção se possa utilizar destilados de petróleo de maior peso molecular. Estes, devido ao menor grau de refinação, são mais baratos, embora o consumo dos motores seja mais elevado;
- a taxa de compressão nos motores de ciclo Diesel é mais elevada que nos motores de ciclo Otto (\pm duas vezes) pois **no fim da compressão, a pressão no interior da câmara é superior a 40 kg/cm²**. Esta pressão implica que **a pressão de injeção tenha de ser muito superior aquele valor (160 - 170 kg/cm²)** pois, para além de ter de vencer a pressão existente na câmara, é preciso que o gasóleo seja finamente pulverizado.

Departamento de Agronomia

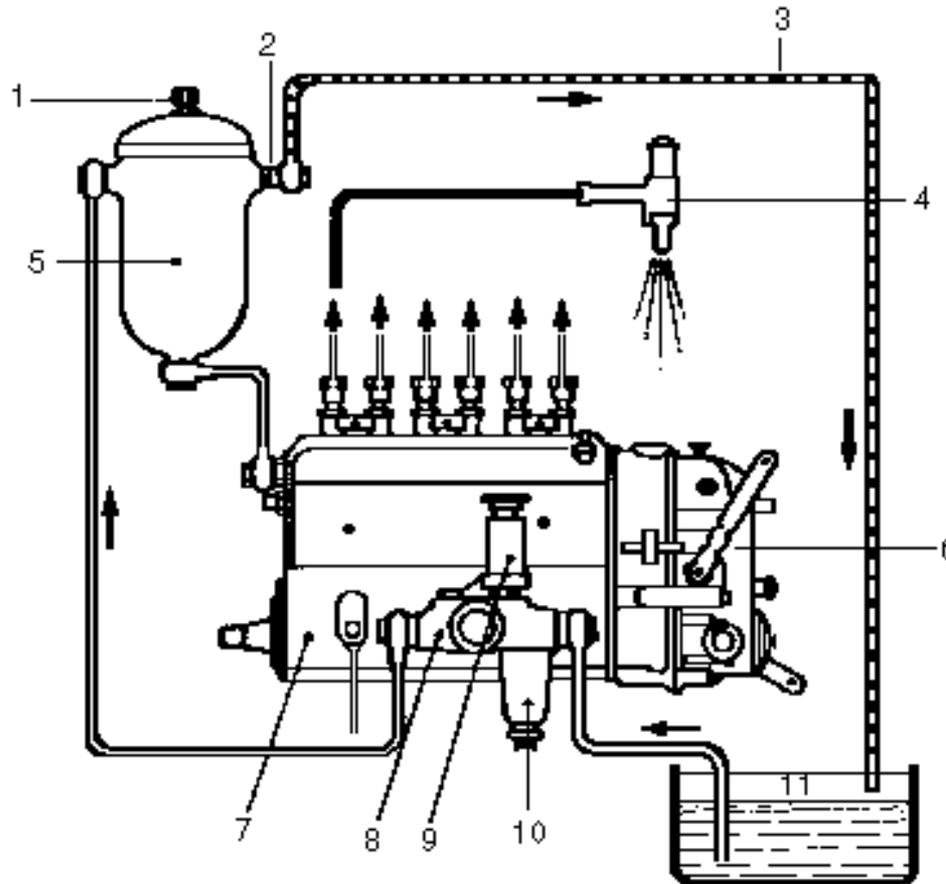
- nos motores de ciclo Otto a **gasolina é introduzida no cilindro praticamente vaporizada**, mas nos motores a gasóleo o combustível apenas sofre, durante o tempo de injeção, uma **vaporização parcial, mantendo-se dividido em pequenas gotículas**, o que dificulta a sua combustão;
- considerando a diferença das taxas de compressão os motores a gasóleo terão forçosamente de ser **mais robustos** que os a gasolina.

Constituição do circuito de alimentação de um motor de ciclo Diesel

A injeção do combustível na quantidade correta, a uma determinada pressão e no momento preciso, são basicamente as principais funções do sistema de alimentação de um motor de ciclo Diesel, que compreende os seguintes elementos:

- um reservatório;
- várias condutas;
- uma bomba de alimentação;
- filtros;
- uma bomba de injeção;
- injetores.

Departamento de Agronomia

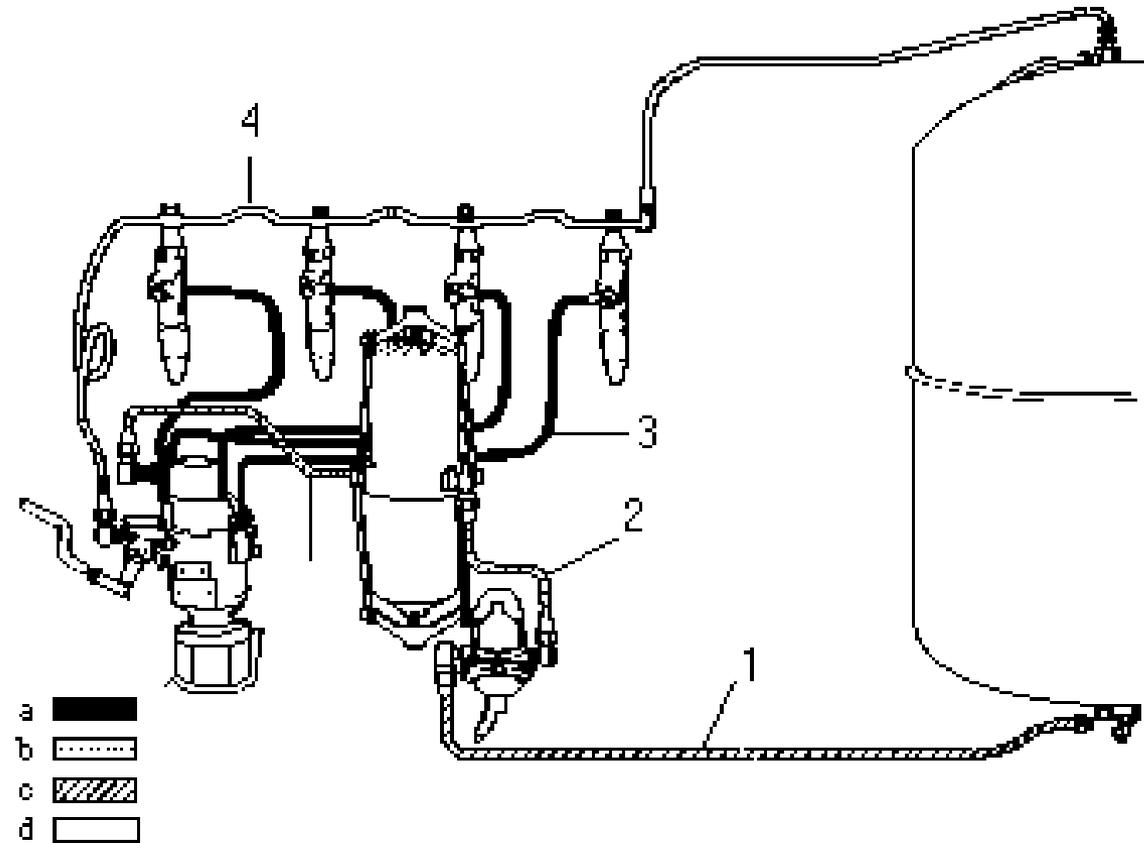


Esquema do circuito de alimentação de um motor Diesel de 6 cilindros.

1- Parafuso de purga 2- Válvula de descarga 3- Circuito de retorno

4- Porta injetor e injetor 5- Filtro 6- Regulador 7- Bomba injetora

8- Bomba de alimentação 9- Bomba manual 10- Pré-filtro 11- Reservatório

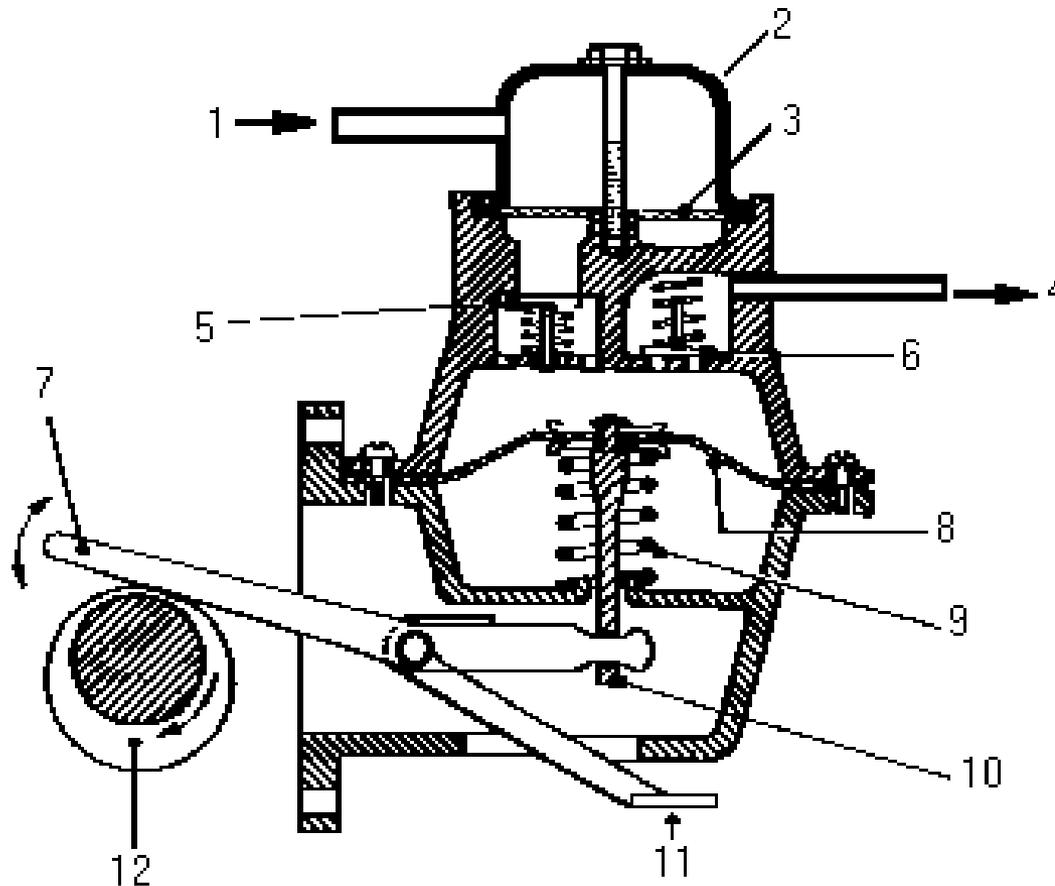


As diferentes condutas do sistema de alimentação

1- Tubo de chegada do combustível 2- Tubos intermédios 3- Tubos de injeção 4- Tubos de retorno

