

# SCHAEFFLER



## Componentes do Trem de Válvulas e Variadores de Fase do Eixo Comando

Tecnologia e Diagnóstico de Falha

# Índice

<b>1 História</b>	<b>3</b>
<b>2 Trem de Válvulas</b>	<b>4</b>
2.1 Exigências	4
2.2 Tipos	4
2.3 Folga de Válvula	5
2.4 Ajuste da Folga de Válvula	6
<b>3 Projeto e Princípio de Operação dos Componentes de Ajuste da Folga de Válvulas</b>	<b>7</b>
3.1 Tucho	7
3.1.1 Tucho Mecânico	7
3.1.2 Tucho Hidráulico	8
3.2 Balancim Flutuante com Pivô Hidráulico	10
3.3 Balancim Articulado com Inserto Hidráulico	12
3.4 Balancim Articulado pela extremidade com Inserto Hidráulico	14
3.5 Sistema de Comando OHV	16
3.6 Sistemas de Comando Variável de Válvulas	17
<b>4 Sistemas de Variação de Fase do Eixo Comando</b>	<b>20</b>
4.1 Informação Geral	20
4.2 Resumo dos Sistemas de Variação de Fase do Eixo Comando	20
4.3 Componentes de Variação de Fase do Eixo Comando e seus Princípios de Operação	21
4.4 Variadores de Fase do Eixo Comando	22
4.4.1 Variadores de Fase com Pistão Axial	22
4.4.2 Variadores de Fase com Palhetas	24
4.4.3 Diferenças entre Variadores de Fase de Eixo Comando Acionados por Corrente e Correia Dentada	25
4.4.4 Diferenças entre Ajuste de Fase de Admissão e de Escape	26
4.5 Válvula Solenoide	28
4.5.1 Válvula de Cartucho (HIPE)	28
4.5.2 Válvula Central	30
<b>5 Manutenção e Serviço</b>	<b>31</b>
5.1 Reposição de Tuchos Mecânicos	31
5.2 Reposição de Tuchos hidráulicos	32
5.3 Reposição de Balancim Flutuante com Pivô Hidráulico	32
5.4 Reposição de Balancim Articulado com Inserto Hidráulico	32
5.5 Recomendações Gerais de Reparo e Manutenção	33
5.6 Sangramento de Ar de Componentes de Sistema Hidráulico de Ajuste de Válvulas - Recomendações	34
5.7 Reposição de Elementos de Faseamento de Eixo de Comando - Recomendações	34
<b>6 Diagnósticos de Falha e Avaliação de Danos</b>	<b>35</b>
6.1 Diagnósticos de Falha e Avaliação de Danos	35
6.1.1 Emissão de Ruído Durante o Aquecimento	35
6.1.2 Emissão de Ruído pelo Motor Quente	35
6.1.3 Emissão de Ruído Causado por “Inflação”	35
6.2 Sujeira Residual	36
6.3 Diagnóstico de Falha em Componentes do Trem de Válvulas	36
6.3.1 Avaliação de Falhas – Tuchos	37
6.3.2 Avaliação de Falhas – Balancins Flutuantes	38
6.3.3 Avaliação de Falhas – Variação de Fase do Eixo de Comando	41

## 1 História

Os componentes de ajuste hidráulico da folga de válvula tem início na década de 1930, quando a ideia surgiu e as primeiras patentes foram registradas nos EUA. Na década de 1950, sistemas de ajuste hidráulico de folga de válvula já eram componentes comuns em 80% dos automóveis fabricados nos Estados Unidos. Por razões econômicas, nesta época os fabricantes europeus projetavam motores de alta rotação com potência relativamente baixa. Em 1971, foi iniciada na República Federativa da Alemanha a produção em massa de componentes hidráulicos de ajuste de folga de válvula.

Em 1987, uma grande quantidade de veículos alemães, ingleses, suecos, espanhóis e japoneses já eram equipados com sistemas de ajuste hidráulico de folga de válvula. A sua participação no mercado tem crescido constantemente, e desde 1989 os fabricantes franceses e italianos também passaram a adotar esta tecnologia.

Ao projetarem novos motores, engenheiros e técnicos se confrontam com exigências cada vez maiores, especialmente em termos de:

- proteção do meio ambiente,
- emissão de ruído,
- confiabilidade,
- economia,
- facilidade de manutenção,
- desempenho.

Cada um destes fatores tem influência sobre o ajuste do sincronismo das válvulas e sobre o desenho dos componentes do sistema, independentemente do tipo de motor usado (OHV ou OHC). Seja

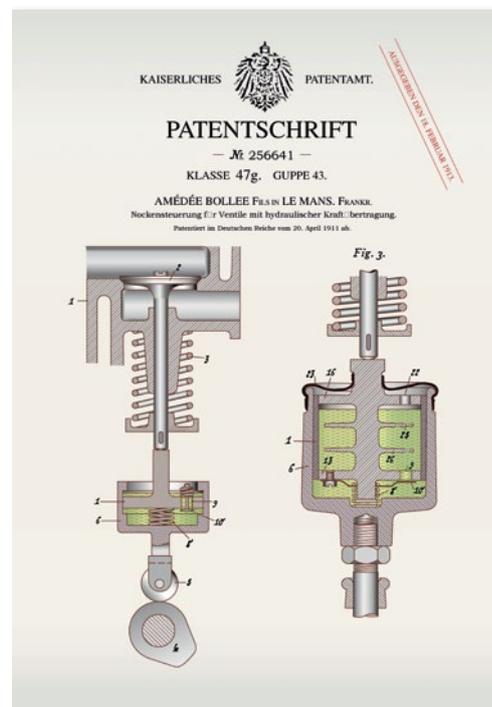
qual for o conceito adotado, a regra fundamental é a de eliminar jogo na válvula e manter as características do motor estáveis durante sua vida útil. Nos sistemas com sincronização mecânica das válvulas, a expansão térmica e o desgaste dos componentes do trem de válvulas levam a variações indesejadas da folga das válvulas, resultando em desvios do sincronismo em relação ao ajuste ideal. Os componentes de ajuste hidráulico de folga de válvula foram projetados para atender às exigências dos modernos sistemas de sincronização de motores.

**Eles tornam os motores:**

- **Menos poluentes**  
Otimizando o seu projeto, a sincronização do motor, e, conseqüentemente, suas emissões

de gases, permanecem constantes durante toda a sua vida útil e sob qualquer condição de operação.

- **Mais silenciosos**  
O nível de ruído do motor é reduzido, pois a folga excessiva é eliminada.
- **Duráveis**  
O desgaste é minimizado, pois os componentes sempre estão em contato por atrito, assegurando assim, uma velocidade consistentemente baixa de assentamento da válvula.
- **Econômico**  
Não há necessidade de ajuste na montagem inicial.
- **Livre de manutenção**  
Não há necessidade de ajustar a folga da válvula durante toda a vida útil do motor.
- **Resistentes a altas rotações**  
O inigualável desenho leve permite velocidades permanentemente altas.



## 2 Trem de Válvulas

Motores de combustão interna necessitam de abastecimento cíclico de ar limpo e da exaustão dos gases produzidos durante a combustão. Em um motor de combustão de 4 tempos, a admissão de ar e a exaustão dos gases de escape é denominada de troca de gases. No decorrer de várias trocas de gases, os dispositivos de controle dos cilindros (dutos de entrada e saída) são periodicamente abertos e fechados por dispositivos de controle de vazão (válvulas de admissão e de escape). Estes dispositivos de vazão executam tarefas especiais. Eles tem de:

- liberar o maior diâmetro de passagem possível;
- realizar rapidamente o processo de abertura e de fechamento;
- ter forma aerodinâmica para minimizar perda de pressão;
- assegurar vedação efetiva quando fechados;
- ter características de durabilidade prolongada.

### 2.1 Exigências

O trem de válvulas está sujeito a períodos de alta aceleração, intercalados por períodos de desaceleração. Com o aumento da rotação do motor, as forças de inércia resultantes também aumentam e aplicam altas tensões à estrutura. Além disto, a válvula de escape deve ser projetada para suportar as altas temperaturas resultantes dos gases quentes de escape. Para que possam operar sob estas condições extremas, os componentes do trem de válvulas devem satisfazer a uma série de exigências, tais como:

- possuir características avançadas de resistência (por toda vida útil do motor);
- garantir operação livre de desgastes
- possuir boa capacidade de remoção de calor das válvulas (especialmente das válvulas de exaustão).

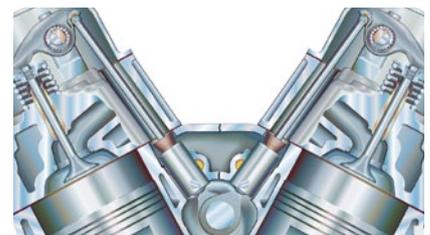
Finalmente, é essencial que os componentes do trem de válvulas não introduzam nenhum impacto ao sistema que possa gerar um desacoplamento entre os componentes do trem de válvulas seja desconectado.

### 2.2 Tipos

Existem diferentes tipos de trem de válvulas. Todos têm em comum serem acionados pelo eixo de comando. Eles podem ser divididos em dois tipos de acordo com:

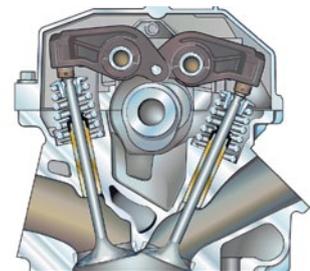
- o número de válvulas acionadas;
- o número e a posição dos eixos de comando que acionam o trem de válvulas.

Eixos de comando podem ser montados de duas formas no motor, pelas quais são denominados de eixo de comando superior ou inferior.



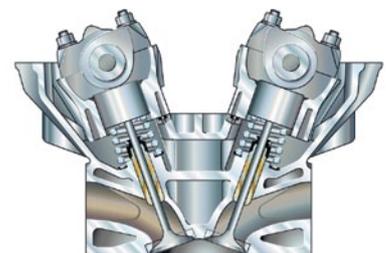
**Válvulas no cabeçote**

O eixo de válvulas inferior é montado abaixo da linha de separação entre bloco e cabeçote do motor. Esta disposição é chamada de válvula no cabeçote (OHV - Over Head Valve).



**Eixo de comando no cabeçote**

O eixo de válvulas superior é montado acima da linha de separação entre bloco e cabeçote do motor. Quando tiver somente um eixo de comando, esta disposição é chamada de eixo de comando no cabeçote (OHC - Over Head Camshaft).



**Eixo de comando duplo no cabeçote**

Se existirem dois eixos de comando, a disposição será denominada duplo comando no cabeçote (DOHC - Double Over Head Camshaft).

## Sistema de comando OHV

A figura (1) mostra o sistema OHV, com vareta de acionamento e eixo de comando inferior. Esta disposição requer vários componentes para transmitir o movimento do came à válvula: êmbolo, vareta, balancim articulado, mancal do balancim articulado. Os crescentes refinamentos dos motores de automóveis sempre trouxeram consigo um aumento de rotação, para torná-los mais potentes, compactos e leves. O sistema OHV com vareta de acionamento rapidamente chegou ao seu limite de velocidade, devido à sua baixa rigidez. A consequência lógica foi a redução dos componentes móveis.

### Figura (2):

O comando de válvulas agora está situado no cabeçote, tornando a vareta desnecessária.

## Sistema de comando OHV

### Figura (3):

O sistema OHC não requer nenhum elevador e o eixo de comando está situado em uma posição muito mais elevada, permitindo a transmissão direta do deslocamento do came através de balancins articulados ou flutuantes.

### Figura (4):

O sistema de comando com balancim articulado é o sistema de sincronização de válvula por alavanca mais rígido.

### Figura (5):

Sistemas OHC com válvulas operadas diretamente por tuchos

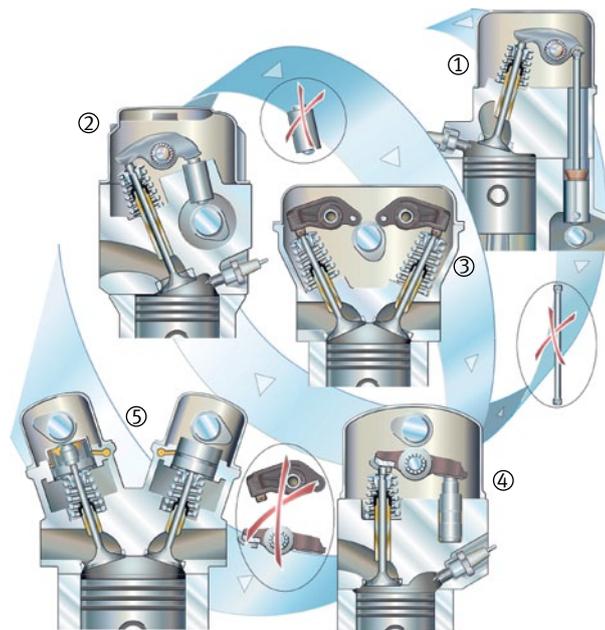
são capazes de operar nas mais elevadas rotações dos motores. Neste tipo, não são necessários balancins articulados ou balancins flutuantes.

Todos os tipos acima mencionados (figuras (1) a (5)) podem ser achados em motores produzidos em grande escala. Dependendo das prioridades do projeto - desempenho, torque, potência, custo, etc., - os engenheiros têm de contrabalançar as vantagens e desvantagens de cada tipo. Assim, qualquer um dos sistemas de sincronização de válvulas descritos, desde sistemas com vareta de acionamento até sistemas de comando OHC com válvulas de acionamento direto, podem ser a solução ideal para um motor moderno.

## 2.3 Folga de Válvula

Com a válvula fechada, o sistema de comando de válvula deve ter uma folga precisamente definida, que é a chamada folga da válvula. Esta folga da válvula é necessária para compensar variações de comprimento e de dimensão dos componentes do trem de válvulas, causados por desgaste e abrasão e por variações térmicas como consequência de:

- diferencial de temperatura entre os vários componentes do motor (por exemplo, no cabeçote);
- diferentes coeficientes de expansão térmica dos materiais usados;
- desgaste da superfície de contato entre eixo de comando e válvula.



Sistema de controle OHV/ OHC

## 2.4 Ajuste da Folga de Válvula

Nos sistemas mecânicos de ajuste de folga de válvula, a folga tem de ser ajustada manualmente durante a instalação inicial e reajustada em intervalos regulares por meio de parafusos de ajuste ou calços. Em paralelo com soluções mecânicas, foram sendo desenvolvidos mecanismos automáticos com controle hidráulico para ajuste da folga da válvula. Nestes, a superposição da variação das curvas de elevação foi reduzida para todas as condições de operação do motor em toda sua vida útil, assegurando assim uma emissão de gases consistentemente baixa.

As consequências de uma folga de válvula insuficiente ou excessiva vão desde emissão de ruído pelo trem de válvulas até a falha total do motor. Não menos importantes são os efeitos nocivos no meio ambiente causados pela alta da emissão.

O resumo a seguir fornece uma ideia do potencial de danos de uma folga de válvula insuficiente ou excessiva.