a- alta pressão b- pressão média c- pressão por gravidade ou depressão

d- pressão nula

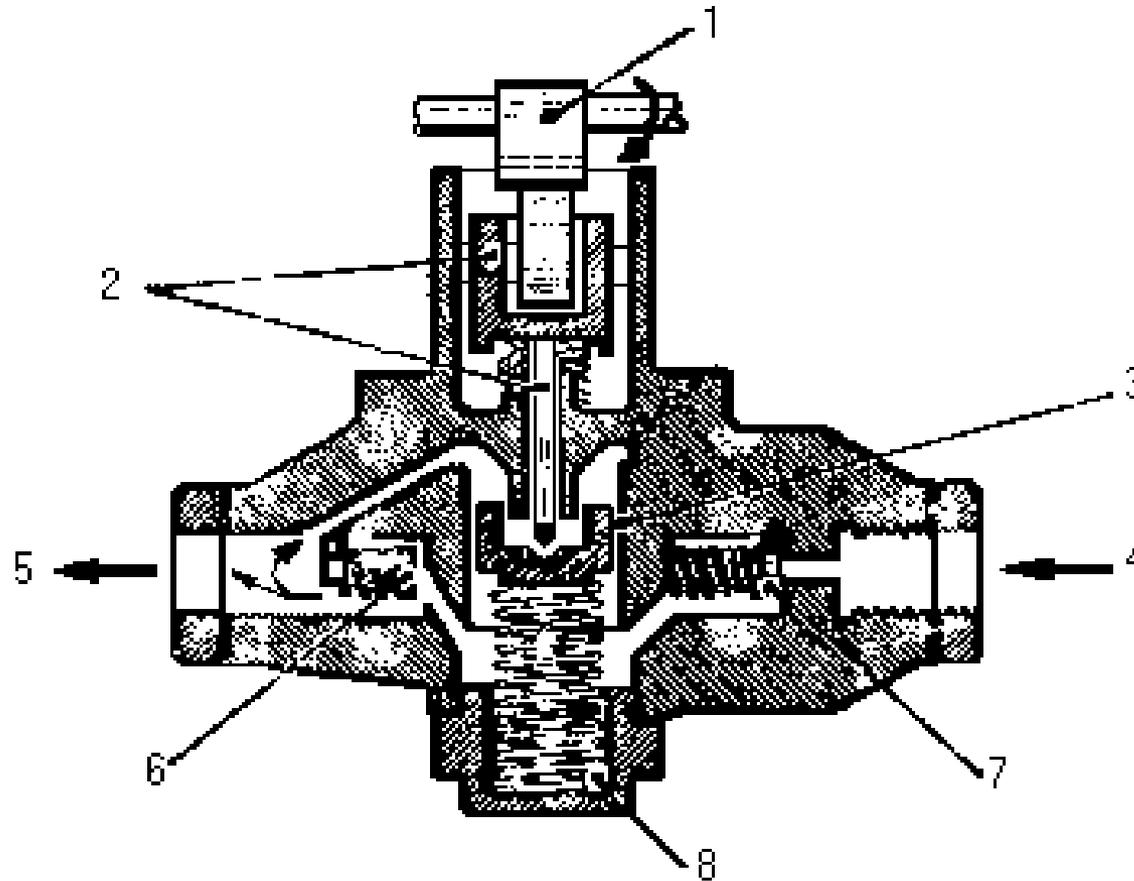


Esquema representativo de uma bomba de alimentação de membrana.

1- Entrada do combustível 2- Tampa 3- Filtro 4- Saída do combustível

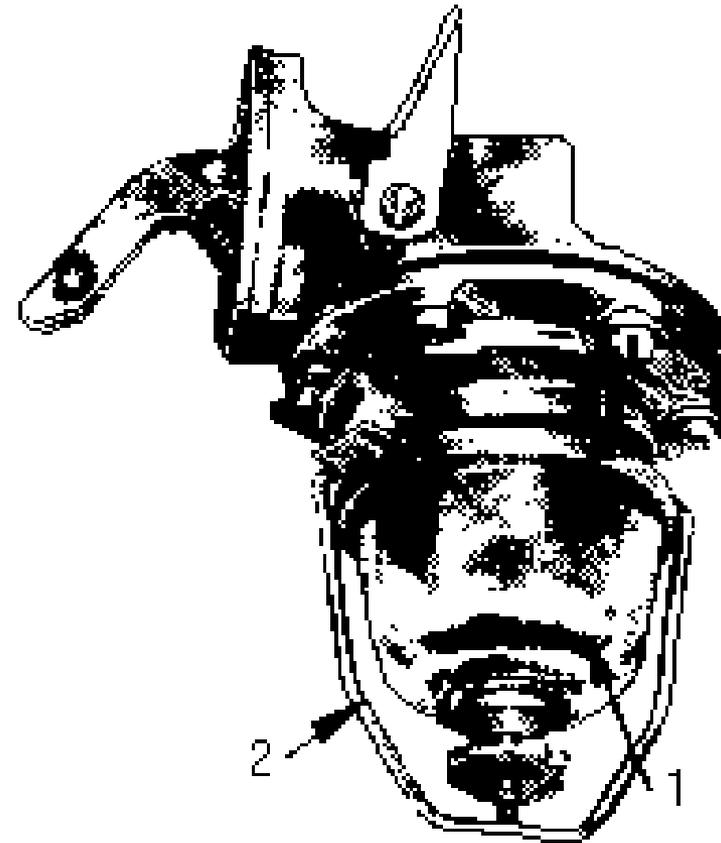
5- Válvula de aspiração 6- Válvula de refluxo 7- Alavanca de acionamento 8- Membrana

9- Mola 10- Veio de comando 11- Alavanca para comando manual 12- Excêntrico



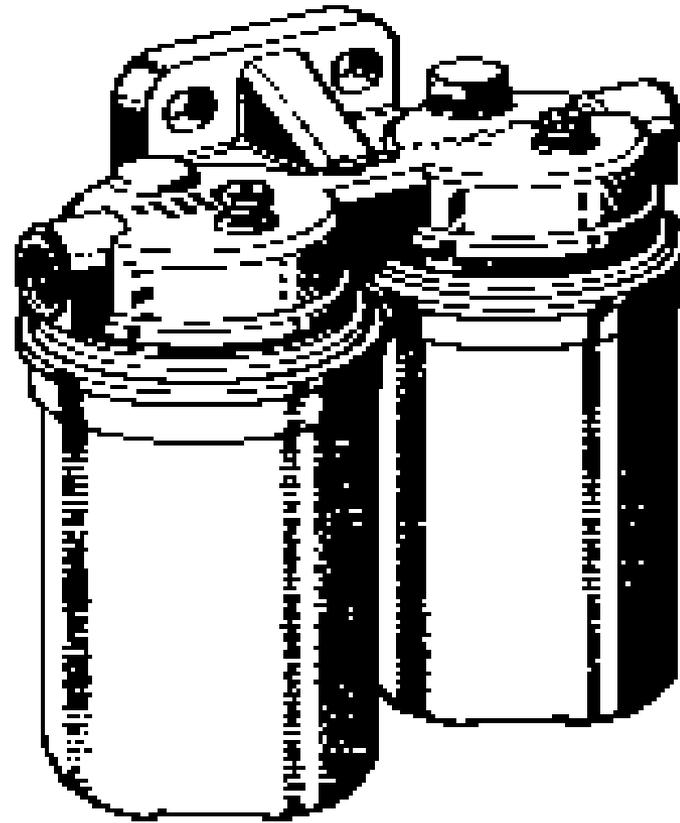
Esquema representativo de uma bomba de alimentação de êmbolo.

**1- Excêntrico 2- Impulsores 3- Êmbolo 4- Entrada de combustível 5- Saída de combustível
6- Válvula de saída 7- Válvula de aspiração 8- Mola**



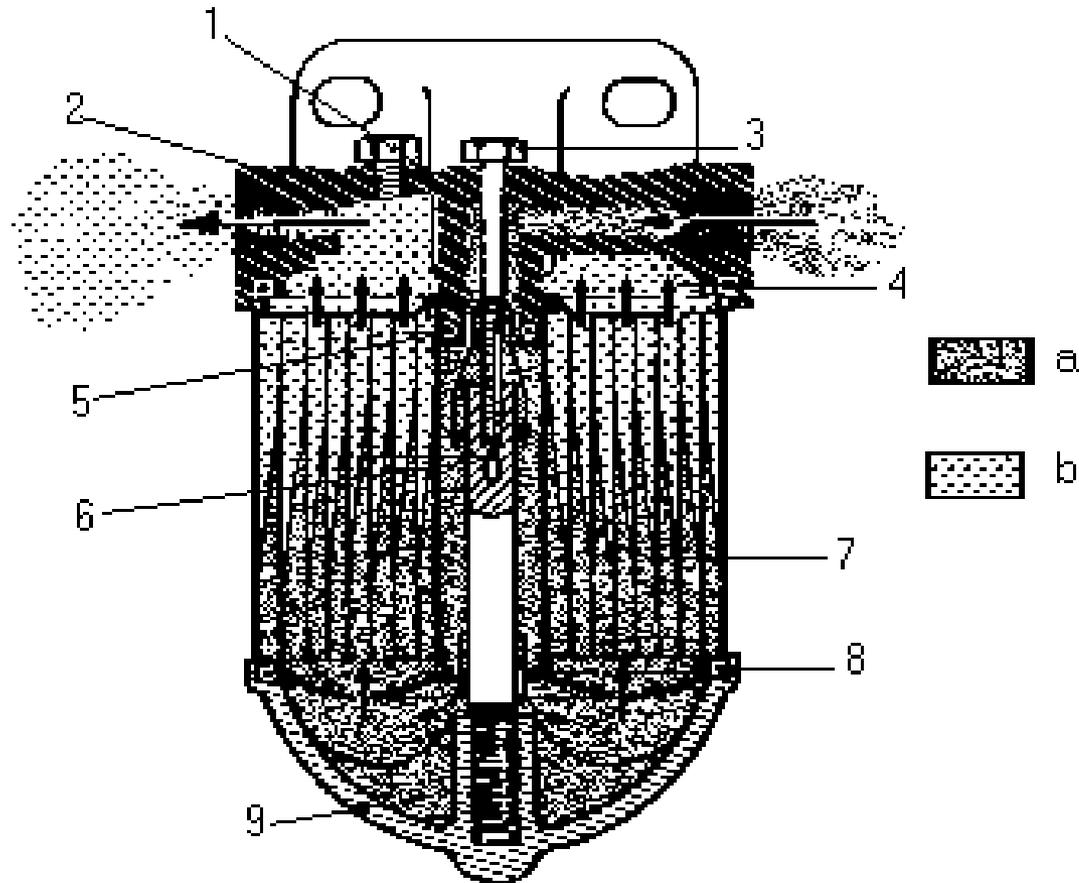
Pré-filtro montado sobre uma bomba de alimentação de membrana

1- Filtro 2- Suporte da tampa de vidro



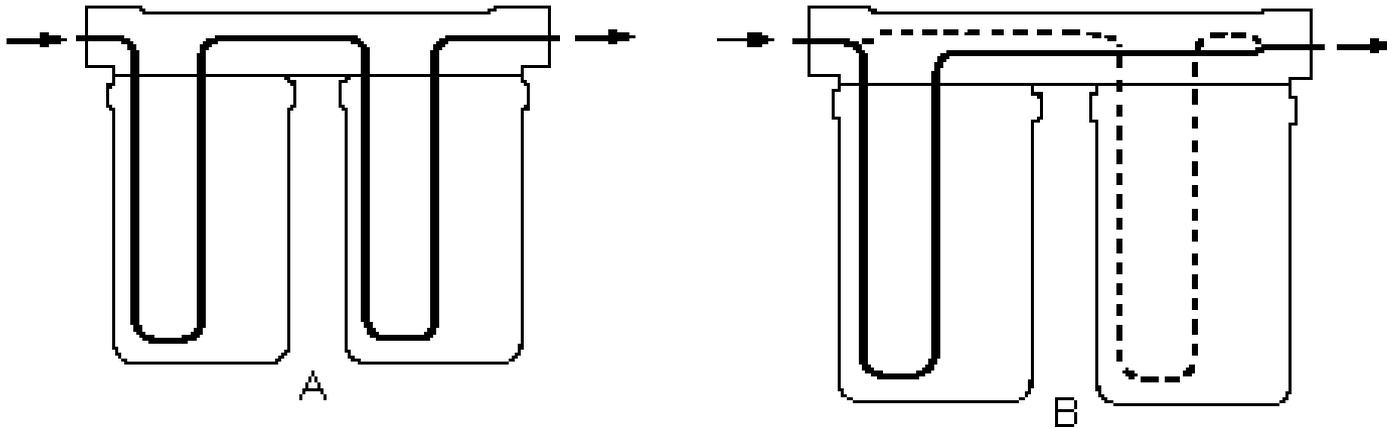
Representação de um filtro constituído por dois elementos filtrantes

Departamento de Agronomia



Representação de um corte de um filtro simples.