### Folga de válvula insuficiente

#### Válvula abre antes e fecha depois

- Devido ao menor tempo de fechamento, o calor da cabeça da válvula não pode ser dissipado rápido o suficiente ao assento da válvula.
- A cabeça e a haste da válvula aquecem até que, em caso extremo, a válvula quebre.  
→ Quebra do motor!

#### Válvula não fecha corretamente

- Isto envolve o risco de fechamento incorreto da válvula de escape ou admissão quando o motor estiver quente.
- A válvula de escape suga os gases de escape de volta e causa uma retro-ignição para dentro do duto de admissão através da válvula de admissão.
- Perda de gás e desempenho reduzem a potência do motor.  
→ Aumento da emissão!
- O vazamento constante de gases quentes sobreaquece as válvulas e queima os assentos de válvula.

#### Válvula sujeita a tensões mecânicas excessivas.

- Ruído no trem de válvula.

### Folga de válvula excessiva

#### Válvula abre depois e fecha antes

- Isto resulta em tempos de abertura mais curtos e diâmetros de passagem menores.
- A quantidade de combustível no cilindro é insuficiente, potência do motor decresce.  
→ Aumento da emissão!

#### Tensão mecânica elevada aplicada à válvula

- Ruído no trem de válvula.
- Distorção da haste de válvula.  
→ Quebra do motor!

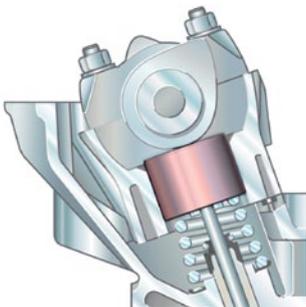
Maiores informações sobre ajuste de folga de válvula através de tuchos, balancins flutuantes e balancins articulados podem ser vistos no capítulo seguinte (3). “Projeto e Princípio de Operação dos Componentes de Ajuste da Folga de Válvulas”.

## 3 Projeto e Princípio de Operação dos Componentes de Ajuste da Folga de Válvulas

### 3.1 Tucho

Em trens de válvula com tuchos, as válvulas são acionadas diretamente. Não há necessidade de nenhum mecanismo de alavanca entre a válvula e o came. O deslocamento do came é transmitido diretamente à válvula pela face externa do fundo do tucho.

Sistemas com atuação direta das válvulas se destacam por sua alta rigidez e baixa massa móvel. Possuindo estas duas características, eles garantem um excelente desempenho em altas rotações. Tuchos são acionados por contato com atrito deslizante, causando perdas por atrito entre a face externa do fundo do tucho e o lóbulo do came. Usar materiais apropriados pode reduzir estas perdas. Para reduzir mais ainda este desgaste normal, lóbulos de came são montados opostos ao tucho, em desalinhamento lateral, fazendo com que o tucho gire em alguns graus a cada ciclo.

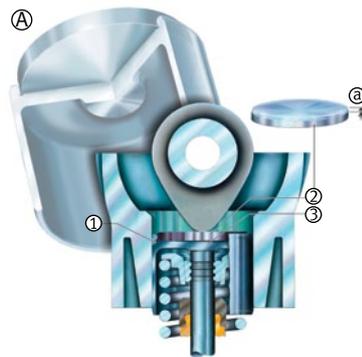


Trem de Válvulas com tucho

#### 3.1.1 Tucho Mecânico

**Características dos tuchos mecânicos:**

- corpo de aço;
- atuação direta na válvula;
- ajuste mecânico da folga.



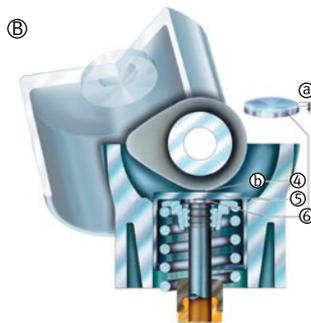
Tucho mecânico com disco de ajuste superior

- (1) Canal de sucção
- (2) Disco de ajuste
- (3) Corpo do tucho

**Características**

O disco de ajuste é:

- inserido solto no corpo do tucho;
- fornecido em várias espessuras;
- selecionável individualmente, de acordo com o material e exigências de tratamento térmico;
- responsável em manter a folga pré-ajustada (a) da válvula através de sua espessura.



Tucho mecânico com disco de ajuste inferior

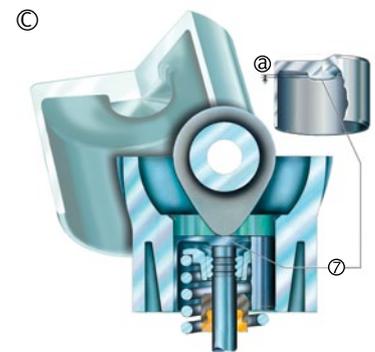
- (4) Superfície externa do fundo do tucho
- (5) Corpo do tucho
- (6) Disco de ajuste

**Características**

- folga (b) entre círculo de base do came e a superfície externa do fundo do tucho pré-ajustada pela

escolha da espessura do disco de ajuste;

- massa muito baixa do tucho reduz a força na mola da válvula e, conseqüentemente, as perdas;
- área de contato com o came aumentada.



Tucho mecânico com espessura de fundo graduada

- (7) Corpo do tucho

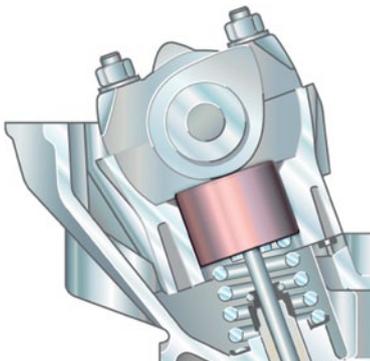
**Características**

- ajuste da folga de válvula através da espessura escalonada do fundo (a);
- tucho com geometria mais leve entre todos;
- forças de mola de válvula reduzidas e, conseqüentemente, menor perda por atrito;
- área de contato com o came aumentada;
- baixo custo de produção.

## 3.1.2 Tucho Hidráulico

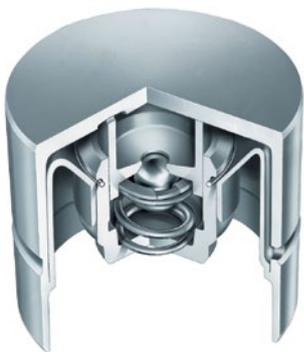
### Características

- atuação direta na válvula;
- trem de válvula com alta rigidez;
- ajuste automático da folga;
- livre de manutenção por toda vida útil;
- trem de válvula silencioso;
- emissão consistentemente baixa durante a vida útil do motor.



Tucho hidráulico

Ⓐ



Tucho hidráulico antidreno

- Óleo não pode vaziar do reservatório externo quando o motor é desligado, melhorando o desempenho durante partidas seguidas do motor.

Ⓑ



Tucho com dreno inferior

- O volume de reservatório de óleo pode ser usado com mais eficiência, melhorando o desempenho durante partidas seguidas do motor.

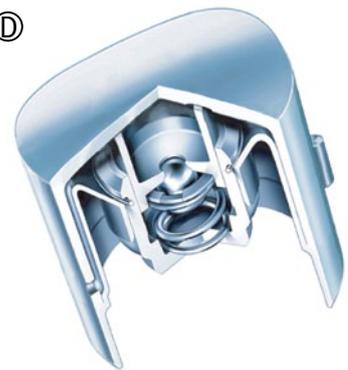
Ⓒ



Tucho hidráulico tipo labirinto

- combina os mecanismos do tucho antidreno e de dreno inferior;
- desempenho significativamente melhor durante partidas seguidas do motor.

Ⓓ

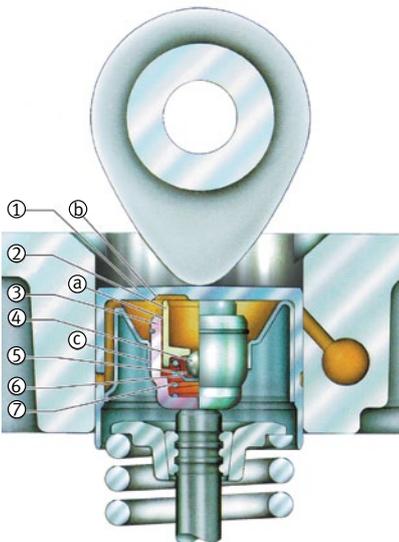


Tucho 3CF

(3CF = cylindrical cam contact face, superfície cilíndrica de contato com came)

- com mecanismo de contato cilíndrico com o came - com dispositivo anti-rotação;
- fácil alimentação de óleo;
- velocidade acelerada de abertura e de fechamento;
- redução de 80% na passagem de óleo devido à guia do tucho;
- baixas pressões de contato na área de contato com o came;
- permite melhores características de abertura de válvula com menor diâmetro do tucho, possibilitando:
  - tuchos com massa muito baixa;
  - rigidez muito alta;
  - mínima perda por atrito.

## Ajuste hidráulico de folga de válvula através de tucho hidráulico



### Fase de abertura (no lóbulo do came)

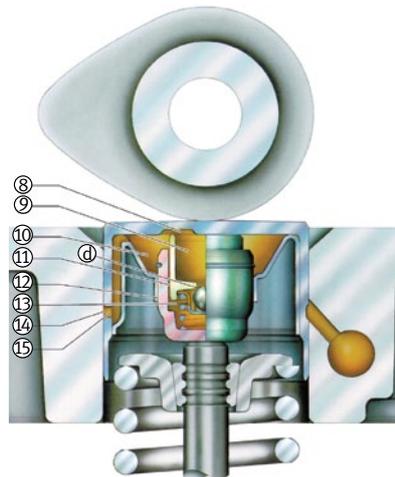
- Óleo sob pressão do óleo do motor
- Óleo sob alta pressão

- (1) Carcaça externa
- (2) Pistão
- (3) Carcaça interna
- (4) Esfera da válvula
- (5) Mola da válvula
- (6) Capa da válvula
- (7) Mola de retorno

→ O tucho é pressionado pela força da mola da válvula do motor e pelas forças de inércia.

→ A distância entre o pistão e a carcaça interna é reduzida, forçando assim uma pequena quantidade de óleo da câmara de alta pressão através da folga de escoamento (a), retornando-o ao reservatório de óleo (b).

- No final da fase de abertura, é gerada uma pequena folga da válvula.
- Pequenas quantidades da mistura óleo-gás são forçados para fora, através do orifício de entrada e/ou da folga de guia (c).



### Fase de ajuste (no círculo de base)

- Óleo sob pressão do óleo do motor

- (8) Dreno de óleo
- (9) Reservatório de óleo (pistão)
- (10) Reservatório de óleo (carcaça externa)
- (11) Folga de escoamento
- (12) Fenda de guia
- (13) Câmara de alta pressão
- (14) Canal de alimentação de óleo
- (15) Orifício de entrada

→ A mola de retorno separa o pistão da carcaça interna, até que seja ajustada a folga da válvula.

→ A válvula antirretorno tipo esfera abre como resultado do diferencial de pressão entre a câmara de alta pressão e o reservatório de óleo (pistão).

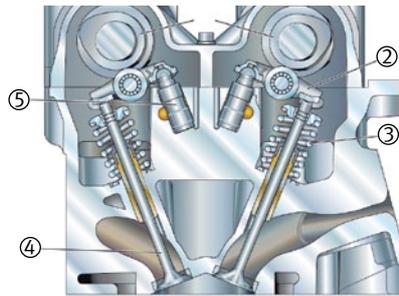
→ O óleo flui do reservatório (10), através do dreno de óleo, do reservatório de óleo (12) e da válvula antirretorno até a câmara de alta pressão (d).

→ A válvula antirretorno fecha; o contato no trem de válvulas é restabelecido livre de folga.

## 3.2 Balancim Flutuante com Pivô Hidráulico

Preferencialmente, balancins flutuantes são feitos de chapa de aço. Normalmente, o contato entre o balancim flutuante e o came é feito através de um rolamento de agulhas (balancim flutuante roletado). Além destes, existem balancins flutuantes fabricados de aço fundido de precisão. Comparado com tuchos, alavancas curtas geram um menor momento de inércia de massa. Isto permite projetos com menor massa do lado da válvula. Em termos de rigidez, balancins flutuantes roletados são significativamente menores que tuchos.

Cada tipo de trem de válvulas requer cames com diferentes formatos. Comparados com os cames utilizados para tuchos, aqueles usados em balancins flutuantes roletados têm um raio do lóbulo maior, flancos côncavos e, dependendo da relação de transmissão, menor elevação do came. O eixo comando está situado acima do rolamento, que preferencialmente deve estar centralizado entre a válvula e o pivô hidráulico. Devido a este desenho, balancins atriculados são particularmente adequados para motores diesel de quatro válvulas. Neste tipo de motor, as válvulas estão posicionadas em paralelo ou com ligeiro ângulo entre elas, exigindo o uso de balancins atriculados para garantir suficiente espaço entre os dois comandos de válvula.



**Balancim Articulado com Pivô Hidráulico**

- (1) Eixos de comando
- (2) Balancim flutuante
- (3) Mola da válvula
- (4) Válvula
- (5) pivô hidráulico

Características de balancins flutuantes:

- contato entre o balancim flutuante e o came preferencialmente por rolo de apoio com rolamento de agulhas;
- atrito muito baixo no trem de válvula;
- montagem muito simples do cabeçote;
- abastecimento fácil do óleo no cabeçote;
- utiliza pouco espaço.



**Balancim flutuante de chapa de aço**

**Características**

- feito de chapa de aço;
- altura da guia de apoio da válvula livremente selecionável;
- orifício de alimentação de óleo - opcional;
- clip de fixação para simplificar a

- montagem do cabeçote - opcional;
- ampla superfície de apoio para transmissão de força no rebaixo e na superfície de contato da válvula;
- baixo custo de produção.



**Balancim flutuante fundido**

**Características**

- permite geometrias complexas de alavanca;
- alta capacidade de carga;
- alta rigidez, dependendo do desenho;
- baixo momento de inércia de massa, dependendo do desenho.

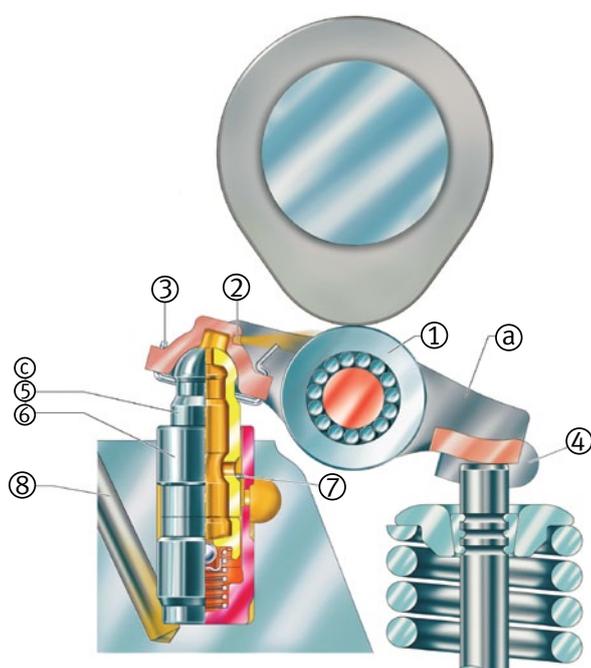


**Pivô Hidráulico**

**Características**

- anel de trava evita que escape;
- suporta altas forças transversais.

## Ajuste hidráulico de válvulas através de balancim flutuante

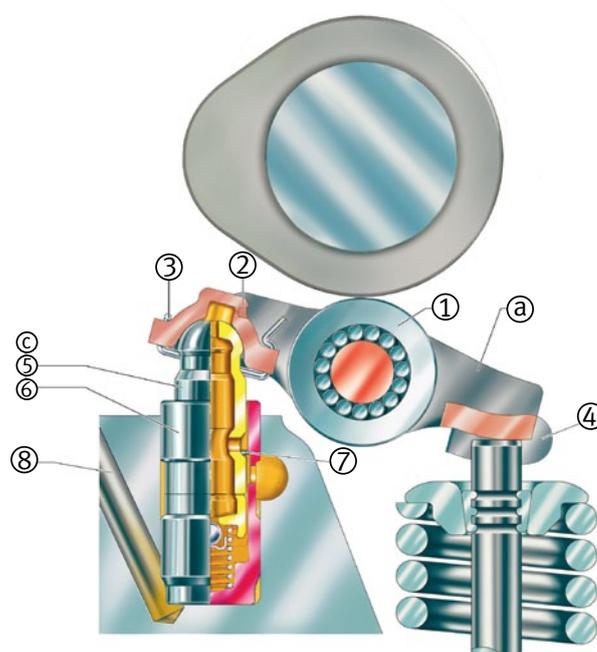


Fase de descida (no lóbulu do came)

- sob pressão do óleo do motor
- Óleo sob alta pressão

O pivô hidráulico (c) é carregado pela força da mola da válvula do motor e pelas forças de inércia, reduzindo assim, a distância entre pistão (5) e carcaça (6). Pequenas quantidades de óleo são forçadas da câmara de alta pressão através da fenda de vazamento (a) e depois retornados ao orifício de entrada. No final da fase de descida, é gerada uma pequena folga da válvula. Pequenas quantidades da mistura óleo-gás são forçados para fora, através do orifício de entrada e/ ou da fenda de vazamento.

- (1) Rolo de apoio
- (2) Orifício de alimentação de óleo
- (3) Grampo de retenção (opcional)
- (4) Guia de apoio
- (5) Pistão
- (6) Carcaça



Fase de ajuste (no círculo de base)

- Óleo sob pressão do óleo do motor

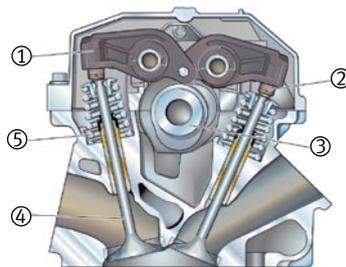
A mola de retorno separa o pistão (5) da carcaça (6), até que se alcance a folga da válvula. A válvula antirretorno abre como resultado do diferencial de pressão entre a câmara de alta pressão e o reservatório de óleo. O óleo flui do reservatório através da válvula antirretorno até a câmara de alta pressão. A válvula antirretorno fecha; o contato não-positivo no trem de válvulas é restabelecido.

- (7) Anel de trava
- (8) Furo de aerção / furo de alívio de pressão
- (a) Balancim articulado de chapa de aço
- (c) Pivô hidráulico

## 3.3 Balancim Articulado com Inseto Hidráulico

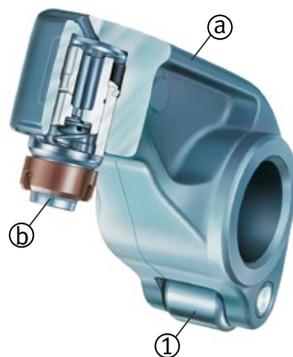
Nos trens de válvula com balancins articulados, o eixo de comando é posicionado abaixo de uma das extremidades do balancim. O deslocamento do came é transmitido à alavanca por meio de um contato deslizante ou um rolo (balancim articulado roletado) para reduzir perdas por atrito, balancins articulados modernos utilizam rolos de apoio com rolamentos de agulha. No outro braço do balancim articulado estão montados um componente hidráulico para ajuste da folga da válvula (por exemplo, um inseto hidráulico) ou um parafuso de ajuste para ajuste mecânico da folga da válvula. Esta parte do balancim articulado atua nas válvulas de admissão e/ ou de escape.

O ponto de contato entre o elemento de ajuste (inseto hidráulico) e a válvula sempre deve se situar no final da haste da válvula. Devido à reciprocidade dos movimentos do balancim articulado, a superfície de contato entre o inseto e o elemento atuando sobre a válvula deve ter forma levemente curva (ou esférica). Isto reduz a área de contato e, conseqüentemente, a pressão superficial aplicada sobre a extremidade da haste da válvula. Caso haja uma pressão muito alta, deverá ser usado um disco de contato. O disco de contato é fixado no inseto hidráulico por uma articulação, que garante um contato pleno nas extremidades da haste da válvula. Assim, a superfície de contato é aumentada, reduzindo a pressão de contato sobre a extremidade da haste da válvula.



Balancim Articulado com Inseto Hidráulico

- (1) Balancim articulado
- (2) Inseto hidráulico
- (3) Eixo de comando
- (4) Válvula
- (5) Mola da válvula



Balancim articulado

### Características

Preferencialmente, o corpo do balancim articulado (a) é fabricado de alumínio.

Ele contém:

- um rolo de apoio com rolamento de agulhas (a);
- um pivô hidráulico (b).

Trens de válvulas com balancins articulados operam em níveis de atrito muito baixos. Além disto, necessitam de muito pouco espaço, pois todas as válvulas podem ser acionadas por um único eixo de comando.



Elemento Hidráulico com Sapata de Contato

### Características

- suportados por um dispositivo articulado no inseto através de uma articulação;
- disco de contato (c) feito em aço temperado;
- pressões de contato muito baixas na área de contato com a válvula.



Elemento Hidráulico sem Sapata de Contato

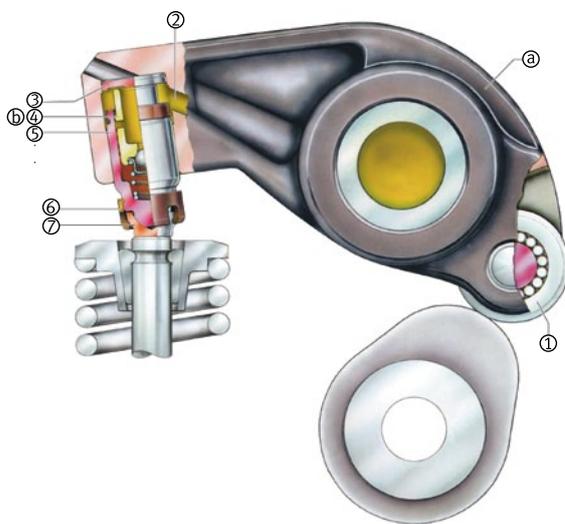
### Características

- pouco espaço de instalação;
- peso baixo (pouca massa móvel);
- baixo custo.

### Características gerais de insetos hidráulicos

- ajuste automático da folga;
- livre de manutenção;
- muito silencioso;
- emissão de gases consistentemente baixa durante toda a vida útil;
- a alimentação de óleo do inseto é feita através do braço do balancim por canais de lubrificação que ligam o braço do balancim ao inseto.

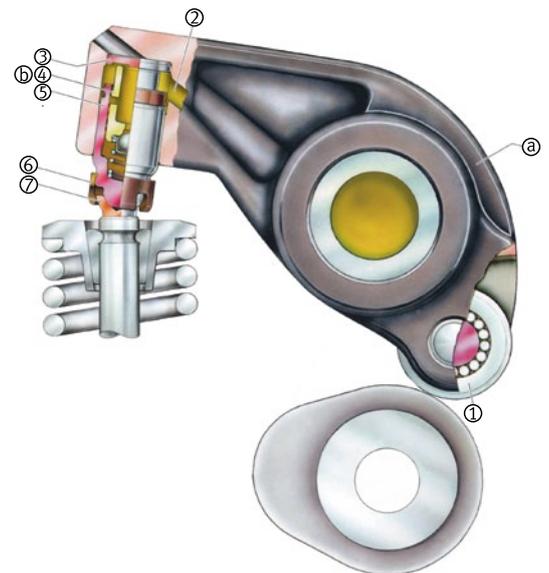
## Ajuste hidráulico de válvulas através de balancim articulado



### Fase de descida (no lóbulo do came)

- Óleo sob pressão do óleo do motor
- Óleo sob alta pressão

O pivô hidráulico (b) é carregado pela força da mola da válvula do motor e pela força de inércia, reduzindo assim, a distância entre pistão (4) e carcaça (5). Pequenas quantidades de óleo são forçadas da câmara de alta pressão através da fenda de vazamento e depois retornados ao reservatório de óleo através do canal de coleta de vazamentos e o orifício de entrada. No final da fase de descida, é gerada uma pequena folga da válvula. Pequenas quantidades da mistura óleo-gás são forçados para fora, através do furo de ventilação e/ ou da fenda de vazamento.



### Fase de ajuste (no círculo de base)

- Óleo sob pressão do óleo do motor

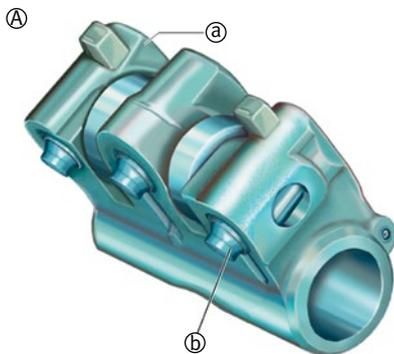
A mola de retorno separa o pistão (4) da carcaça (5), até que se alcance a folga da válvula. A válvula antirretorno tipo esfera abre como resultado do diferencial de pressão entre a câmara de alta pressão e o reservatório de óleo. O óleo flui do reservatório através da válvula antirretorno tipo esfera até a câmara de alta pressão. A válvula antirretorno fecha e o contato não-positivo no trem de válvulas é restabelecido.

- |                      |   |
|----------------------|---|
| (1) Rolo de apoio    | (6) Capa de fixação (chapa ou plástico) |
| (2) Canal de óleo    | (7) Sapata de contato                   |
| (3) Disco de suporte | (a) Balancim articulado                 |
| (4) Pistão           | (b) Inserto hidráulico                  |
| (5) Carcaça          |   |

## 3.4 Balancim Articulado pela extremidade com Insero Hidráulico

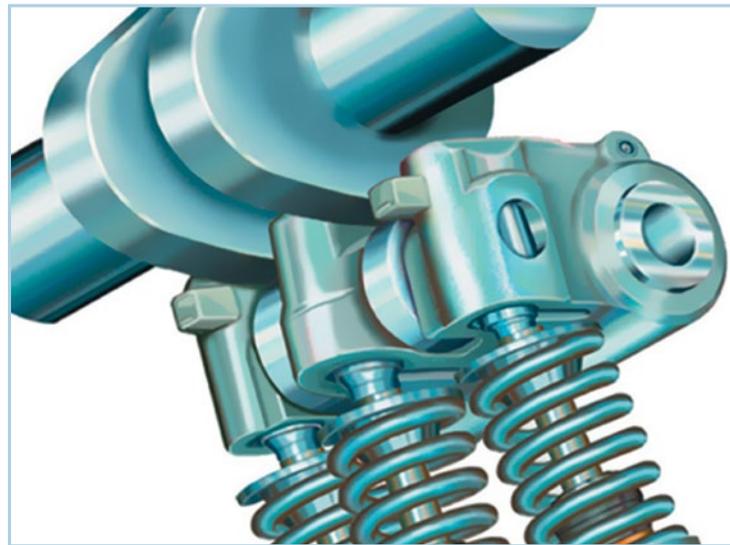
Nos trens de válvula com balancins articulados pela extremidade, o eixo de comando é posicionado de tal forma que aciona várias válvulas simultaneamente usando dois cames, os quais atuam em dois ou três insertos hidráulicos, através de dois rolos montados no balancim (balancim roletado articulado pela extremidade). O tipo com dois insertos hidráulicos também é chamado de balancim duplo articulado na ponta, e aquele com três insertos, por balancim triplo articulado pela extremidade. Este tipo de trem de válvulas é muito usado em motores diesel multiválvula. Apesar das válvulas serem montadas invertidas nestes motores, o sistema permite que todas válvulas sejam operadas por um único eixo de comando, deixando espaço suficiente para acomodar os bicos injetores.

### Balancim roletado articulado pela extremidade



(A) Balancim roletado triplo articulado pela extremidade

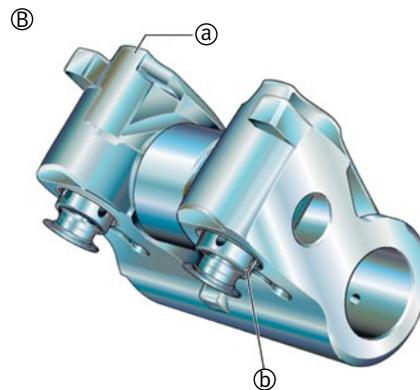
- (a) Corpo principal
- (b) Insero hidráulico



Trem de válvula com balancim articulado na ponta

Características do balancim articulado pela extremidade: Preferencialmente, o corpo do balancim articulado pela extremidade é fabricado de alumínio. Ele contém:

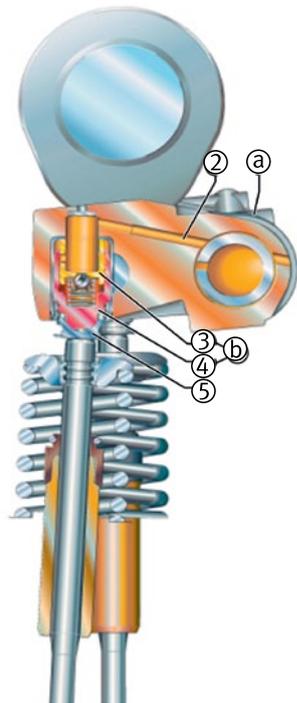
- rolo de apoio com rolamento de agulhas;
- insertos hidráulicos;
- um por válvula;
- ajuste automático da folga;
- livre de manutenção;
- muito silencioso;
- emissão de gases consistentemente baixa durante toda vida útil;
- extremamente tolerante à velocidade;
- perda por atrito minimizada.



(B) Balancim roletado duplo articulado pela extremidade

- (a) Corpo principal
- (b) Insero hidráulico

## Ajuste hidráulico de válvulas através de balancim articulado



Fase de elevação do came (vista frontal)

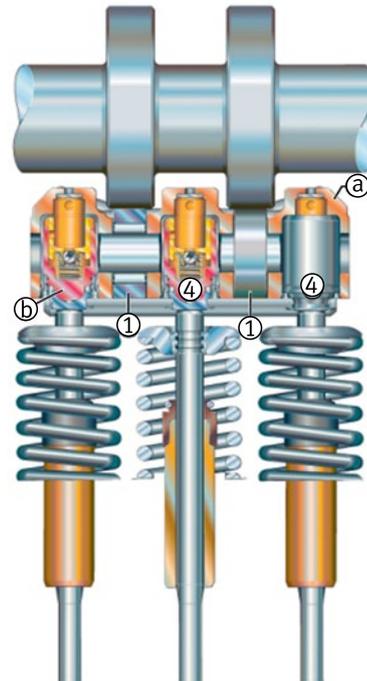
- Óleo sob pressão do óleo do motor
- Óleo sob alta pressão

O inserto hidráulico é carregado pela força da mola da válvula do motor e pelas forças de inércia, reduzindo assim, a distância entre pistão e carcaça.