1- Parafuso de purga 2- Tampa do filtro 3- Parafuso de ligação do elemento filtrante 4- Junta de estanquicidade 5- Junta 6- Porca central 7- Cartucho 8- Junta de estanquicidade 9- Taça do filtro. a- gásleo não filtrado b- gásleo filtrado



Representação do circuito do gasóleo nos filtros duplos montados em série (A) e em paralelo (B).

As bombas de injeção

Objetivos:

- alimentar cada cilindro, de forma regular, precisa e no momento oportuno, com a quantidade de combustível necessária.

Tempo de injeção:

- alguns milésimos de segundo (ms), correspondente a cerca de 1/10 de volta do veio da bomba; para um regime de 2400 rpm, são ± 2.5 ms.

Quantidade de gásóleo injetado:

- para uma cilindrada unitária de 1 L é, quando o motor funciona em plena carga, de $\pm 1 / 20$ cm³ e de $1 / 100$ cm³ sem carga.

As bombas de injeção (cont)

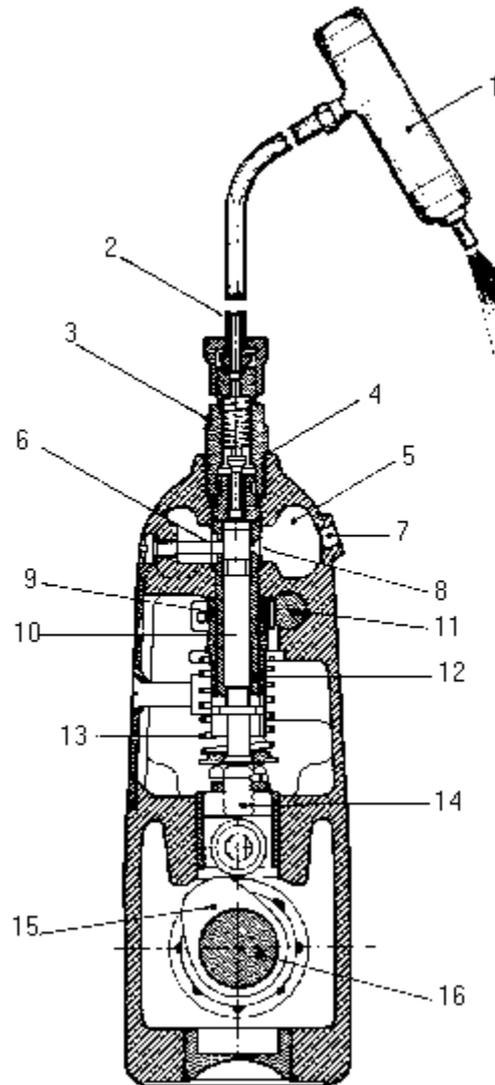
Principais tipos de bombas injetoras:

- as bombas de injeção em **linha**;
- as bombas de injeção **rotativas**.

Bombas de injeção em linha

A bomba de injeção em linha é caracterizada por:

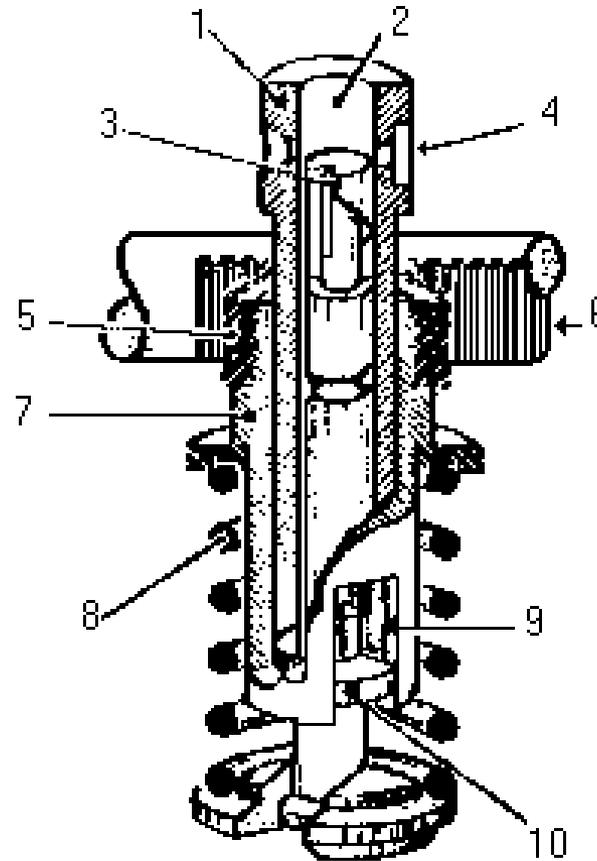
- ter tantos elementos quanto o número de cilindros do motor;
- por os elementos estarem colocados uns a seguir aos outros.



Representação de um elemento de uma bomba de injeção em linha

- 1- Injetor 2- Tubo de alta pressão 3- Conduto de saída
- 4- Válvula de descarga 5- Câmara de alimentação
- 6- Janela de descarga 7- Entrada do combustível
- 8- Janela de admissão 9- Sector dentado
- 10- Êmbolo mergulhador 11- Cremalheira 12- Cilindro
- 13- Mola 14- Taco 15- Excêntrico 16- Árvore de cames.

Departamento de Agronomia

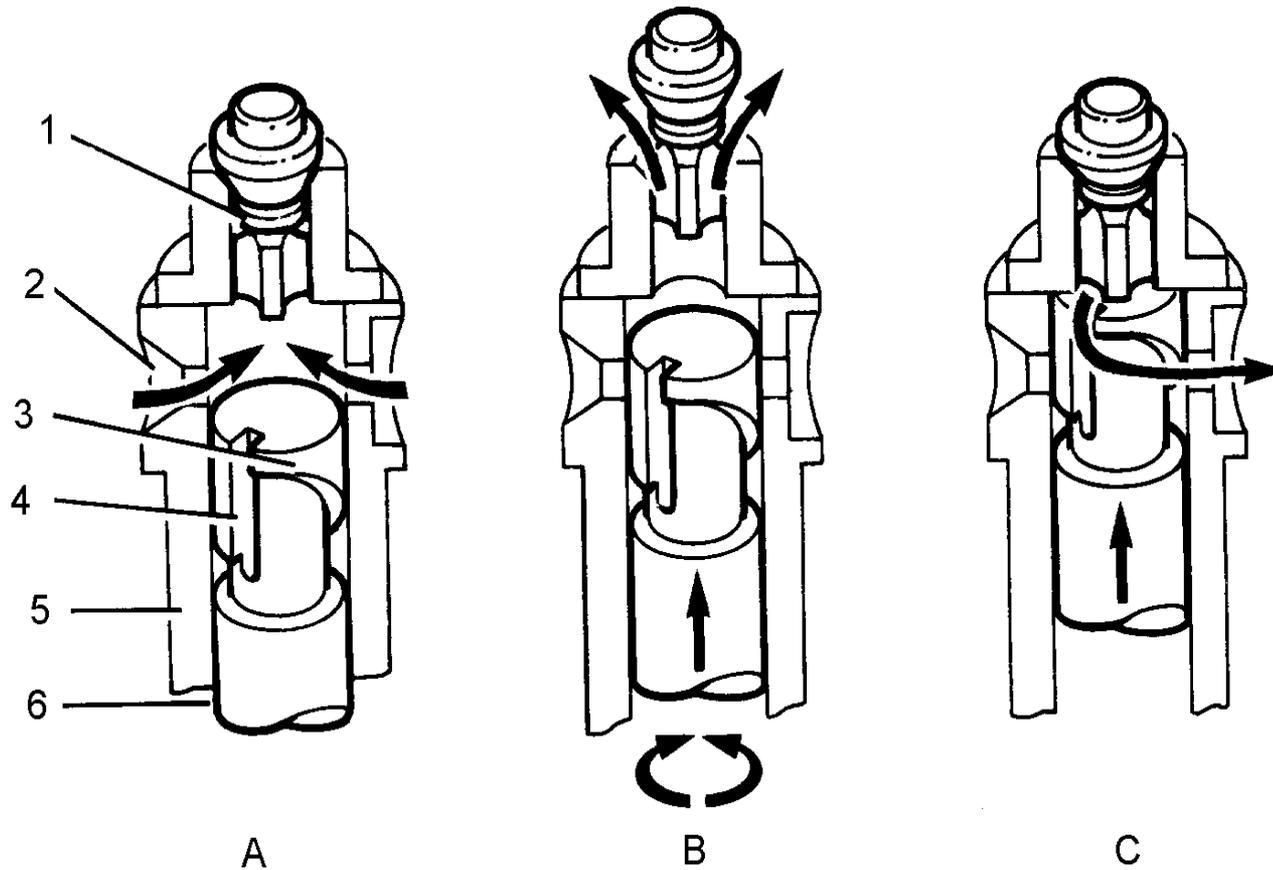


Representação dos mecanismos de comando de rotação do êmbolo.

1- Cilindro 2- Câmara de compressão 3- Êmbolo 4- Janela de admissão

5- Setor dentado 6- Cremalheira 7- Encaixe para o cilindro 8- Mola do êmbolo 9- Ranhura

10- Dedo de comando de rotação do êmbolo.



A

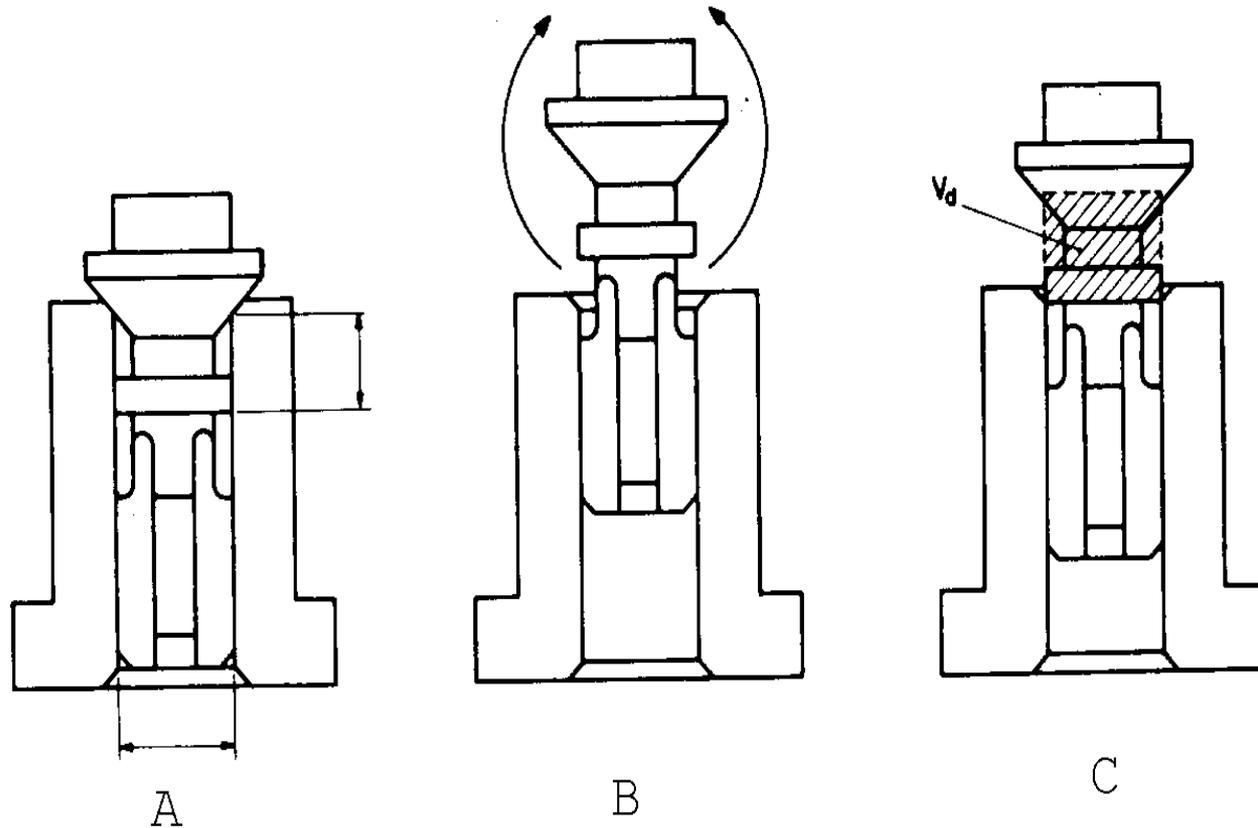
B

C

Funcionamento de um elemento de uma bomba de injeção em linha

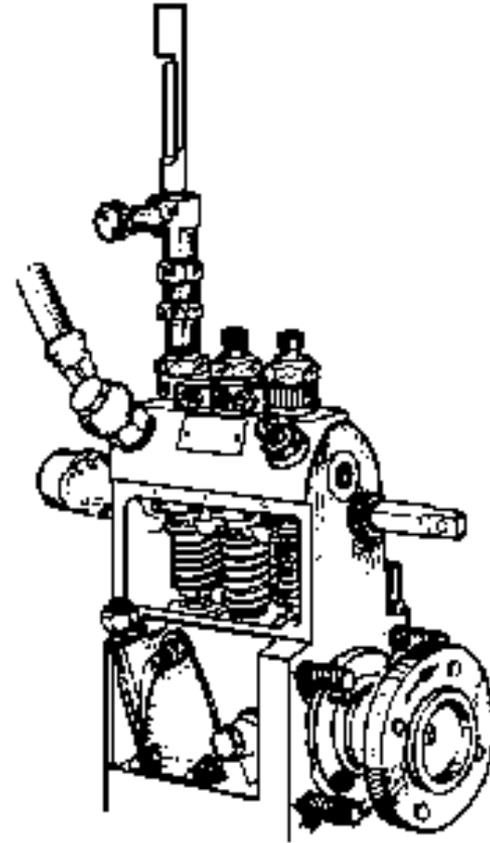
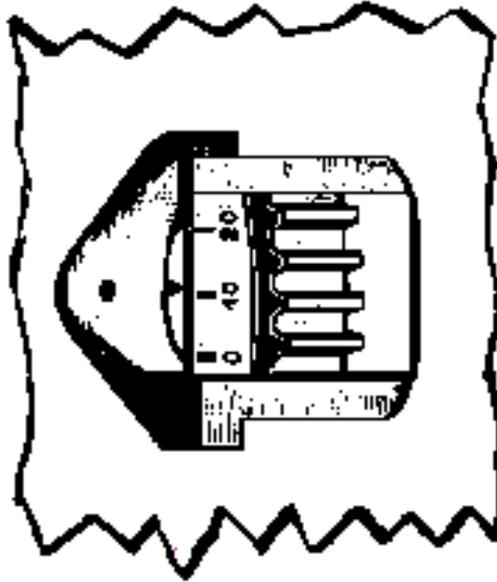
A- Alimentação B- Injeção C- Fim da injeção

1- Válvula de descarga 2- Alimentação 3- Rampa helicoidal 4- Ranhura vertical 5- Cilindro
6- Êmbolo

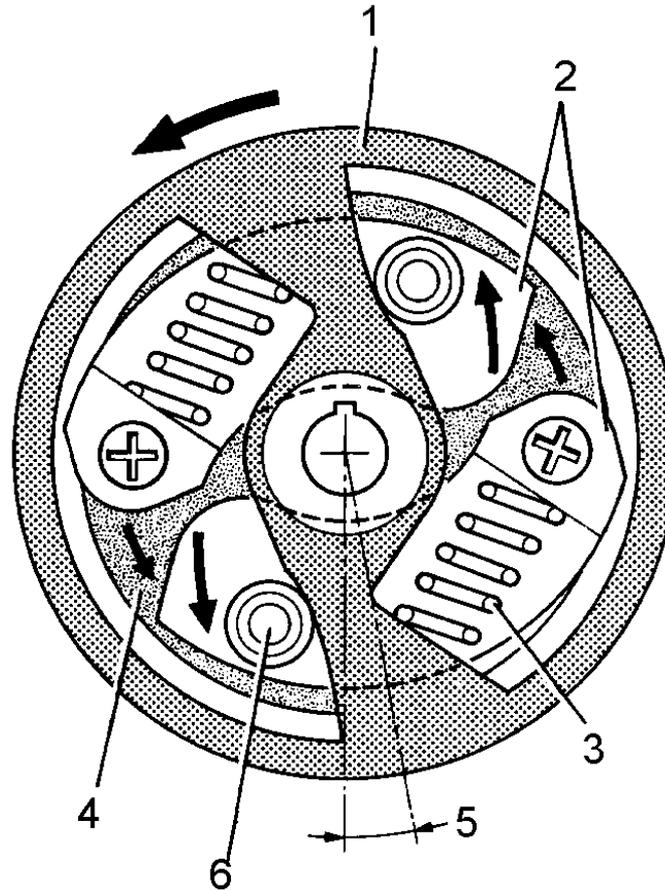


Válvula de descarga, anti - retorno ou aspiração.

A- Válvula fechada B- Passo aberto C- Descida e criação da reaspiração (Vd)



Esquema representativo das marcas existentes no volante motor relativamente ao avanço da injeção e colocação de um tubo capilar num dos elementos para determinar a altura de injeção.



Corretor centrífugo de avanço

1- Elemento conduzido ligado à bomba de injeção 2- Massas 3- Mola 4- Prato condutor 5- Ângulo de avanço 6- Rolete

Bombas de injeção rotativas

São utilizadas principalmente nos motores com médios e altos regimes, em que há necessidade de uma frequência muito elevada de injeções, de baixo volume.

São geralmente montadas em motores de 3 - 6 cilindros, de potência inferior a 110 kW. A designação destas bombas deve-se à colocação em círculo das condutas de alta pressão que transportam o gasóleo até aos injetores.

Bombas de injeção rotativas (cont)

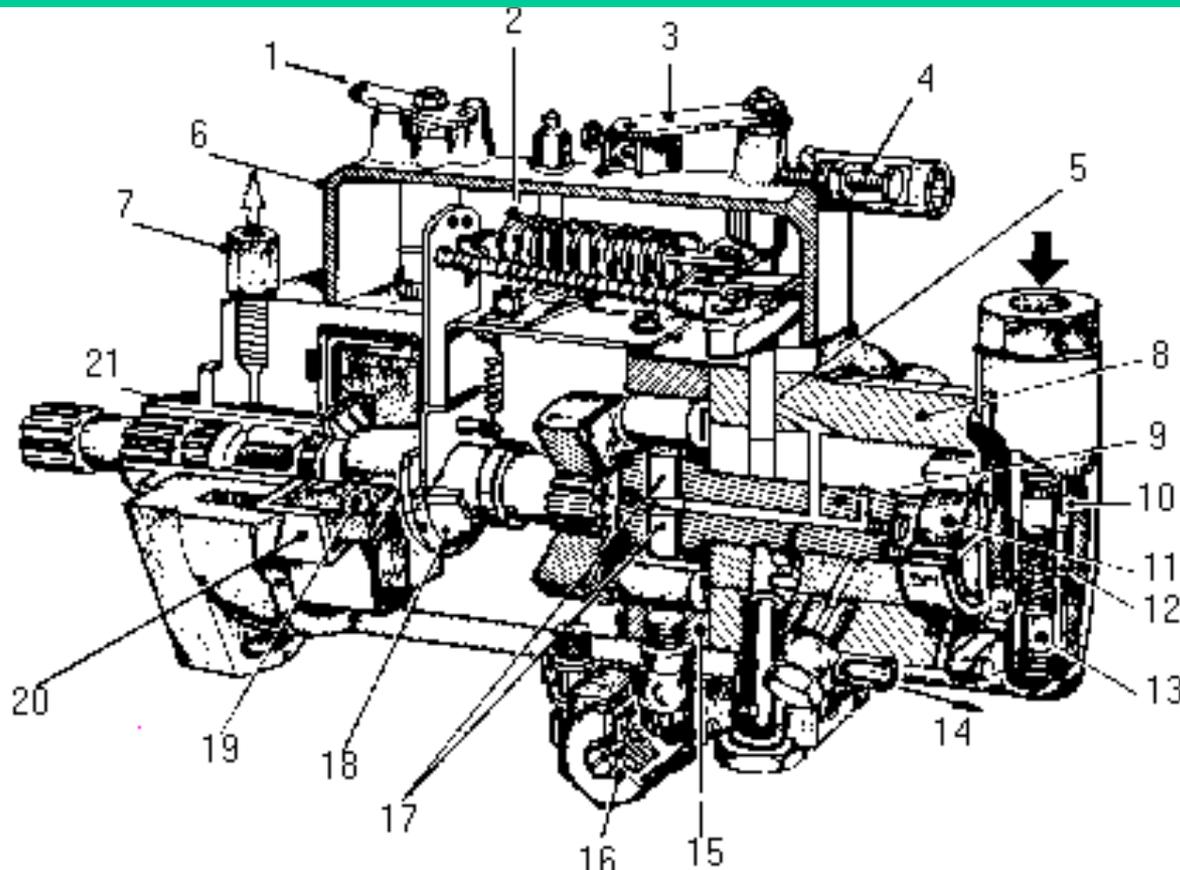
Principais vantagens relativamente às bombas em linha:

- menor dimensão;
- manutenção reduzida graças à lubrificação e refrigeração assegurada pelo gasóleo;
- ausência de rolamentos, carretos e molas sujeitos a grandes tensões;
- pequeno número de peças em movimento;
- possibilidade de montagem em qualquer posição.

Principal inconveniente:

- é a grande sensibilidade às impurezas e água existentes no combustível.