Pequenas quantidades de óleo são forçadas da câmara de alta pressão através da folga de escoamento e depois retornados ao reservatório de óleo através do canal de coleta de vazamentos e o orifício de entrada.

No final da fase de descida, é gerada uma pequena folga da válvula.

Pequenas quantidades de óleo são forçados para fora, através da folga de escoamento.



Fase do círculo de base (vista lateral)

- Óleo sob pressão do óleo do motor

A mola de retorno separa o pistão da carcaça, até que se corrija a folga da válvula. A válvula antirretorno tipo esfera abre como resultado do diferencial de pressão entre a câmara de alta pressão e o reservatório de óleo.

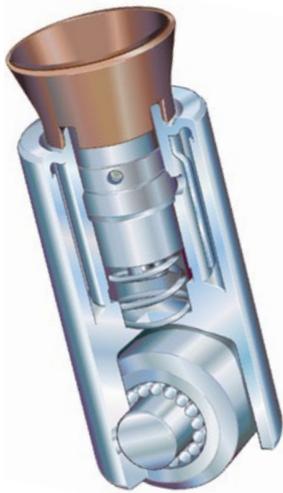
O óleo flui do reservatório através da válvula antirretorno tipo esfera até a câmara de alta pressão. A válvula antirretorno tipo esfera fecha e o contato no trem de válvulas é restabelecido.

- (1) Rolo de apoio
- (2) Canal de óleo
- (3) Pistão do inserto hidráulico
- (4) Pistão do inserto hidráulico
- (5) Sapata de apoio do inserto hidráulico

- (a) Balancim roletado articulado pela extremidade tripla
- (b) Inserto hidráulico

## 3.5 Sistema de Comando OHV

Em motores com eixo de comando no bloco, a distância entre cames e alavancas é bastante grande, sendo necessário usar uma vareta para transmitir a elevação do came à alavanca. As varetas de acionamento são usadas em conjunto com balancins ou tuchos especiais. Estes últimos fazem contato com o came por deslizamento (tuchos de superfície plana ou cilíndrica) ou por rolagem (tuchos roletados).



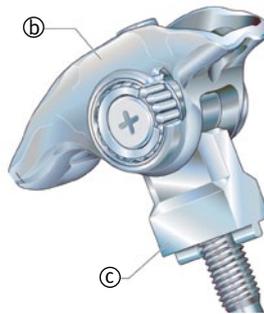
Tucho hidráulico roletado

### Características

- projetado com sistema exclusivo de circulação interna de óleo (tipo labirinto);
- melhor capacidade de funcionamento no caso de pressão de óleo

insuficiente;

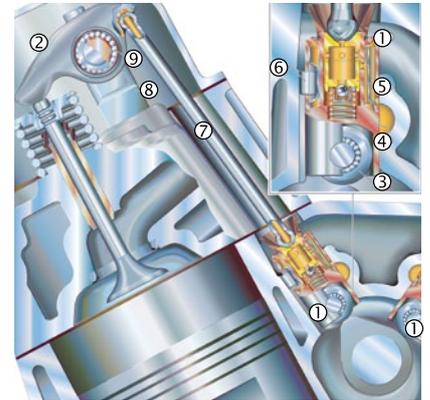
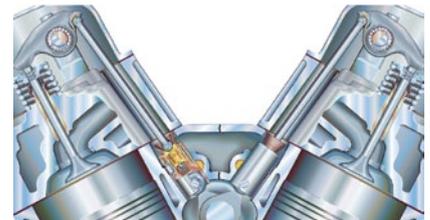
- ajusta automaticamente a folga de válvula;
- livre de manutenção;
- muito silencioso;
- emissão de gases consistentemente baixa durante toda vida útil.



Balancim articulado com suporte de mancal roletado

### Características

- fornecido como balancim/ suporte para balancim pronto para montar;
- montagem tipo balancim articulado;
- balancim articulado (b) com rolamento de agulhas (9) apoiado em suporte para balancim articulado (c);
- baixo atrito.



Sistema de comando OHV

- (1) Tucho hidráulico roletado
- (2) Balancim articulado
- (3) Rolo de apoio
- (4) Carcaça
- (5) Pistão
- (6) Elemento anti-rotação
- (7) Vareta de acionamento
- (8) Montagem do mancal do balancim articulado
- (9) Rolamento de agulhas

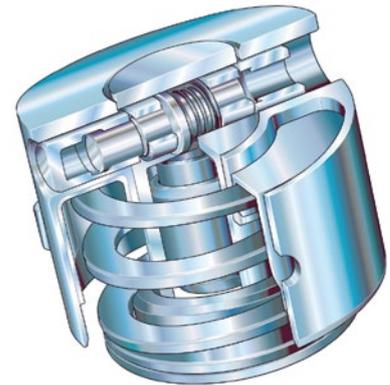
## 3.6 Sistemas de Comando Variável de Válvulas

Desde o princípio do século 20, projetistas de motores e engenheiros termodinâmicos buscam por mecanismos que permitam variar a curva de elevação dos cames. Prova disto é o grande número de patentes registradas a respeito.

A pressão em atingir normas rigorosas sobre emissões de escape e sobre consumo de combustível, e as exigências de um maior conforto ao dirigir em termos de desempenho, torque e resposta, demandam por maior flexibilidade de trem de válvulas.

Hoje em dia, sistemas de sincronização variável, tais como balancins articulados, balancins flutuantes e tuchos, estão sendo fabricados em larga escala. A temporização variável de válvulas é usado para possibilitar diferentes curvas de elevação dos cames em função das condições de operação, permitindo, assim, o ajuste ideal da elevação de cada válvula a cada instante. Para cada diferente elevação da válvula, um sistema destes requer um came correspondente para gerar o movimento, exceto se a alternativa for elevação zero, significando desativação da válvula. O elemento de contato com a válvula é apoiado no círculo de base do came. Sistemas de desativação de válvulas ou cilindros são usados predominantemente em motores multicilindro de alta potência (por exemplo, motores de 8, 10 ou 12 cilindros), com o objetivo de

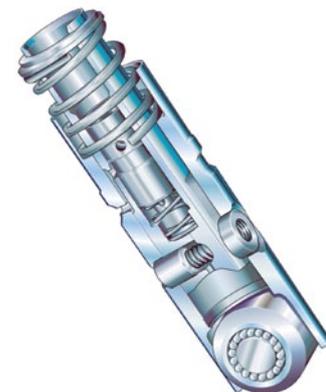
reduzir perdas de carga (perdas de bombeio e de aceleração) e/ ou alterando o ponto de operação. Devido a sua sequência de ignição equidistante, motores V8 e V12 comuns podem ser “comutados” para serem motores de quatro ou seis cilindros em linha. Testes em motores V8 estacionários comprovaram que um sistema de desativação de cilindros gera uma economia de combustível de 8% a 15% durante os ciclos normais de uso. A desativação de válvula é obtida pela exclusão do segundo came excêntrico de cada balancim ou tucho. Desta forma, o elemento de transmissão de elevação é desconectado da válvula. Conseqüentemente, o elemento de transmissão se movimenta em vazio, o chamado “movimento perdido”. Como a conexão à mola da válvula é interrompida, a respectiva massa deve ser suportada por uma mola adicional, a chamada mola do “movimento perdido”. Os movimentos recíprocos dos elementos não desativados do trem de válvula continuam a ser realizados. Nos cilindros desativados, o eixo de comando atua somente contra as molas do movimento perdido, cuja força é 4 a 5 vezes menor que a força da mola válvula. Isto minimiza as perdas por atrito.



Tucho mecânico variável



Pivô hidráulico variável

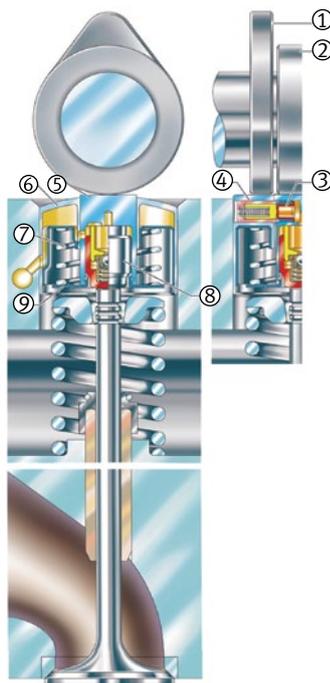


Tucho roletado variável

## Princípio de operação do tucho variável

Fase do círculo de base (fase de variação)

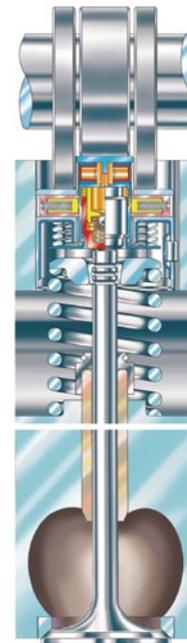
- A mola de suporte (7) empurra o elevador externo (6) contra o batente do elevador interno (5).
- O elevador interno (5) toca o came central (2), gerando uma pequena folga entre o came externo (1) e o elevador externo (6).
- Com a pressão de óleo reduzida, os elevadores externo (6) e interno (5) são conectados pelo pistão de trava acionado por mola (4).
- Como a pressão do óleo do motor é maior que a pressão do óleo de comutação, o pistão de trava (4) é empurrado de volta ao elevador externo (6) pelo pistão de acionamento (3).
- O elemento hidráulico de ajuste (8) posicionado no elevador interno (5) ajusta a folga da válvula.



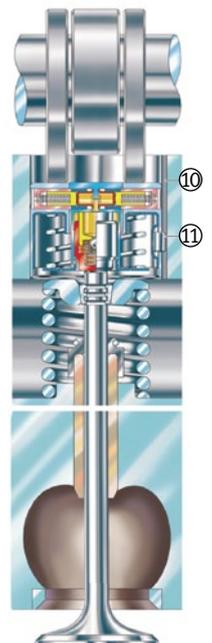
Fase do círculo de base (fase de comutação)

- (1) Came externo
- (2) Came interno
- (3) Pistão de operação
- (4) Pistão de trava
- (5) Elevador interno
- (6) Elevador externo
- (7) Disco de suporte
- (8) Elemento anti-rotação
- (9) Disco de suporte

desacoplado



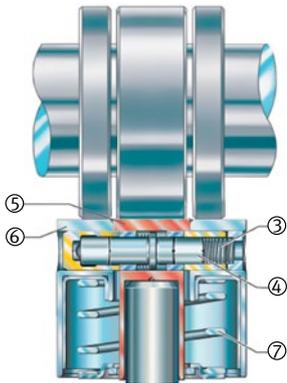
acoplado



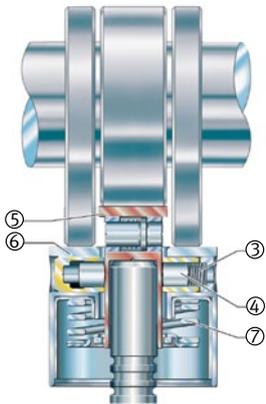
Fase de elevação do came

- Pressão de óleo do motor acelerado
- Pressão de óleo do motor
- Óleo sob alta pressão

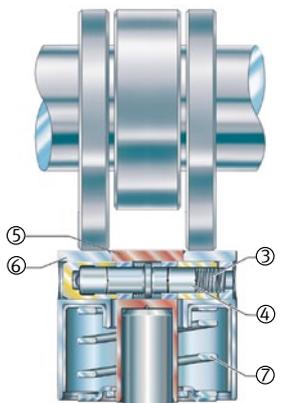
## Fases de comutação de um tucho mecânico variável



Fase de círculo de base

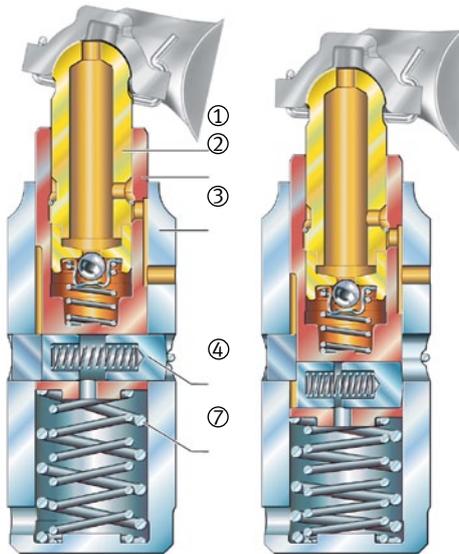


Fase de elevação do came, desacoplado (elevação parcial)



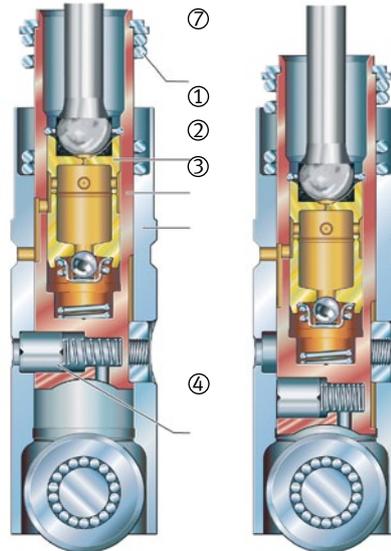
Fase de elevação do came, acoplado (elevação plena)

acoplado (elevação total)    desacoplado (elevação zero)



Pivô hidráulico variável

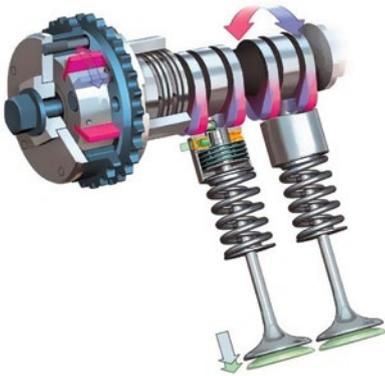
acoplado (elevação total)    desacoplado (elevação zero)



Tucho roletado variável

- |                     |                             |
|---------------------|-----------------------------|
| (1) Pistão          | (5) Elevador interno        |
| (2) Rolo de apoio   | (6) Elevador externo        |
| (3) Mola de retorno | (7) Disco de suporte        |
| (4) Pistão de trava | (mola do movimento perdido) |

## 4 Sistemas de Variação de Fase do Eixo Comando



### 4.1 Informação Geral

O variador de fase do eixo comando possibilita um ajuste no sincronismo entre válvulas e virabrequim de um motor de combustão interna. Existem sistemas que atuam somente nas válvulas de admissão, sistemas que atuam somente nas válvulas de escape e também uma combinação de ambos. O ajuste da fase do eixo comando permite a redução de emissões de poluentes e do consumo de combustível, além do aumento do

torque e potência e aumento do conforto em marcha lenta. A faixa de trabalho situa-se normalmente entre  $20^\circ$  e  $30^\circ$  no eixo comando, o que resulta em ajustes de  $40^\circ$  a  $60^\circ$  relativos ao virabrequim. Existem sistemas de ajuste de fase de eixo comando tanto para sistemas acionados por correia dentada como por corrente, representados em inúmeras soluções customizadas para atender às necessidades de cada espaço de instalação disponível.