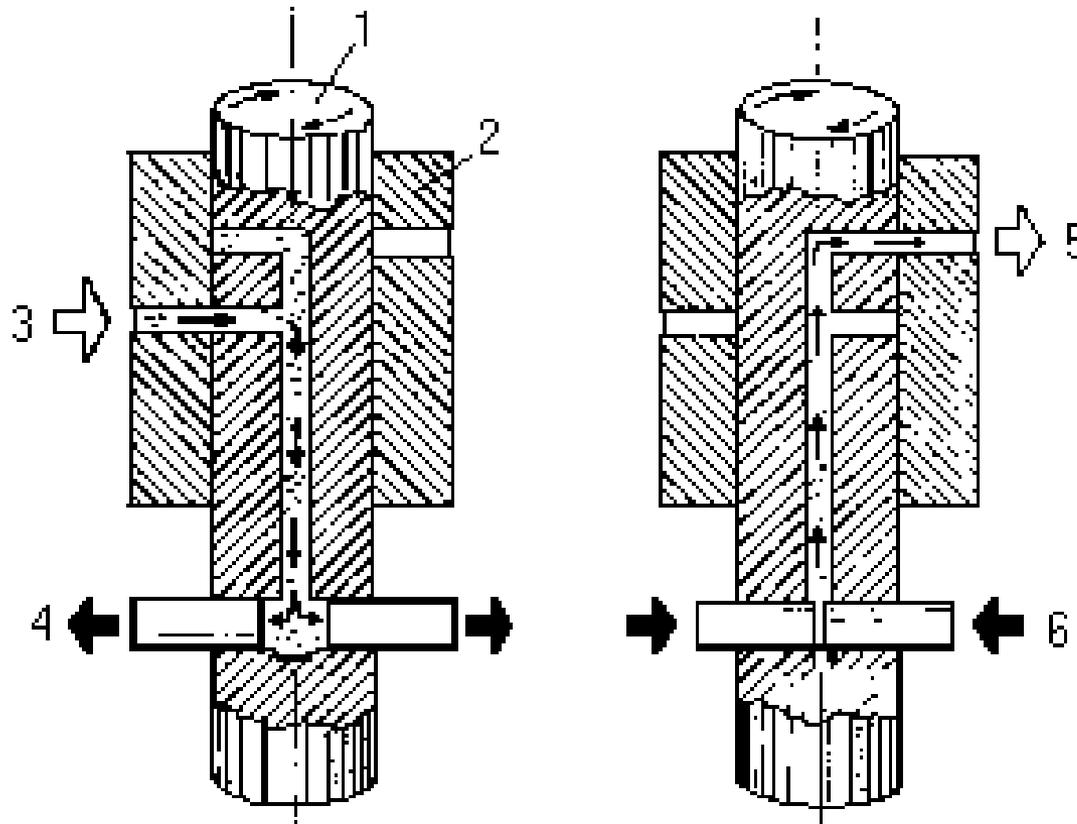
Departamento de Agronomia



Esquema de uma bomba rotativa CAV, tipo DPA

1- Alavanca de paragem 2- Mola do regulador 3- Alavanca do acelerador 4- Batente para regulação da velocidade máxima 5- Válvula de dosagem 6- Tampa 7- Retorno 8- Cabeça hidráulica 9- Rotor 10- Filtro 11- Bomba de transferência 12- Cilindro da válvula reguladora de pressão 13- Êmbolo da bomba de transferência 14- Saída para o injetor 15- Anel dos excêntricos 16- Dispositivo corretor do avanço automático 17- Êmbolos 18- Manga 19- Massas centrífugas 20- Cárter 21- Veio de acionamento.

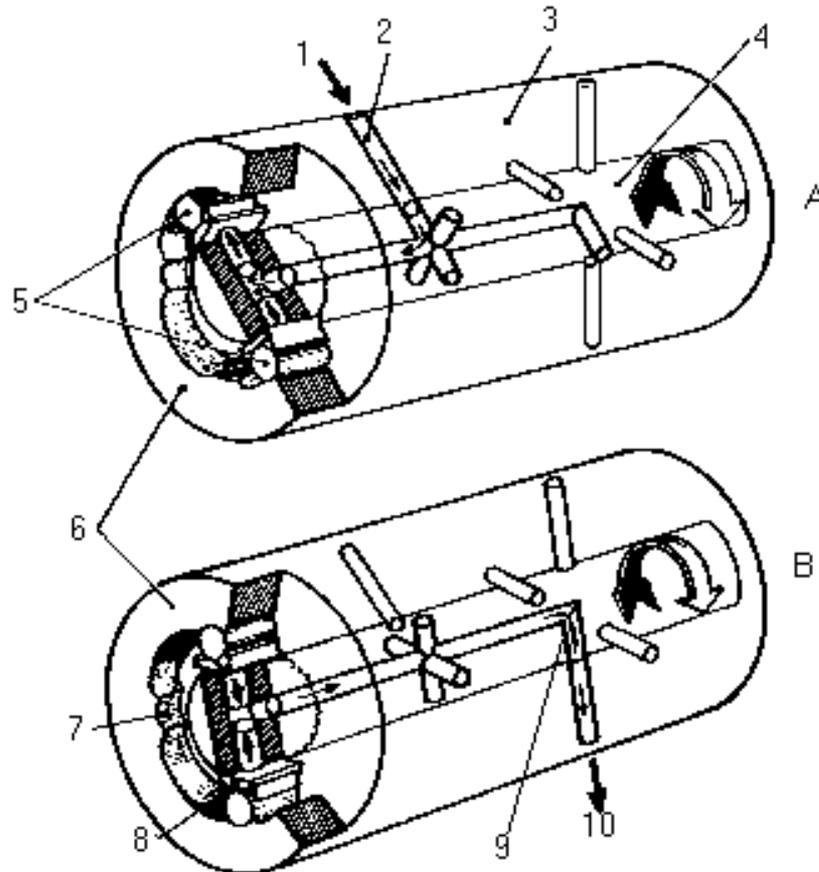
Departamento de Agronomia



Representação do trajeto do combustível na cabeça hidráulica e rotor

- 1- Rotor 2- Cabeça hidráulica 3- Entrada de combustível 4- Afastamento dos êmbolos
5- Saída do combustível para os injetores 6- Aproximação dos êmbolos

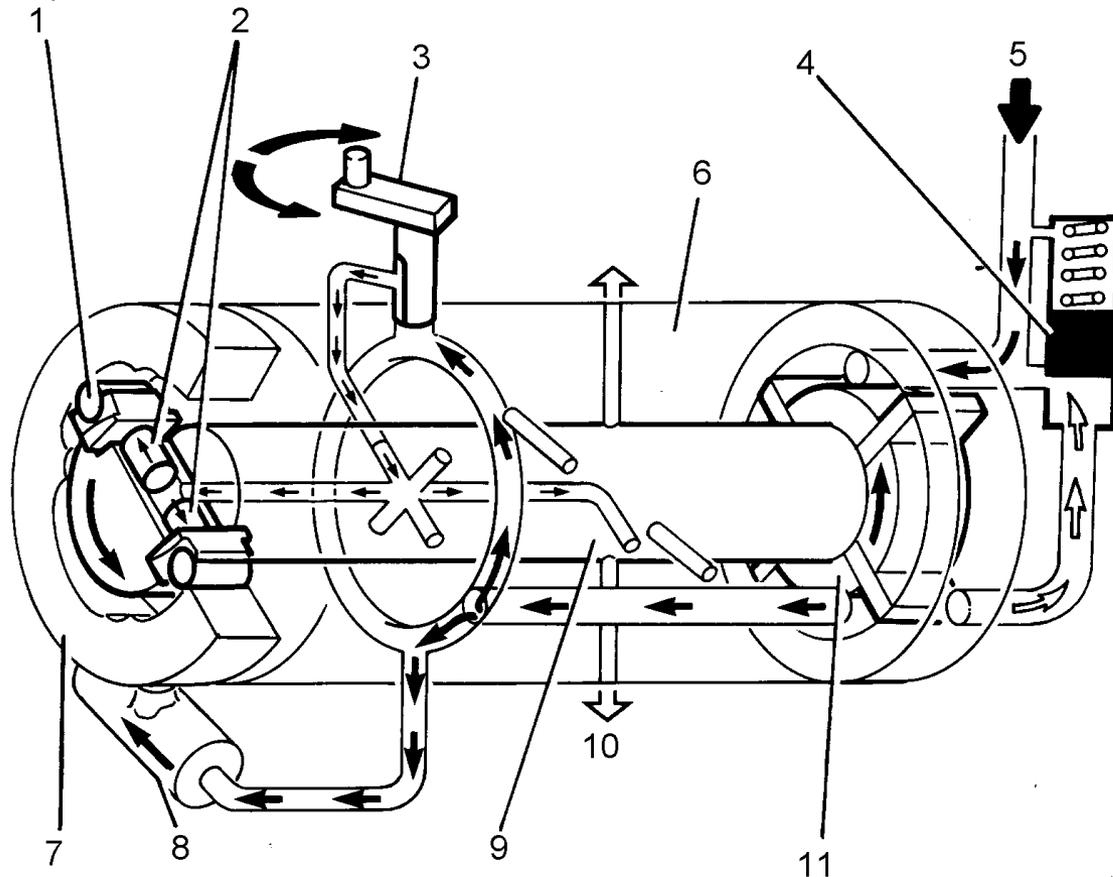
Departamento de Agronomia



Representação do funcionamento de um elemento de bomba na cabeça hidráulica e distribuidor de um motor de quatro cilindros.

A- Fase de admissão de combustível B- Fase de injeção do combustível.

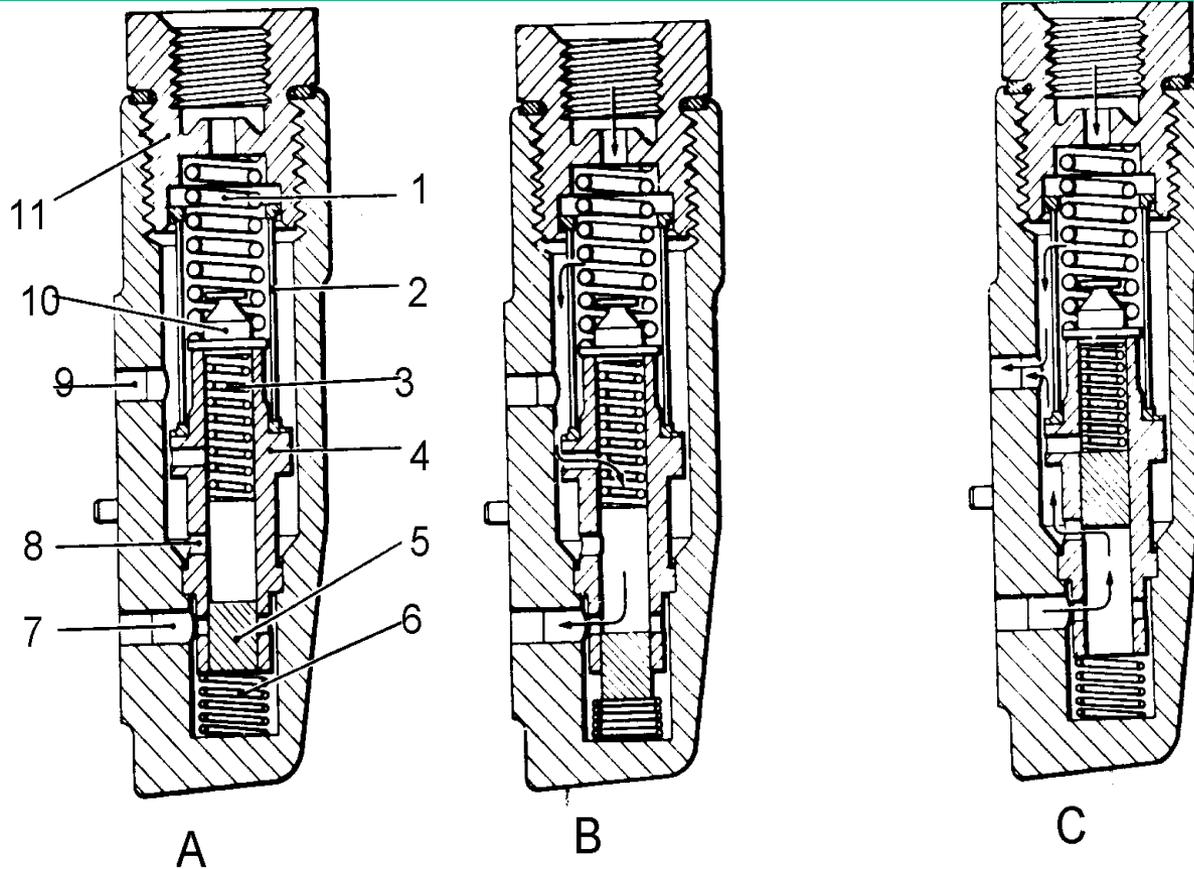
1- Entrada do combustível 2- Canal de dosagem 3- Cabeça hidráulica 4- Rotor 5- Roletas
6- Anel dos excêntricos 7- Excêntrico 8- Patim 9- Condução transversal para saída do combustível do rotor 10- Saída do combustível para o injetor



Princípio de funcionamento da bomba de injeção rotativa

1- Roletes 2- Êmbolos 3- Válvula de dosagem 4- Válvula reguladora 5- Chegada do combustível 6- Cabeça hidráulica 7- Anel com excêntricos 8- Corretor de avanço 9- Rotor 10- Saída para o injetor 11- Bomba de alimentação

Departamento de Agronomia



A

B

C

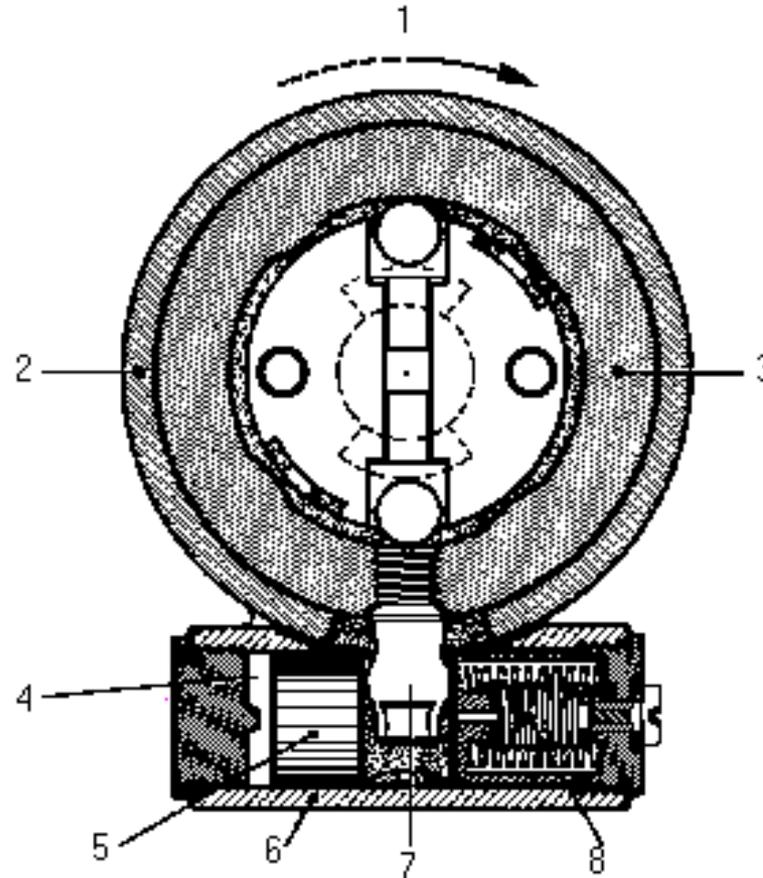
Válvula reguladora de pressão

A- Motor parado B- Motor parado durante a purga C- Motor em movimento

1- Mola de retenção 2- Filtro 3- Mola reguladora 4- Braçadeira 5- Pistão

6- Mola de pressão 7- Passagem de pressão de alimentação 8- Orifício de regulação

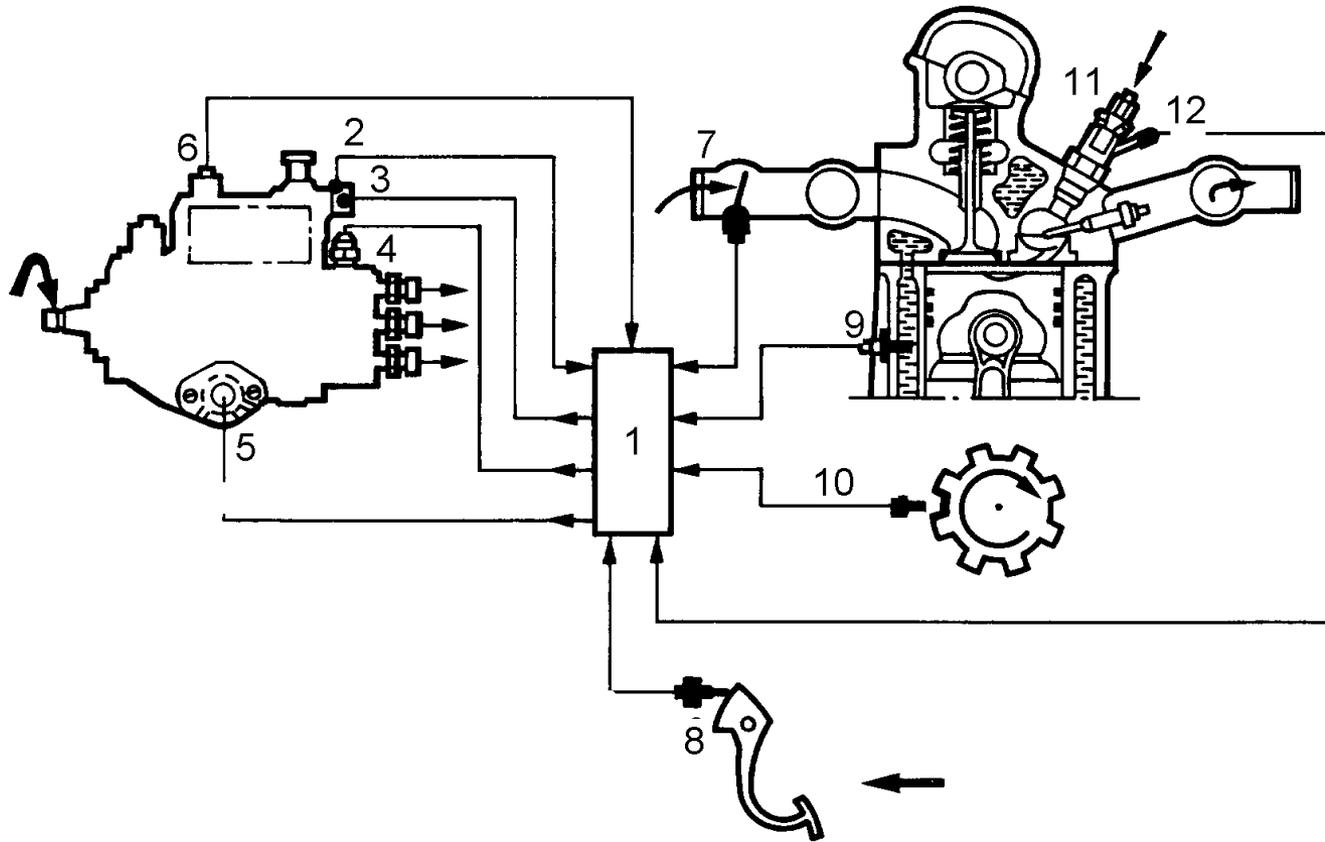
9- Passagem para aspiração 10- Guia da mola 11- Ligação de entrada de combustível



Representação do dispositivo automático de regulação do avanço

1- Sentido de rotação 2- Corpo de bomba 3- Anel com excêntricos 4- Orifício de entrada de combustível 5- Êmbolo 6- Cárter 7- Alavanca para rotação dos excêntricos 8- Mola de regulação do avanço de injeção.

Departamento de Agronomia

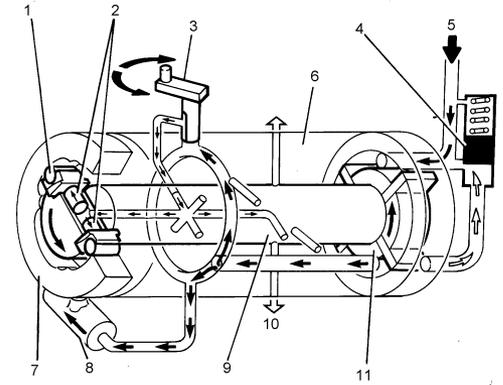


Princípio de funcionamento de um **sistema de injeção com comando eletrônico**

- 1- Calculador 2- Sensor de dosagem 3- Servo-comando de dosagem 4- Stop eletrônico
5- Comando de avanço automático 6- Sonda de temperatura do gasóleo 7- Debímetro do ar de admissão 8- Sensor de posição do acelerador 9- Sonda de temperatura da água
10- Sensor de velocidade 11- Injetor 12- Sensor do débito de injeção

Departamento de Agronomia

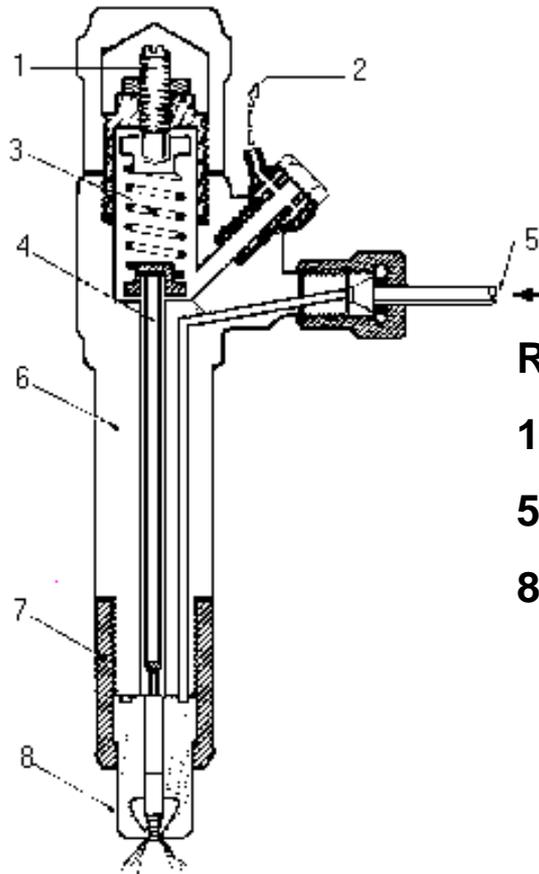
Nas bombas de injeção com sistemas de regulação eletrónica não existe válvula de dosagem, mas um sistema de dosagem constituída por um pequeno motor elétrico que, através de uma cremalheira, provoca a rotação do anel de excêntricos fazendo variar a posição dos êmbolos, determinando assim a quantidade de combustível admitida.