### 4.2 Resumo dos Sistemas de Variação de Fase do Eixo Comando

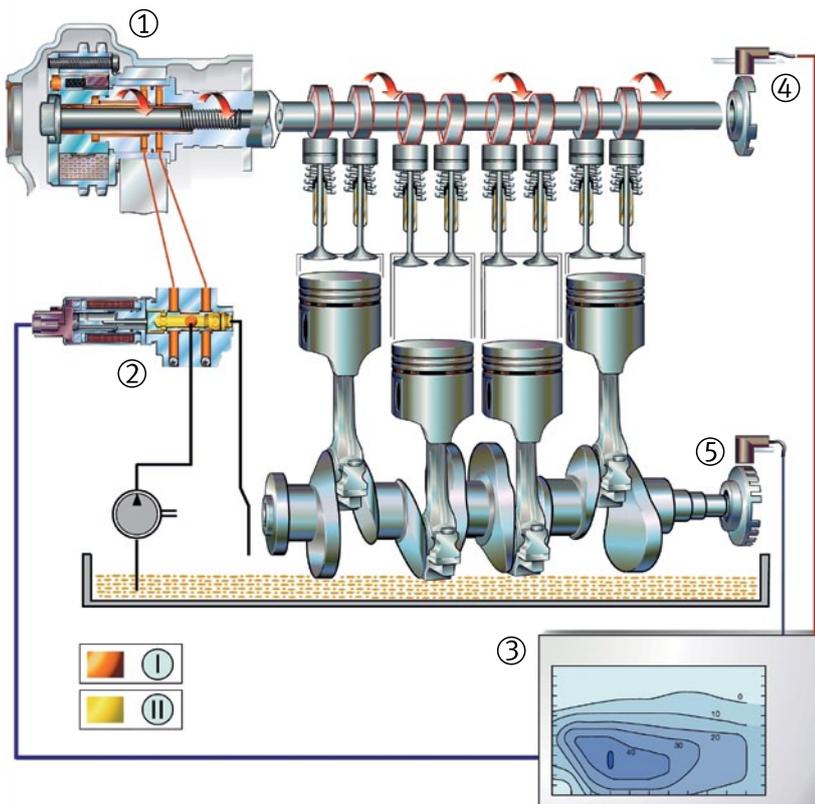
Cada conceito de variador de fase tem suas vantagens:

Conceito	Vantagens	Curvas das válvulas do motor
Variação de fase do eixo comando de admissão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução das emissões de gases poluentes</li> <li>• Redução do consumo de combustível</li> <li>• Aumento do conforto em marcha lenta</li> <li>• Otimização de torque e potência do motor</li> </ul>	
Variação de fase do eixo comando de escape	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução das emissões de gases poluentes</li> <li>• Redução do consumo de combustível</li> <li>• Aumento do conforto em marcha lenta</li> </ul>	
Variação independente de fase do eixo comando de admissão e do eixo comando de escape (DOHC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução das emissões de gases poluentes</li> <li>• Redução do consumo de combustível</li> <li>• Aumento do conforto em marcha lenta</li> <li>• Otimização de torque e potência do motor</li> </ul>	
Variação simultânea de fase do eixo comando de admissão e de escape (SOHC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução das emissões de gases poluentes</li> <li>• Redução do consumo de combustível</li> </ul>	

----- Sistema com ponto atrasado  
----- Sistema com ponto adiantado  
----- Sistema com ponto controlado (com ajuste fixo)

EO → abertura das válvulas de escape  
 EC → fechamento das válvulas de escape  
 IO → abertura das válvulas de admissão  
 IC → fechamento das válvulas de admissão

## 4.3 Componentes de Variação de Fase do Eixo Comando e seus Princípios de Operação



- Câmara conectada à pressão do óleo do motor
- Câmara desacoplada/ retorno do óleo

- (1) Sistema de variação de fase do eixo comando
- (2) Válvula solenoide
- (3) Central de comando do motor
- (4) Roda fônica e sensor, eixo de comando
- (5) Roda fônica e sensor, virabrequim

### Variação de fase do eixo de comando - malha de controle

O eixo de comando é continuamente ajustado dentro de um ciclo de controle com realimentação. O sistema de controle é comandado pela pressão do óleo.

→ Os ajustes ideais das válvulas dependem do regime de trabalho, da temperatura

e da rotação do motor e seus valores são obtidos a partir de um banco de dados (mapa) armazenados na central de comando do motor (ECU)(3).

- A central de comando do motor (ECU) (3) calcula o ângulo atual do eixo comando de válvulas a partir dos valores lidos pelos sensores dos eixos (4) e (5) e os compara com o ângulo ideal.
- Quando o ângulo atual difere do ideal, a ECU (3) envia um sinal para a válvula solenoide, a qual direciona o fluxo de óleo provindo da bomba para as respectivas câmaras para acionamento hidráulico, dentro do variador de fase.
- Dependendo de quais câmaras do variador de fase estiverem conectadas com o fluxo de óleo, o eixo comando é adiantado ou atrasado em relação ao virabrequim, gerando atraso ou avanço na abertura e fechamento das válvulas.
- O desvio entre o ângulo atual e o ângulo ideal é calculado continuamente pela central de comando do motor (ECU)(3).

Vantagens da malha de controle:

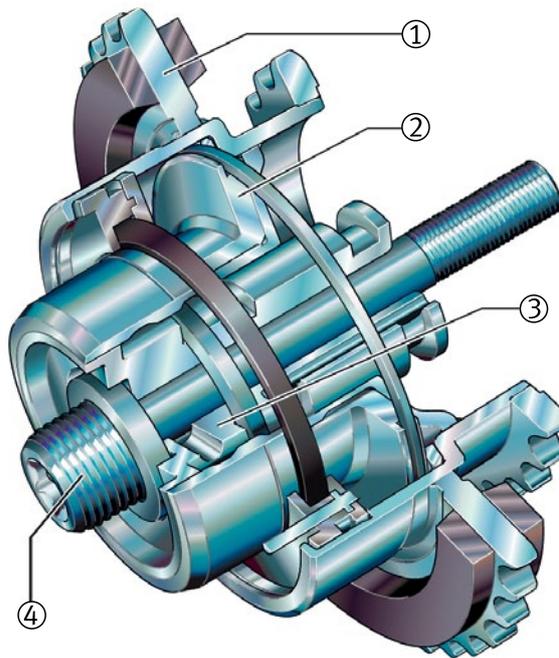
- Um desvio do valor ideal é corrigido quase que imediatamente;
- O ângulo ideal é mantido com alta precisão angular.

## 4.4 Variadores de Fase do Eixo Comando

Atualmente, existem dois tipos de variadores de fase usados em produção seriada: variadores de fase com pistão axial e variadores de fase com palhetas.



### 4.4.1 Variadores de Fase com Pistão Axial



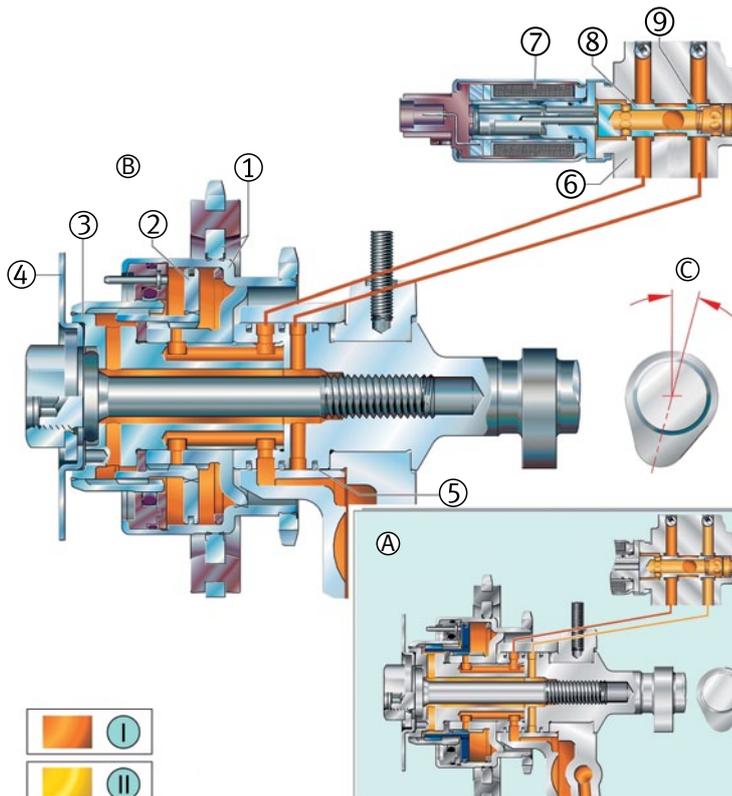
Componentes básicos de um variador de fase com pistão axial

- (1) Acionador
- (2) Pistão de ajuste
- (3) Cubo de acionamento
- (4) Parafuso central

#### Características

- Existem variadores de fase com pistão axial tanto para eixo comando acionado por corrente como por correia dentada.
- Dependendo da função e da necessidade de espaço de instalação, os canais de alimentação de óleo às câmaras do variador de fase podem ser vedadas de diferentes maneiras, como retentores (aço ou plástico) no eixo de comando (na região dos mancais).
- O variador de fase com pistão axial é montado no eixo de comando através de um parafuso central.
- O óleo é fornecido através do eixo de comando, no primeiro mancal.
- Este tipo de variador de fase se caracteriza por sua robustez, pelo vazamento reduzido de óleo e pela sua avançada precisão de controle.

# Componentes do Trem de Válvulas



(A) Posição básica  
(B) Posição de controle  
(C) Ângulo do came

(1) Acionador  
(2) Pistão de ajuste  
(3) Cubo de acionamento  
(4) Disco de disparo do eixo de comando  
(5) Retentor  
(6) Válvula solenoide, seção hidráulica  
(7) Válvula solenoide, solenoide  
(8) Pistão hidráulico  
(9) Mola

(I) Câmara conectada à pressão do óleo do motor  
(II) Câmara desacoplada / óleo retorna

Princípio de atuação de um ajustador de fase com pistão axial

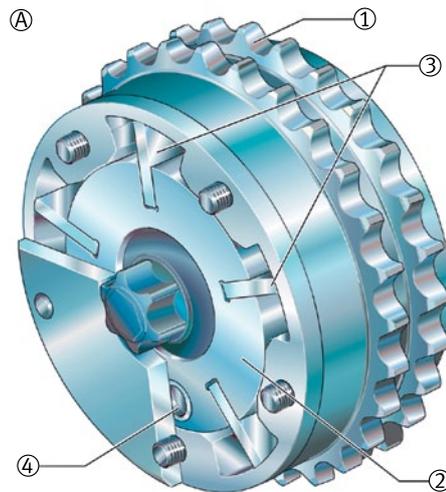
- Conforme necessário, um sinal é enviado à válvula solenoide (7) e ativa seu pistão hidráulico (8) montado na seção hidráulica (6) regulando o fluxo de óleo para uma das duas câmaras do variador de fase.
- Acionador (1) e cubo de acionamento (3) são conectados um ao outro por estrias helicoidais.
- O deslocamento axial do pistão de ajuste (2), que funciona como elemento de ligação entre o acionador (1) e o cubo de acionamento (3), permite a variação de sincronismo entre eixo comando e virabrequim.
- A faixa de variação convencional está entre 20° e 30° no eixo de comando, resultando em 40° e 60° respectivamente no virabrequim.
- O pistão de ajuste (2), que mantém uma posição permanente de ângulo do eixo comando é travado hidraulicamente no modo controlado (B) pela aplicação de pressão de óleo em ambas as câmaras de óleo.

## 4.4.2 Variadores de Fase com Palhetas

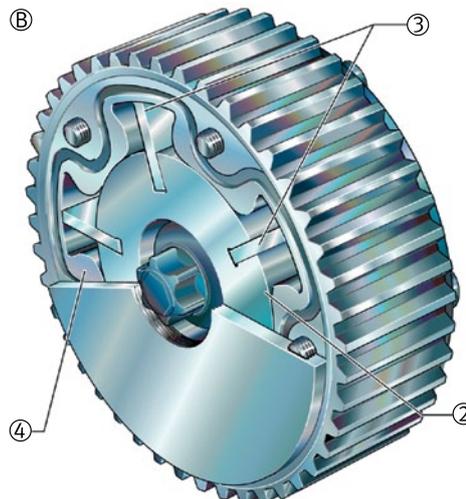
### Características

- Existem sistemas de variação de fase com palhetas para eixo comando acionado por corrente (A) e por correia dentada (B).
- O estator (1) é ligado ao virabrequim pelo sistema de sincronismo (corrente ou correia dentada), e o rotor (2) é ligado ao eixo comando pelo parafuso central.
- O rotor (2) é montado de forma que as palhetas fiquem entre dois batentes do estator (1), formando câmaras que são preenchidas com óleo durante o funcionamento.
- A transmissão de torque do estator (1) ao rotor (2) é feita pelas palhetas (3), travadas hidraulicamente. Dependendo da câmara em que se aplica a pressão de óleo, o eixo comando é atrasado ou adiantado em relação ao virabrequim.
- A faixa de ajuste convencional está entre 20° e 30° no eixo de comando, o que corresponde à 40° e 60° respectivamente no virabrequim.
- O número de palhetas pode variar, dependendo do tempo de ajuste requerido e da carga aplicada ao sistema. O dispositivo de trava (4) é previsto para garantir conexão mecânica segura durante a partida do motor, quando o variador ainda não foi alimentado com óleo. Ele é hidraulicamente destravado assim que submetido à pressão de óleo.

### Variador de fase com palhetas para acionamentos por corrente



Componentes básicos de um variador de fase com palhetas



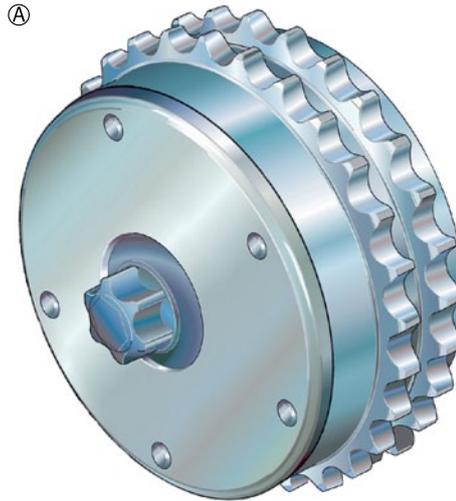
Variador de fase com palhetas para acionamentos por correia

(1) Estator  
(2) Rotor

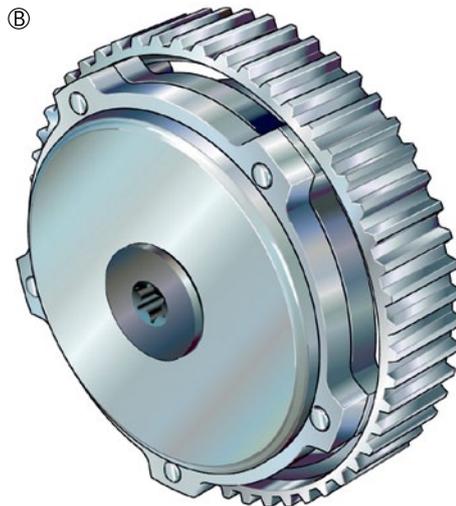
(3) Palhetas  
(4) Dispositivo de trava

## 4.4.3 Diferenças entre Variadores de Fase de Eixo Comando Acionados por Corrente e Correia Dentada

- De forma geral, os variadores de fase para acionamentos por correia dentada (B) devem ser absolutamente estanques ao óleo, já que este compromete a vida útil da correia. Entretanto, existem sistemas acionados por correia dentada banhada em óleo, que não necessitam ser estanques. Variadores de fase para eixo comando acionados por corrente (A) não necessitam ser estanques, pois esse sistema já funciona lubrificado com óleo e é construído dentro de um sistema selado.
- A vedação do variador de fase acionado por correia dentada é garantida por elementos vedantes em seu interior, pela tampa de vedação, que serve de superfície de contato com o retentor e por um bujão, que veda o variador, após a colocação do parafuso central.
- A roda dentada tem perfil desenvolvido para atender diferentes requisitos e para permitir o uso de diferentes correntes ou correias sincronizadoras.



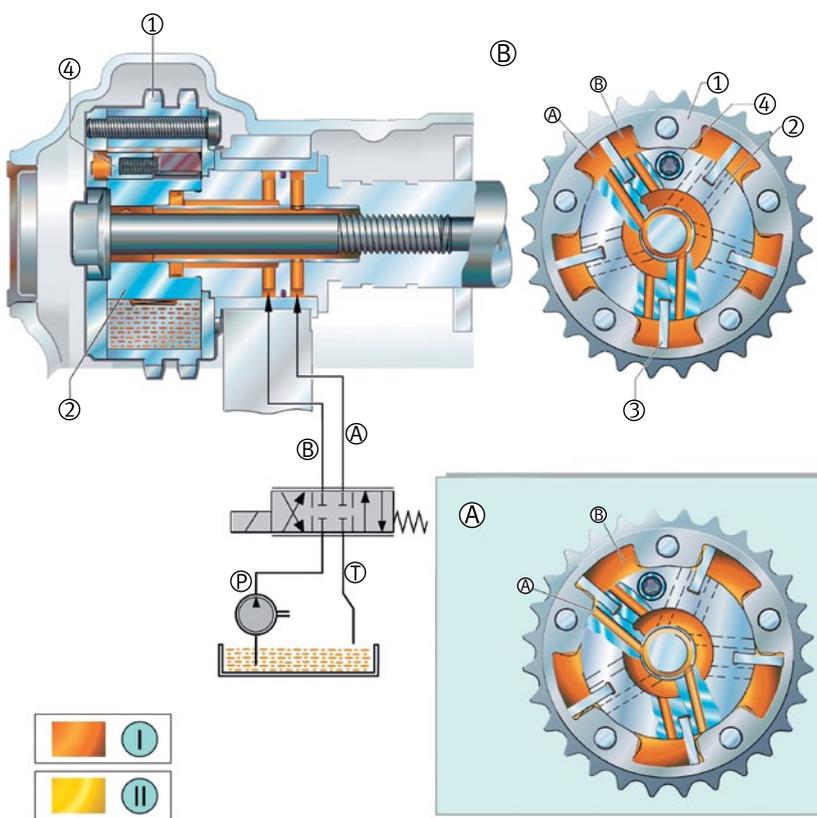
Variador de fase para acionamento por corrente



Variador de fase para acionamento por correia

## 4.4.4 Diferenças entre Ajuste de Fase de Admissão e de Escape

Ajuste de fase realizado por variador com palhetas no eixo comando de admissão acionado por corrente



Variador de fase com palhetas para acionamentos por corrente

(A) Posição de base  
(B) Posição de controle

(1) Estator  
(2) Rotor  
(3) Palheta

(4) Dispositivo de trava  
(A)/(B) Câmaras de óleo

(I) Câmara conectada à alimentação de óleo do motor  
(II) Câmara desacoplada / retorno do óleo

### Variador na posição de base (A)

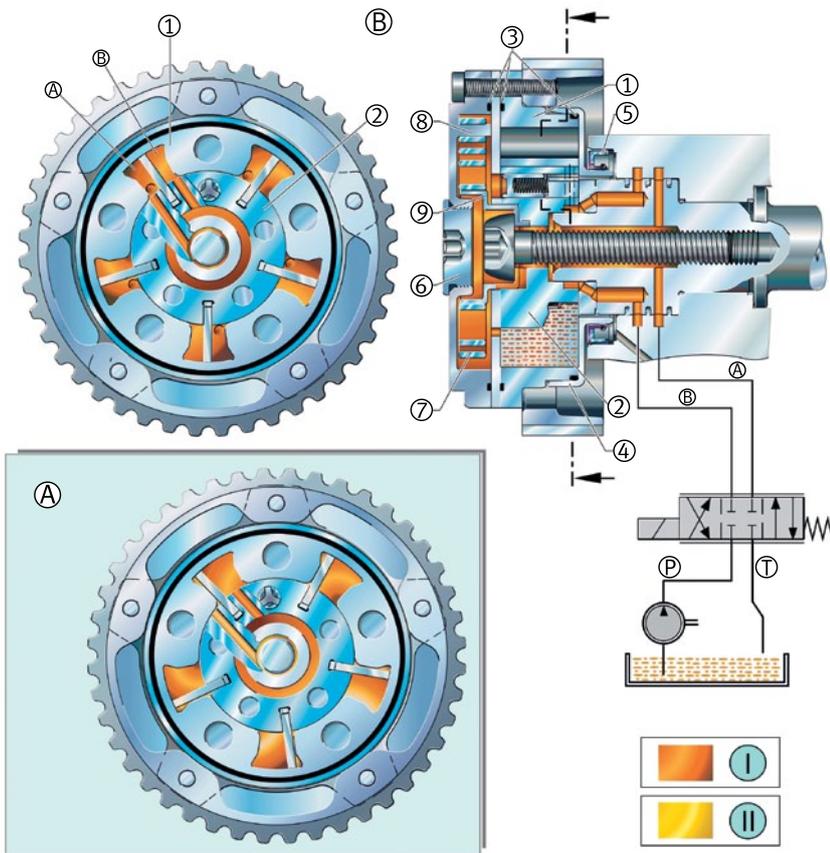
- Tempo das válvulas está “atrasado”.
- O dispositivo de trava (4) está acionado.
- As câmaras conectadas à alimentação de óleo, mantêm as palhetas pressionadas contra os batentes, mantendo o variador na posição de base.
- A válvula solenoide não está energizada.

### Variador na posição controlada (B)

- Corrente elétrica é aplicada à válvula solenoide.
- Câmara (A) é conectada à alimentação de óleo.
- O óleo desbloqueia o elemento de trava (4) e gira o rotor (2).
- Eixo comando pode girar até a posição “avançada”.

Para travar o variador de fase em uma posição intermediária, a válvula solenoide é passada para a posição de controle. Assim, as câmaras de óleo estão quase que completamente fechadas, com a mesma pressão de óleo, compensando somente vazamentos.

Ajuste de fase realizado por variador com palhetas no eixo comando de exaustão acionado por correia



Variador de fase com palhetas para acionamentos por correia

(A) Posição de base  
(B) Posição de controle

(1) Estator  
(2) Rotor  
(3) Vedações  
(4) Tampa de vedação  
(5) Retentor

(6) Bujão  
(7) Mola espiral  
(8) Tampa  
(9) Suporte da mola

(I) Câmara conectada à alimentação de óleo do motor  
(II) Câmara desacoplada / retorno do óleo

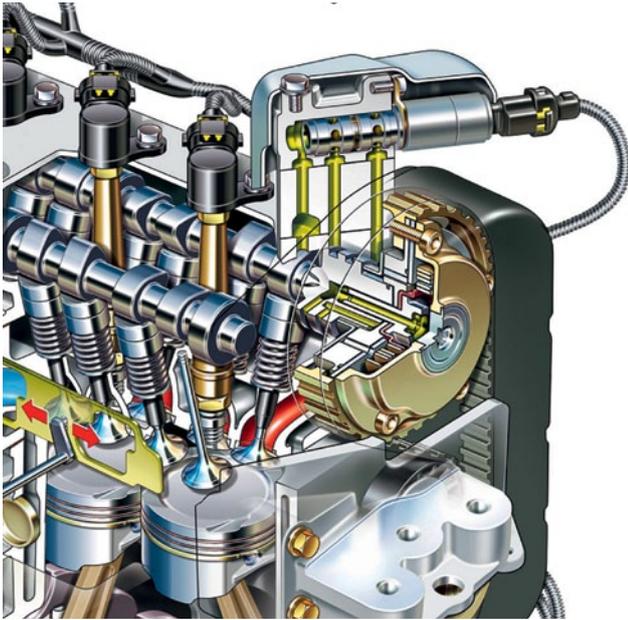
## Variador na posição de base (A)

- Tempo das válvulas está na posição “avançado”.
- O dispositivo de trava está acionado.
- O atrito de arraste no eixo comando tem efeito desacelerador em direção à posição “atrasado”.
- O momento da mola espiral (7) é maior que o momento no eixo de comando, levando o variador para a posição de base.
- A mola espiral (7) está fixada à tampa (8) e em seu centro se conecta ao rotor (2) através do suporte da mola (9), que é fixado através do parafuso central.

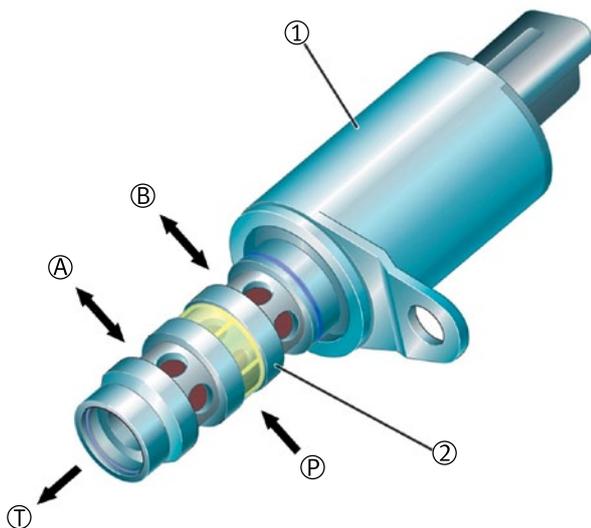
## Variador na posição controlada (B)

- Corrente é aplicada à válvula solenoide.
- Câmara (B) é conectada à alimentação de óleo.
- O óleo desbloqueia o elemento de trava e o variador fica livre para girar até a posição “atrasado”.

## 4.5 Válvula Solenoide



### 4.5.1 Válvula de Cartucho (HIPE)



Componentes básicos da válvula de cartucho

- (1) Solenoide
- (2) Seção hidráulica

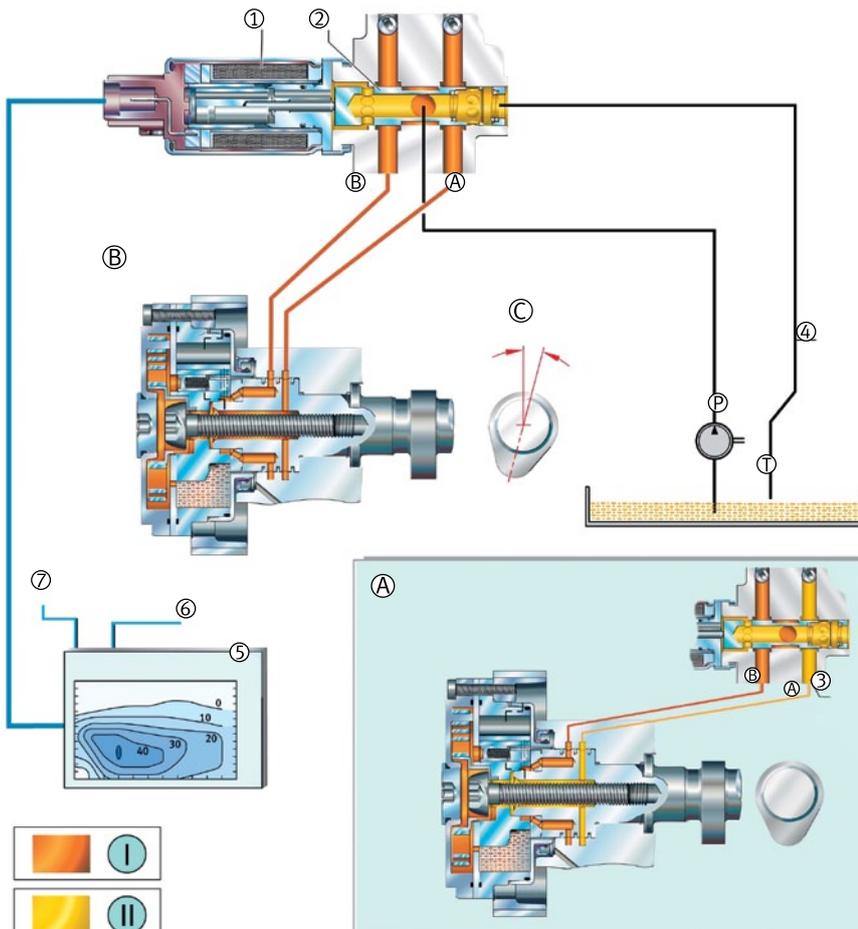
A válvula de controle é uma válvula proporcional com quatro conexões, cada uma para:

- bomba de óleo “P”;
- retorno “T”;
- câmara hidráulica “A” do variador de fase;
- câmara hidráulica “B” do variador de fase.

### Características

- A válvula é compacta e modular, mas permite modificações para que possa atender a aplicações específicas. A posição, tipo de encaixe e de flange, tipo de alimentação de óleo (lateral ou pela face traseira), bem como a posição da vedação entre a seção hidráulica e a seção de encaixe “seca” são livremente selecionáveis.
- Existem duas variantes de válvula solenoide de encaixe:
  - integrada diretamente ao cabeçote;
  - conectada através de uma carenagem intermediária.
- Eletricamente, a válvula é conectada à central de comando do motor (ECU).
- Um pistão direcionador com movimento axial no interior da seção hidráulica da válvula estabelece a conexão entre a alimentação de óleo, as câmaras hidráulicas do variador de fase e o retorno de óleo.
- O pistão direcionador hidráulico é mantido em sua posição básica por uma mola e movimentado contra a mola assim que corrente fluir pelo solenoide:
  - o fluxo de óleo que vai para as duas câmaras varia;
  - na posição de controle o fluxo de óleo é praticamente interrompido, fazendo com que o rotor fique rigidamente travado no variador de fase.