As principais vantagens do sistema de regulação eletrónica são:

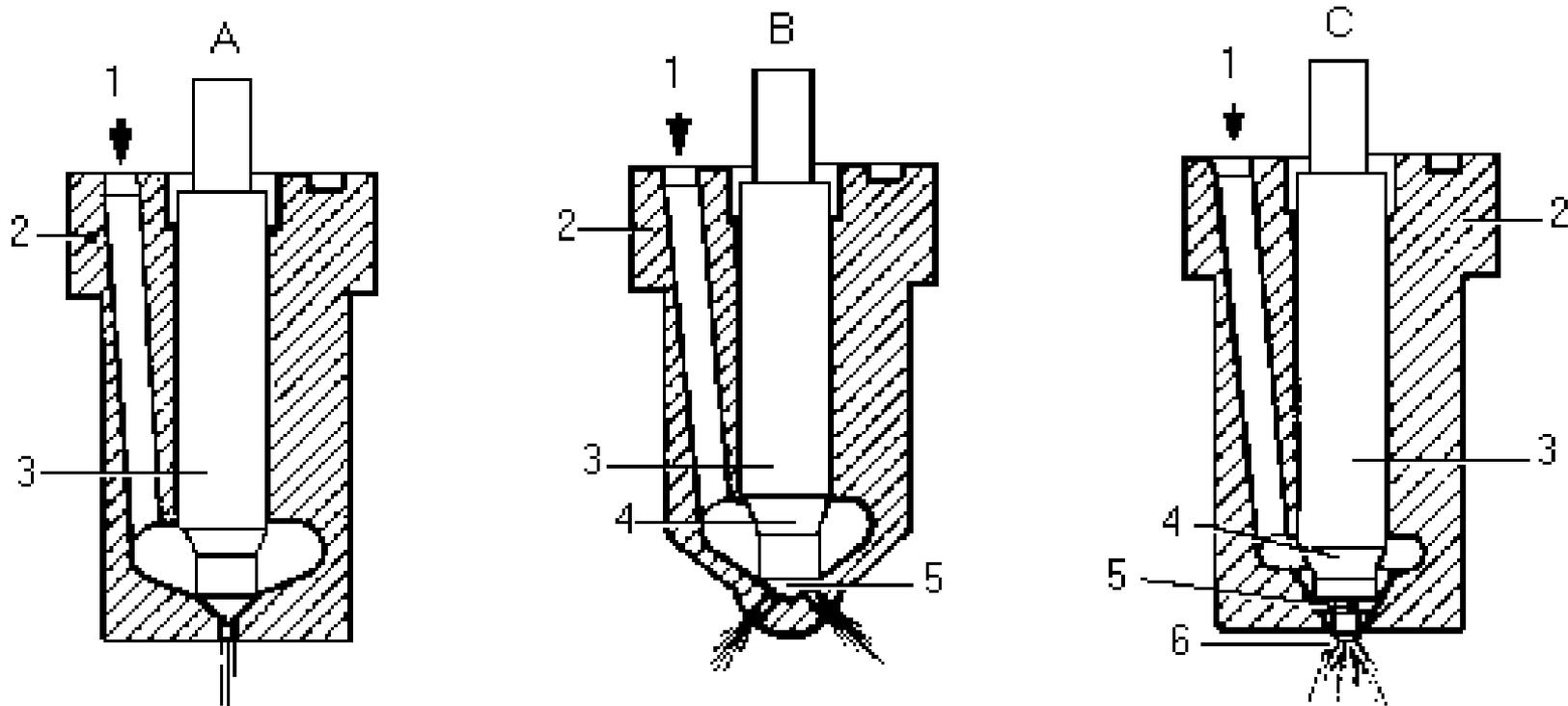
- compensar o débito, em função da altitude;
- otimizar o consumo, em função da carga;
- temporização do débito em resposta a acelerações bruscas para eliminação dos fumos, no caso dos motores sobrealimentados;
- regular a progressividade da aceleração.

Os injetores:



Representação esquemática de um injetor

- 1- Parafuso de regulação 2- Retorno 3- Mola 4- Haste**
- 5- Entrada de combustível 6- Porta-injetor 7- Rosca**
- 8- Bico injetor**

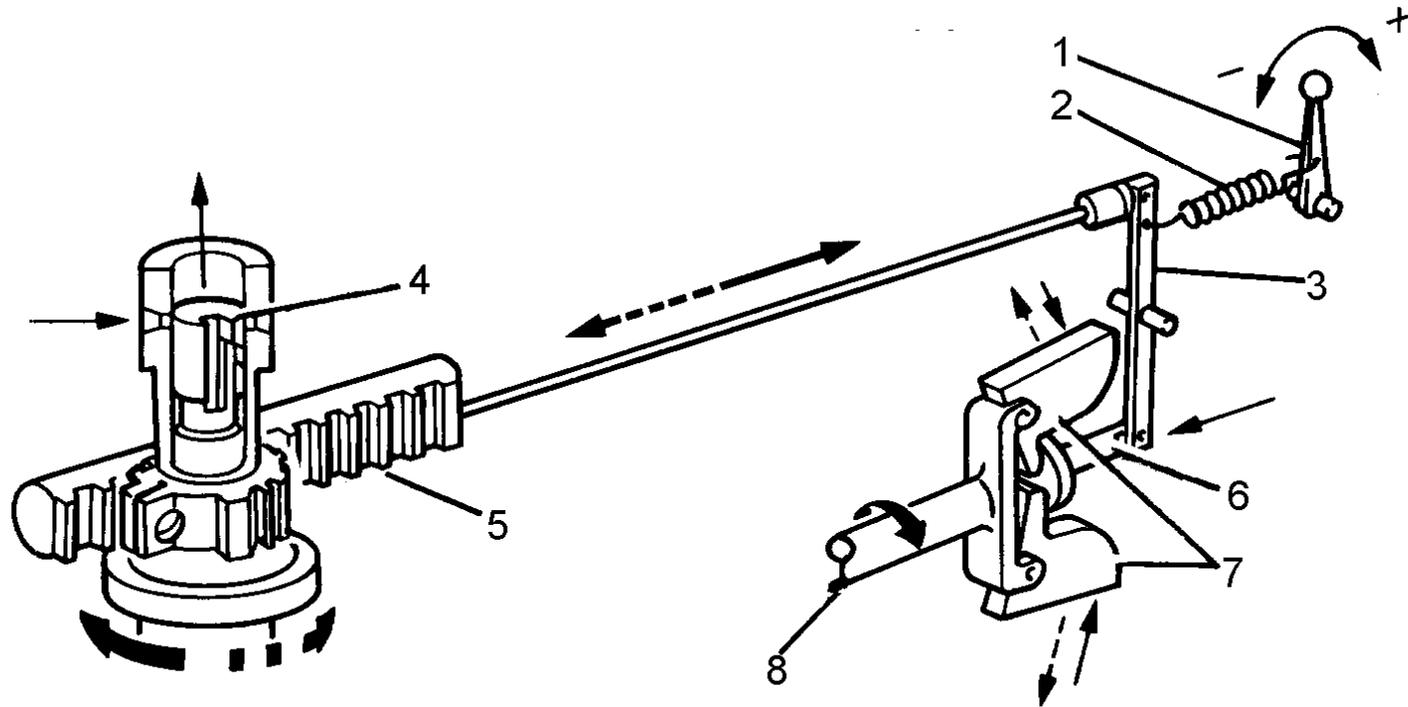
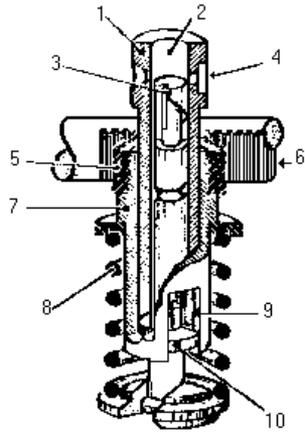


Diferentes tipos de injetores

1- Entrada de combustível 2- Bico 3- Agulha 4- Cone de pressão 5- Cone de estanquicidade 6- Cone de dispersão

A- Injetor de um orifício B- Injetor de orifícios múltiplos C- Injetor de espiga

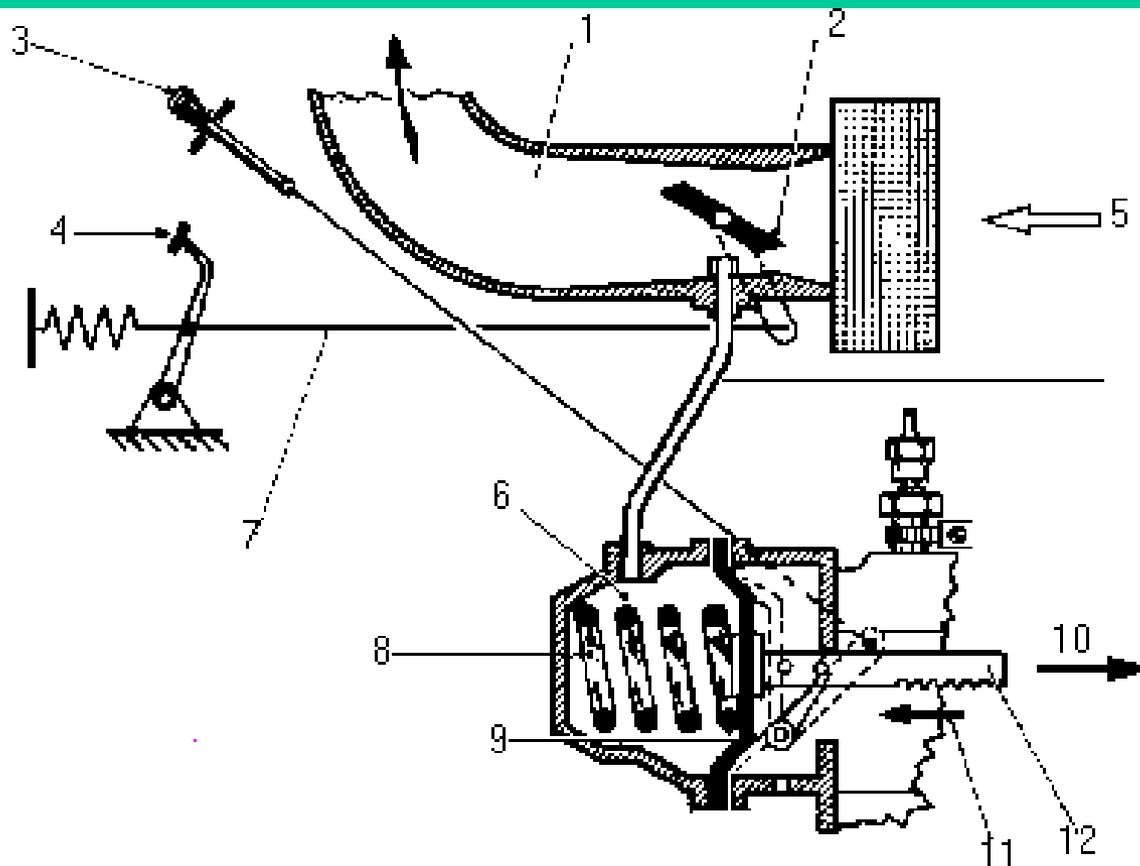
Os reguladores das bombas de injeção:



Princípio de funcionamento de um regulador centrífugo de uma bomba em linha

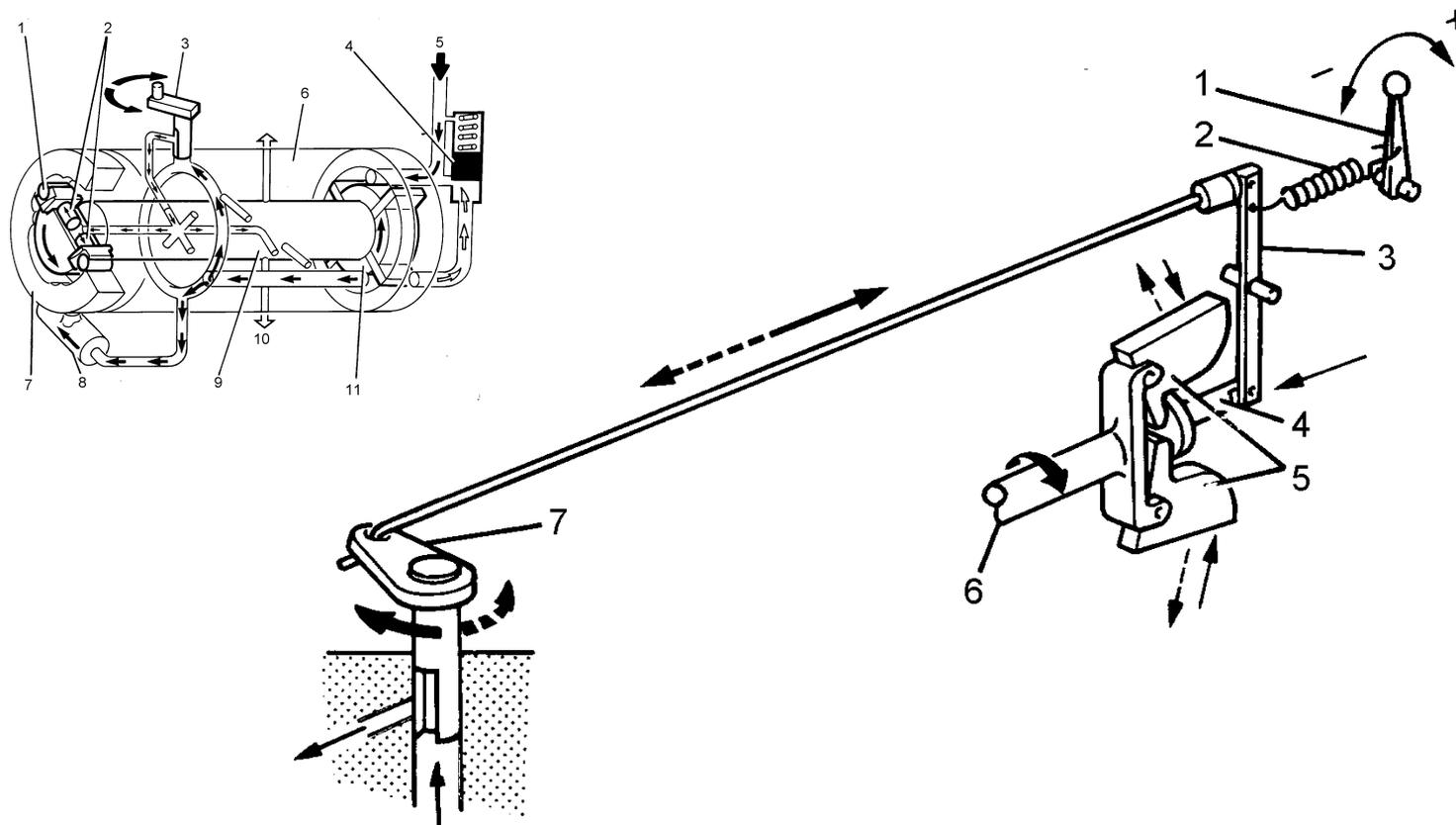
1- Acelerador 2- Mola 3- Alavanca 4- Êmbolo 5- Cremalheira 6- Batente 7- Massas 8- Veio da bomba

Departamento de Agronomia



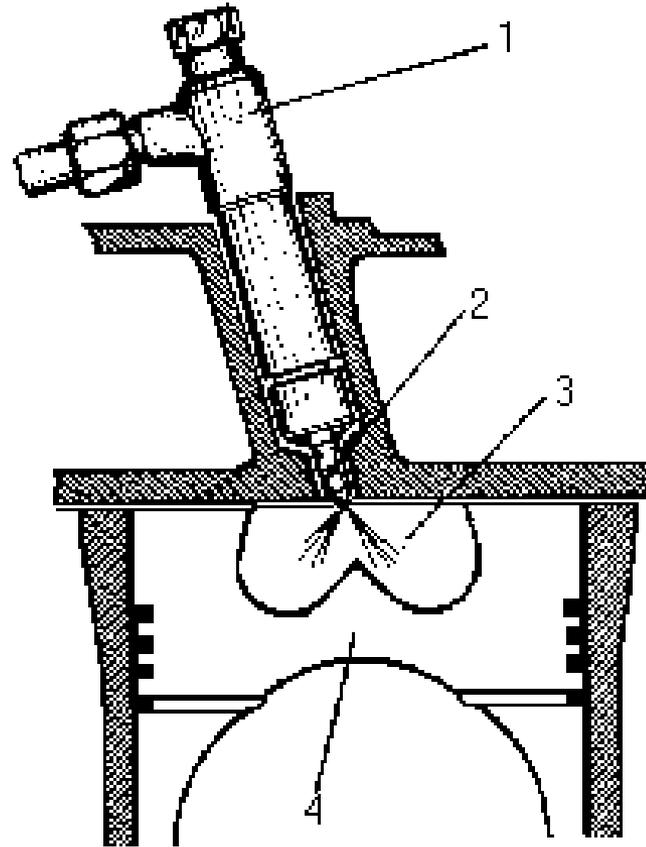
Princípio de funcionamento de um regulador pneumático de uma bomba em linha

1- Condução de admissão 2- Borboleta 3- Comando de paragem 4- Acelerador 5- Entrada de ar 6- Cápsula manométrica 7- Cabo de comando 8- Mola 9- Membrana 10- Direção de aumento do débito 11- Redução do débito 12- Cremalheira



Princípio de funcionamento de um regulador centrífugo de uma bomba rotativa

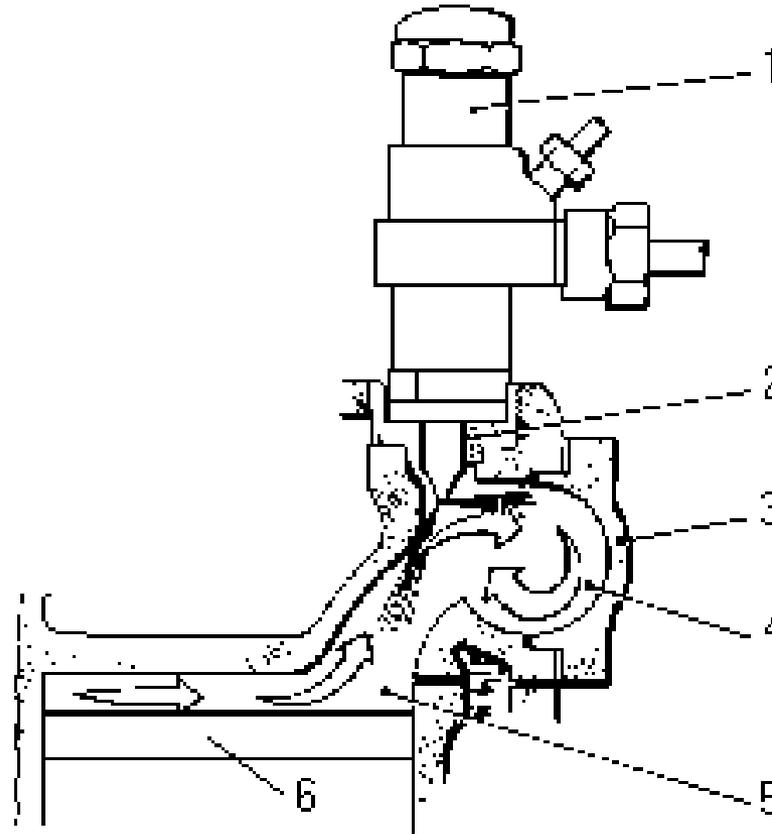
1- Acelerador 2- Mola 3- Alavanca 4- Batente 5- Massas 6- Veio da bomba 7- Válvula de dosagem



Representação de uma câmara de injeção direta

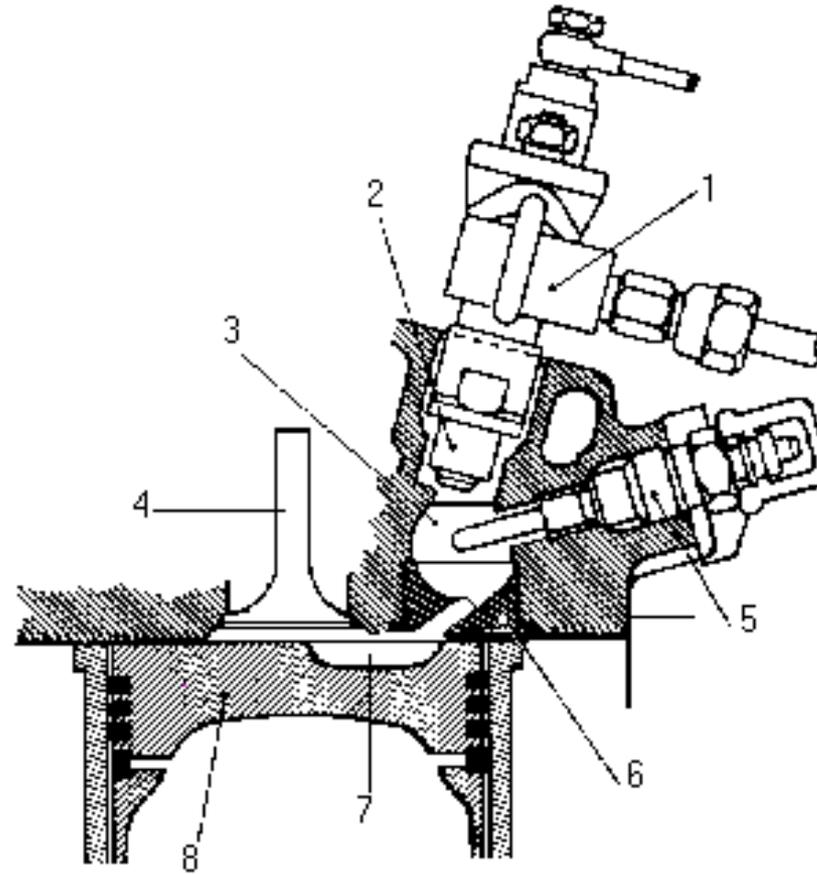
1- Porta - injetores 2- injetor 3- Câmara de injeção direta 4- Êmbolo

Tipos de injeção:



Injeção indireta com câmara de turbulência

- 1- Porta - injetor 2- injetor 3- Zona refratária 4- Câmara de turbulência 5- Câmara principal
6- Êmbolo



Injeção indireta com câmara de pré-combustão.

1- Porta - injetor 2- injetor 3- Pré-câmara 4- Válvula de admissão 5- Vela de aquecimento

6- Queimador 7- Câmara principal 8- Êmbolo