# Componentes do Trem de Válvulas



Princípio de operação da válvula de cartucho

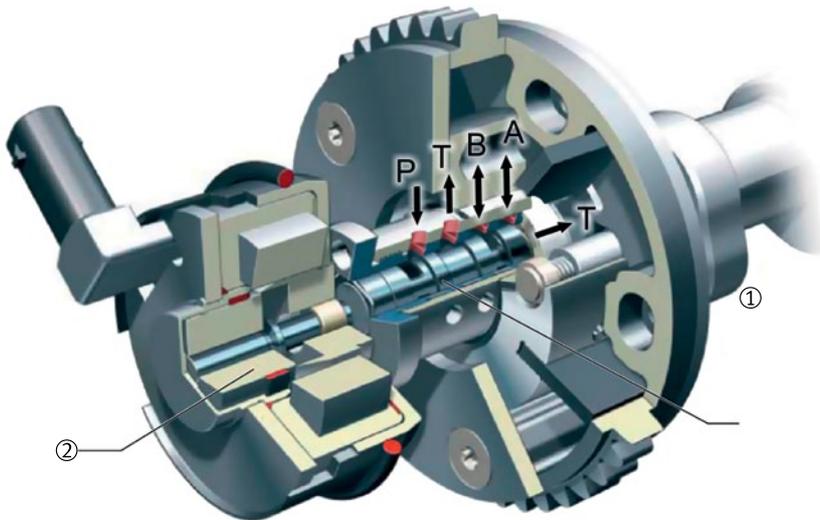
- (A) Posição de base
- (B) Posição de controle
- (C) Ângulo do came
- (1) Solenoide
- (2) Pistão hidráulico
- (3) Entrada da câmara de óleo

- (4) Retorno "T"
- (5) Central de comando do motor
- (6) Conector do sensor do virabrequim
- (7) Conector do sensor do eixo de comando
- (I) Câmara conectada à pressão do óleo do motor
- (II) Câmara desacoplada/ retorno do óleo

Quando o solenoide (1) é energizado, o pistão hidráulico (2) é movimentado contra a mola na seção hidráulica e assim alterna a pressão de óleo entre as duas câmaras de trabalho A e B.

A câmara, que em determinado momento estiver desacoplada da pressão de óleo, estará conectada ao retorno (T). Para manter uma posição específica de sincronização, a válvula é mantida na posição central, onde o fluxo de óleo é reduzido e igual para as câmaras A e B compensando apenas os vazamentos e deixando o variador travado hidraulicamente.

## 4.5.2 Válvula Central



### Componentes básicos da válvula central

- (1) Seção hidráulica
- (2) Solenoide

A válvula de controle é uma válvula proporcional com cinco conexões, cada uma para:

- bomba de óleo "P";
- retorno "T" (2x);
- câmara hidráulica "A" do variador de fase;
- câmara hidráulica "B" do variador de fase.

### Características

- O magneto central desacoplado está posicionado coaxialmente em frente à válvula central.
- A válvula central é rosqueada no eixo de comando.
- O variador de fase é conectado ao eixo comando.
- A reduzida distância do fluxo de óleo entre a válvula central e o variador de fase permitem uma menor perda de pressão de óleo e uma alta velocidade de variação.

### Princípio de operação

Quando o magneto coaxial (2) é energizado, o pistão hidráulico é movimentado contra a mola na seção hidráulica da válvula e assim alterna a pressão de óleo entre as duas câmaras de trabalho. A câmara, que em determinado momento estiver desacoplada da pressão de óleo, estará conectada ao retorno. Para manter uma posição específica de sincronização, a válvula é mantida na posição central, onde o fluxo de óleo é reduzido e igual para as câmaras A e B compensando apenas os vazamentos e deixando o variador travado hidráulicamente.

## 5 Manutenção e Serviço

### Importante:

- Para evitar contaminação resultante de penetração de impurezas, **L I M P E Z A** é obrigatória!
- Mesmo a menor partícula de sujeira pode prejudicar o funcionamento dos componentes e pode chegar a causar falha total do motor!
- Assegure-se que as peças estejam corretamente instaladas (rebaixo na cabeça esférica e sapata de contato na haste da válvula).
- Assegure-se que o balancim articulado esteja na posição correta (folga). Isto varia de acordo com cada tipo.
- Os componentes hidráulicos de compensação de folga não devem ser desmontados, evitando danos nos mecanismos de alta precisão.
- Utilize somente óleo de motor recomendado pelo fabricante.

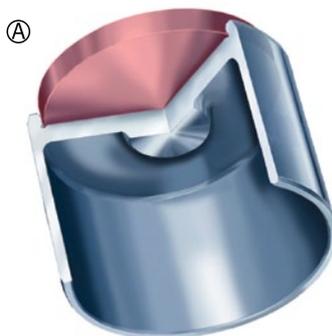
### 5.1 Reposição de Tuchos Mecânicos

Durante a montagem inicial, as tolerâncias de fabricação entre o círculo de base do came e o assento da válvula são ajustadas com discos de ajuste de diferentes espessuras.

#### Importante:

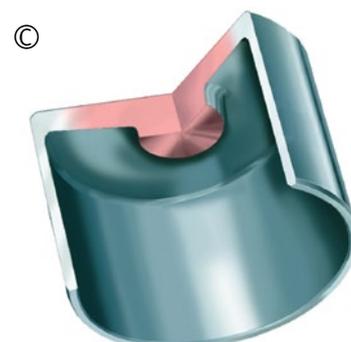
Após o ajuste correto sempre fica uma folga básica, definida entre o círculo de base do came e a lâmina de ajuste. Esta folga básica serve para compensar diferenças de comprimento no trem de válvulas em função de:

- expansão térmica;
- deformação por compressão;
- desgaste e abrasão.



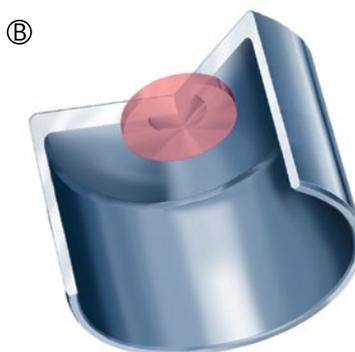
**Tucho mecânico com disco de ajuste superior**

Se os ajustes não estiverem de acordo com as especificações do fabricante (folga insuficiente ou excessiva), o disco de ajuste deve ser trocado (não é necessário remover o eixo de comando!)



**Tucho mecânico com espessura de fundo escalonada**

Se os ajustes não estiverem de acordo com as especificações do fabricante (folga insuficiente ou excessiva), o tucho deve ser trocado (neste caso, é necessário remover o eixo de comando!)



**Tucho mecânico com disco de ajuste inferior**

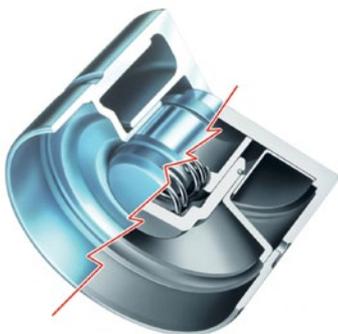
Se os ajustes não estiverem de acordo com as especificações do fabricante (folga insuficiente ou excessiva), o disco de ajuste e o tucho devem ser trocados (neste caso, é necessário remover o eixo de comando!)

## 5.2 Reposição de Tuchos Hidráulicos

**Importante:**

Ao trocar componentes hidráulicos, seguir sempre as instruções do fabricante. Em geral, os métodos descritos neste capítulo se aplicam a todos tipos de tuchos.

Todos os tuchos hidráulicos são diferentes! Mesmo que alguns tipos possam parecer idênticos, ele têm diferenças internas significativas. Assim, lembre-se que tuchos hidráulicos nem sempre são intercambiáveis automaticamente.



Os motivos são:

- Diferentes tempos de descida do elemento hidráulico,
- Diferentes consumos de óleo,
- Diferentes especificações de óleo,
- Diferentes acabamentos do fundo do copo (por exemplo, temperado ou nitretado),
- Diferentes pressões de óleo,
- Diferentes tipo de tucho (tipo labirinto, com proteção antidreno, ou com retorno interno),
- Diferentes pressões da mola antirretorno,
- Diferentes elevações da válvula (em mm).

## 5.3 Reposição de Balancim Flutuante com Pivô Hidráulico

Para evitar reparos seguidos e, conseqüentemente, custos mais elevados para o cliente, recomendamos enfaticamente que se troque o conjunto completo do balancim flutuante.

Se um novo pivô hidráulico for montado em um balancim flutuante usado, a cabeça do pivô não irá se assentar corretamente no rebaixo do balancim, causando desgaste excessivo e falha prematura.



**Importante:**

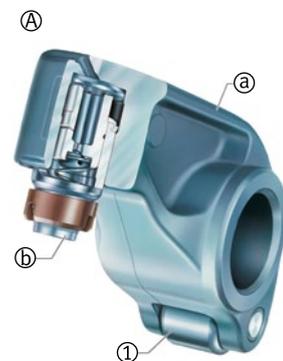
A diferença mais importante entre os vários pivôs hidráulicos é o seu tempo de descida. Combinar um pivô hidráulico errado com o balancim flutuante pode causar sérias falhas de funcionamento e até a falha total do motor.

## 5.4 Reposição de Balancim Articulado com Insero Hidráulico

Balancins articulado defeituosos devem sempre ser substituídos junto com seus insertos hidráulicos!

Os motivos são:

- As medidas de encaixe do furo de montagem do balancim articulado ajustam com precisão com o diâmetro externo do inserto hidráulico (medidas com tolerância)
- Para remover o inserto, é necessário aplicar força através de uma ferramenta (por exemplo, um alicate), que causará esmagamento e, conseqüentemente, danos ao furo de localização do inserto hidráulico.
- A alimentação de óleo do inserto hidráulico não poderá ser garantida, se os orifícios e canais de alimentação estiverem entupidos com restos de óleo velho.



- O rolo de contato (rolamento de agulha) de balancim articulado está sujeito a desgaste constante gerado pelo contato com o lóbulo do came.

**Importante:**

A diferença mais importante entre os vários pivôs hidráulicos é o seu tempo de descida. Combinar um inserto hidráulico errado com o balancim articulado pode causar sérias falhas de funcionamento e até a quebra total do motor.



## 5.5 Recomendações Gerais de Reparo e Manutenção

Esta regras gerais devem ser seguidas sempre que forem executados serviços de reparo ou de manutenção em trens de válvula. Sempre siga as instruções do fabricante.

### Reposição a cada 120.000 km

Ao revisar motores com mais de 120.000 km rodados assegure-se de substituir os componentes de ajuste de folga das válvulas. Devido às tolerâncias apertadas, os componentes hidráulicos então terão alcançado ou mesmo superado seu limite de desgaste.

### Sempre substitua o conjunto

Mesmo que um ou mais componentes estejam danificados, sempre substituir o conjunto completo de componentes. Substituindo apenas um único componente, a elevação da válvula poderá não ser igual para todas peças devido a diferentes quantidades de liberação de óleo

pelos fendas de vazamento. Isto pode resultar em fechamento falho da válvula, chegando à queima do assento da válvula. Para evitar reparos seguidos e, conseqüentemente, custos mais elevados para o cliente, recomendamos enfaticamente que se troque o conjunto completo do balancim flutuante.

### Eixo de comando novo - tucho hidráulico novo

Ao substituir os tucho hidráulicos, o eixo de comando deve ser substituído, e vice-versa. Devido ao padrão de desgaste no fundo do tucho e na pista do came, casar peças novas com peças desgastadas resultará em uma vida útil curta dos componentes.

### Escolha dos componentes hidráulicos

Os principais critérios para a escolha do componente hidráulico adequado deve ser o comprimento de montagem real (que pode ser diferente do comprimento total do elemento hidráulico), diâmetro externo, bem como disposição dos canais de óleo. Como regra geral, somente use elementos hidráulicos incluídos nas listas de peças e catálogos. Atenção: nunca instale tuchos hidráulicos de tamanho standard em furos aumentados no cabeçote.

### Preenchimento dos componentes hidráulicos

Alguns fabricantes oferecem ao mercado de reposição componentes de ajuste de folga já preenchidos com a quantidade necessária de óleo, ou contendo pelo menos a quantidade suficiente para o amaciamento. Componentes

de ajuste de folga de válvulas parcialmente preenchidos garantem que o pistão hidráulico esteja automaticamente na posição correta durante a partida do motor reconicionado. Neste curto período de tempo estes elementos hidráulicos, ao contrário de componentes inicialmente preenchidos, autosangram o ar, emitindo ruídos de “tique” na região do cabeçote, até que o componente esteja preenchido até o nível de óleo necessário pelo circuito de óleo do motor.

Como os elementos hidráulicos são despachados na posição de transporte, eles não se acomodam à sua posição individual até que eles tenham sido montados e carregados pelo eixo de comando. Não rode o eixo de comando durante este período. A fase de assentamento normalmente leva de 2 a 10 minutos em temperatura ambiente, depois dos quais o eixo de comando pode ser rodado e o motor partido.

### Instruções gerais de montagem

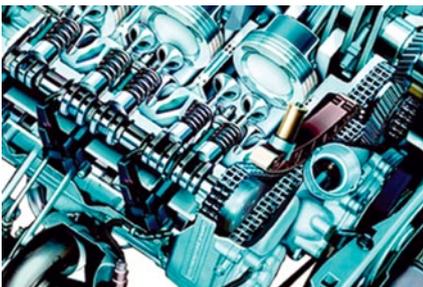
- Drene o óleo do motor.
- Limpe o sistema de óleo, especialmente os canais de óleo que levam aos componentes hidráulicos, se necessário desmonte e limpe o cárter do motor e a tela de óleo.
- Monte um filtro de óleo novo.
- Verifique o nível e o abastecimento de óleo.
- Monte o cabeçote.
- Aguarde até que os componentes hidráulicos se acomodem, antes de girar o eixo de comando e dar partida ao motor.

## 5.6 Sangramento de Ar de Componentes de Sistema Hidráulico de Ajuste de Válvulas - Recomendações

Em certas condições de operação (partidas seguidas, partida a frio, montagem inicial do motor), podem ocorrer ruídos no trem de válvulas. Observe as instruções a seguir para assegurar um sangramento rápido da câmara de alta pressão e do reservatório do elemento hidráulico :

1. ➔ Mantenha o motor rodando em uma rotação constante de aprox. 2.500 rpm, ou variando a rotação na faixa de 2.000 a 3.000 rpm por pelo menos 4 minutos.
2. ➔ Depois, deixe o motor rodando em ponto morto por cerca de 30 segundos.
3. ➔ Se não houver mais nenhum ruído, o sistema está sangrado. Se o ruído do trem de válvula persistir, repita os itens 1 e 2.

Em 90% dos casos, os ruídos do trem de válvula são eliminados após o primeiro ciclo de sangria. Em pouquíssimos casos, pode ser necessário repetir o procedimento por até 5 ou 6 vezes. Se o ruído do trem de válvula ainda persistir após o quinto ciclo de sangria, recomenda-se a troca dos componente relevantes e realizar testes adicionais.



## 5.7 Reposição de Elementos de Faseamento de Eixo de Comando - Recomendações

### Pino de sincronização

Alguns tipos de variadores de fase do eixo de comando possuem um pino de sincronização. Ao instalá-los, atentar para que o pino esteja perfeitamente alinhado com o furo do eixo de comando para evitar a inclinação do variador de fase. A falha deste alinhamento resulta em mal funcionamento e em guia imprecisa da correia ou da corrente.

### Vedação do eixo de comando

Ao substituir o variador de fase do eixo de comando, recomendamos enfaticamente que se troque também a vedação do eixo de comando que protege a conexão entre o eixo e comando e o cabeçote.

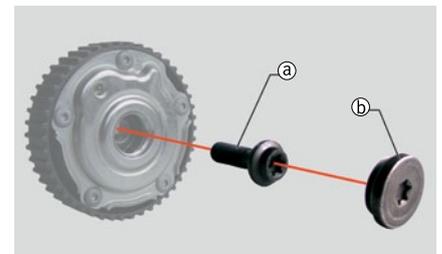


### Parafuso central (a)

Ao substituir o variador de fase, sempre substituir o parafuso central que conecta o variador de fase ao eixo de comando, pois ao ser montado com o torque especificado, que varia de acordo com o fabricante do veículo, deve ser sempre observado se este parafuso se deforma plasticamente. Assim, não é recomendável reutilizar este parafuso.

### Bujão do parafuso (b)

Ao substituir o variador de fase do eixo de comando, também é recomendado que se troque o bujão do parafuso, que veda o variador de fase para o exterior. Ele possui um anel de vedação, que pode ser danificado na desmontagem.



## 6 Diagnósticos de Falha e Avaliação de Danos

### 6.1 Diagnósticos de Falha e Avaliação de Danos

Sob condições de atrito variáveis, ocorre desgaste por abrasão e por adesão entre os componentes envolvidos no atrito metálico. Ambos tipos de desgaste, incluindo desgaste por fadiga, causam cavitação na superfície, muitas vezes levando à quebra das peças envolvidas. Desgaste também pode ser consequência de diferentes tipos de corrosão.

→ **Abrasão** geralmente ocorre quando há atrito ou raspagem entre peças.

→ **Adesão** ocorre quando uma peça principal e uma contrapeça ficam em contato direto.

**Vários parâmetros podem influenciar o desgaste:**

- materiais (combinação de materiais, tratamento térmico, tratamento superficial);
- geometrias de contato (macro e micro geometrias, precisão de moldagem, rugosidade, porcentagem da área de contato);
- carga (forças, momentos, pressão Hertziana);
- parâmetros cinemáticos (velocidade relativa, velocidade hidrodinâmica, pressão superficial);
- lubrificação (óleo, viscosidade, quantidade, aditivos, contaminação, idade).

#### 6.1.1 Emissão de Ruído Durante o Aquecimento

Na maioria dos casos, ruídos

durante o aquecimento do motor não são razão para preocupação. Quando o motor for desligado, algumas válvulas podem ficar abertas enquanto a força da mola da válvula é aplicada para ajustar a folga da válvula. Consequentemente, o óleo é forçado para fora da câmara de alta pressão, que depois é gradativamente preenchida durante o aquecimento do motor. Isto comprime o colchão de ar gerado pelo elemento aberto, causando o ruído.

#### 6.1.2 Emissão de Ruído pelo Motor Quente

Frequentemente, a raiz da causa do ruído emitido por um motor quente é o abastecimento insuficiente de óleo. Possíveis causas são:

- pistão hidráulico danificado por contaminação do óleo;
- espuma de óleo causada por nível de óleo de motor muito alto ou muito baixo;
- vazamento de óleo na entrada da bomba de óleo;
- pressão de óleo insuficiente devido a vazamento na tubulação de óleo.

#### 6.1.3 Emissão de Ruído Causado por “Inflação”

Possíveis causas:

- mola de válvula defeituosa, com fadiga ou errada (peças trocadas na montagem);
- guia ou haste da válvula defeituosa;

- excesso de rotação do motor. Como resultado disto, as superfícies de contato dos componentes do trem de válvula se separam, causando elevação desproporcional do pistão. Consequentemente, apenas uma pequena quantidade de óleo pode ser deslocada neste curto período.

#### Resultado

A válvula não fecha corretamente, causando perda de desempenho e até queima da válvula. Adicionalmente, válvulas batendo na cabeça do pistão podem causar sérios danos ao motor.

Devido às apertadas tolerâncias do seu sistema, os componentes de ajuste de válvulas são muito sensíveis à contaminação do óleo do motor. Adicionalmente, partículas de sujeira não somente levam a desgaste acelerado das peças, mas também causam ruído de “tique” nos componentes de ajuste de folga das válvulas.

## 6.2 Sujeira Residual



Resíduos de alumínio resultantes da usinagem do cabeçote

Frequentemente, grandes quantidades de partículas de sujeira são encontradas ao se examinar peças defeituosas que foram retornadas. Estas partículas estranhas, como por exemplo alumínio, resultam da usinagem do cabeçote.

## 6.3 Diagnóstico de Falha em Componentes do Trem de Válvulas

### Importante:

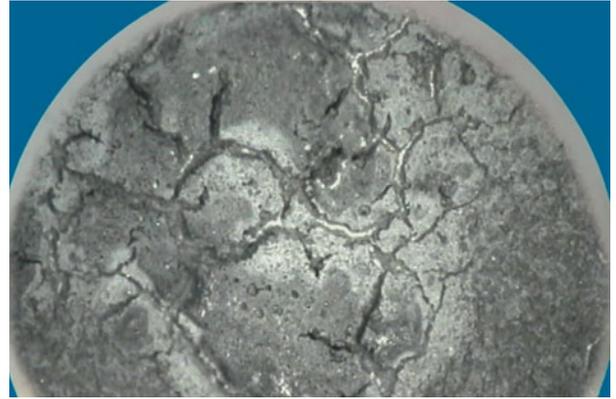
As instruções do fabricante devem ser sempre observadas ao se examinar e avaliar danos em componentes hidráulicos. Em geral, os métodos descritos neste capítulo se aplicam a todos tipos de válvulas.

### Exame visual

Sempre substitua componentes hidráulicos que apresentem sinais de danos externos, tais como abrasão, riscos ou cavitação. Também observe a superfície de contato com o trem de válvulas.

Dê especial atenção ao fundo do tucho. Sua superfície de contato é aquela com maior carga de todo motor.

Quando novo, o fundo fosfatizado do tuchos VW é esférico. A camada superficial é desgastada durante



Depósitos de combustão em motores diesel

Fiapos de panos de limpeza ou depósitos de combustão de diesel podem ser achados no óleo do motor.

o período de amaciamento. Assim, o critério para a avaliação de um tucho não é o estado da camada superficial, mas o contorno do desgaste. Se a superfície de contato ficou esférica, os tuchos e o eixo de comando devem ser substituídos.

### Exame visual

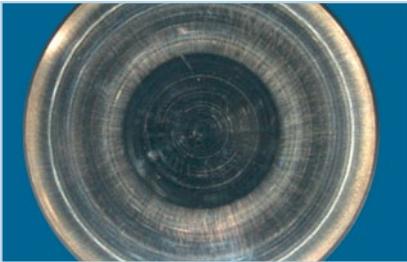
Um método simples, mas eficiente, para examinar componentes hidráulicos de ajuste de folga em condição de oficina é sua capacidade de serem comprimidos.

Um componente preenchido deve ser difícil de ser comprimido manualmente. Este teste deve ser feito com muito cuidado, para não expelir o óleo pela folga de escoamento.

Se o elemento preenchido pode ser rapidamente comprimido sem aplicar muita força, ele deve ser substituído. Testes de funcionamento mais completos só podem ser feitos através de extensos procedimentos de teste, que incluem, entre outros, a medição do tempo de descida e só podem ser realizados nas instalações do fabricante.

## 6.3.1 Avaliação de Falhas – Tuchos

### Desgaste do fundo do tucho



Desgaste e abrasão normais

- Perfil normal da superfície de contato de um tucho.
- As marcas circulares são causadas pela rotação do tucho e não representam motivo de preocupação.

### Correção

Nenhuma medida corretiva - a superfície está em bom estado de trabalho.



Desgaste aumentado

- Fundo de tucho fortemente desgastado.
- Um perfil de superfície destes denota alto desgaste do fundo do tucho.

### Correção

Tucho e eixo de comando devem ser substituídos.



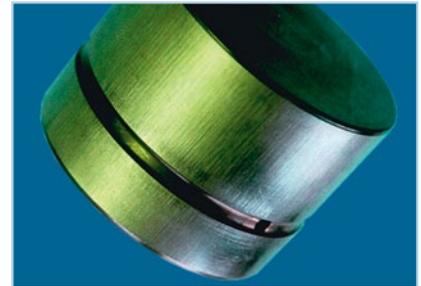
Desgaste pesado

Desgaste por abrasão / adesão causou quebra total

### Correção

O tucho deve ser substituído. Adicionalmente, o eixo de comando deve ser rigorosamente inspecionado.

### Abrasão na carcaça do tucho e no furo de guia



Tucho hidráulico



Furo de guia

### Causa

Óleo do motor excessivamente contaminado com resíduos.

### Resultado

Tucho danificado no furo de localização.

### Correção

- Limpar (lavar) o motor.
- Dê especial atenção à limpeza ao instalar o novo tucho.

## 6.3.2 Avaliação de Falhas – Balancins Flutuantes

Desgaste do balancim flutuante e do pivô hidráulico



Direção da vista nas figuras a) até d)



Desgaste e abrasão normais

- Marcas de polimento na área de contato do rebaixo do balancim.
- Desgaste e abrasão normais devido ao uso.



Desgaste e abrasão normais

Marcas de polimento na área de contato da cabeça esférica.

Correção

Nenhuma medida corretiva - a superfície está em bom estado de trabalho.



Desgaste aumentado

Estágio crítico de desgaste altamente abrasivo da cabeça, resultando em geometria distorcida da cabeça esférica.



Desgaste aumentado

Estágio crítico de desgaste altamente abrasivo do rebaixo, resultando em geometria distorcida do rebaixo.

Correção

O pivô hidráulico e seu respectivo balancim flutuante devem ser substituídos.

Desgaste da face de contato do balancim flutuante com a válvula



Direção da vista nas figuras a) e b)



Desgaste e abrasão normais

- Pequenas marcas de alisamento na superfície de contato com a válvula resultantes do movimento relativo entre o balancim flutuante e a válvula.
- Desgaste e abrasão normais devido ao uso.

### Correção

Nenhuma medida corretiva - a superfície está em bom estado de trabalho.



Desgaste pesado

- Superfície de contato com a válvula com desgaste pesado por abrasão.
- Bordas claramente visíveis na face externa de contato denotam desgaste de alguns décimos.
- O uso continuado pode causar a quebra.

### Correção

O pivô hidráulico e seu respectivo balancim flutuante devem ser substituídos. A haste da válvula deve ser examinado.

### Desgaste do anel externo do rolo de apoio



Desgaste e abrasão normais

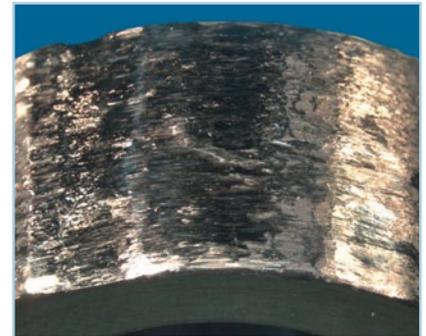
- Anel externo do rolo de apoio sem danos visíveis. As marcas circulares resultam de pequenas

partículas estranhas presas entre rolo e came.

- Desgaste e abrasão normais devido ao uso.

### Correção

Nenhuma medida corretiva - a superfície está em bom estado de uso.



Desgaste pesado

Desgaste pesado do anel externo do rolo de apoio, inclusive com geometria do rolo seriamente deformada.

### Correção

O pivô hidráulico e seu respectivo balancim flutuante devem ser substituídos. A respectiva posição do eixo de comando deve ser examinada.

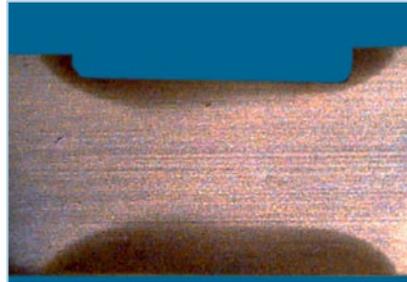
Desgaste do eixo do rolo do balancim flutuante



Verificação da folga radial do eixo do rolo

Para verificar a folga do eixo do rolo, simplesmente movimente a carcaça do balancim para cima e para baixo.

Se houve folga de alguns décimos de milímetro, a zona de contato do rolo está desgastada e o componente deve ser substituído.



Desgaste pesado

A região de carga do eixo do rolo está seriamente desgastada.



Desgaste pesado

Estágio final do desgaste: as agulhas do rolamento estão soltas.

### Correção

O pivô hidráulico e seu respectivo balancim flutuante devem ser substituídos.

Funcionamento incorreto do pivô hidráulico



Válvula antirretorno do pivô hidráulico.

### Causa

Contaminação com partículas estranhas levadas para dentro do componente de ajuste da folga de válvulas pelo óleo do motor.

### Resultado

Funcionamento incorreto da válvula antirretorno.

### Atenção!

A garantia do fabricante é anulada, se peças forem desmontadas na oficina durante o período de garantia. Para assegurar o funcionamento correto dos mecanismos de ajuste alta precisão do pivô hidráulico, peças desmontadas não devem ser reaproveitadas, pois diminuiriam a confiabilidade geral do sistema.

## 6.3.3 Avaliação de Falhas – Variação de Fase do Eixo de Comando



Sistema de variação de fase do eixo comando

Ruídos de peças soltas na região do variador de fase ao ligar o motor.

### Causa

Folga de travamento excessiva.

### Correção

O variador de fase tem que ser substituído.

Falha parcial ou total no funcionamento do variador de fase.

### Causa

Borra de óleo ou contaminação de óleo.

### Correção

- Limpar (lavar) o motor e trocar o óleo.
- Substituir o variador de fase.



Válvula solenoide para ajustes da fase do eixo de comando

**Válvula solenoide não funciona**

### Causa

- Partículas de sujeira no motor prejudicam o funcionamento do pistão da válvula de controle, danificando o pistão.
- Contato elétrico intermitente no conector da válvula de controle.

### Correção

- A válvula solenoide tem de ser substituída.
- A conexão elétrica deve ser examinada e consertada, se necessário.

### Observação

Se o pistão da válvula solenoide não alcançar as posições finais desejadas, a central de comando do motor (ECV) gera mensagem de erro correspondente (“Falha em alcançar o ângulo desejado”).

**Schaeffler Brasil Ltda.**

Av. Independência, 3500 A

18087-101 - Sorocaba - SP

Vendas Automotivas OEM INA & FAG

Tel. 55 15 3335-1500

[www.schaeffler.com.br](http://www.schaeffler.com.br)

Todos os dados constantes neste material foram elaborados e verificados cuidadosamente. Todavia, reservamo-nos o direito de introduzir modificações decorrentes do avanço tecnológico ou melhorias de conteúdo.

© Por Schaeffler Brasil Ltda. • 2011, Setembro. Qualquer reprodução, mesmo parcial, somente poderá ser efetuada com nosso consentimento.

