

1. Circuito de descarga
2. Circuito regenerativo
3. Válvula limitadora de pressão de descarga diferencial
4. Circuito de descarga de um acumulador
5. Circuito com aproximação rápida e avanço controlado
6. Descarga automática da bomba
7. Sistema alta-baixa
8. Circuito de controle de entrada do fluxo
9. Circuito de controle de saída do fluxo
10. Controle de vazão por desvio do fluxo
11. Válvula de contrabalanço
12. Circuito com redução de pressão
13. Válvula de contrabalanço diferencial
14. Válvula de retenção pilotada

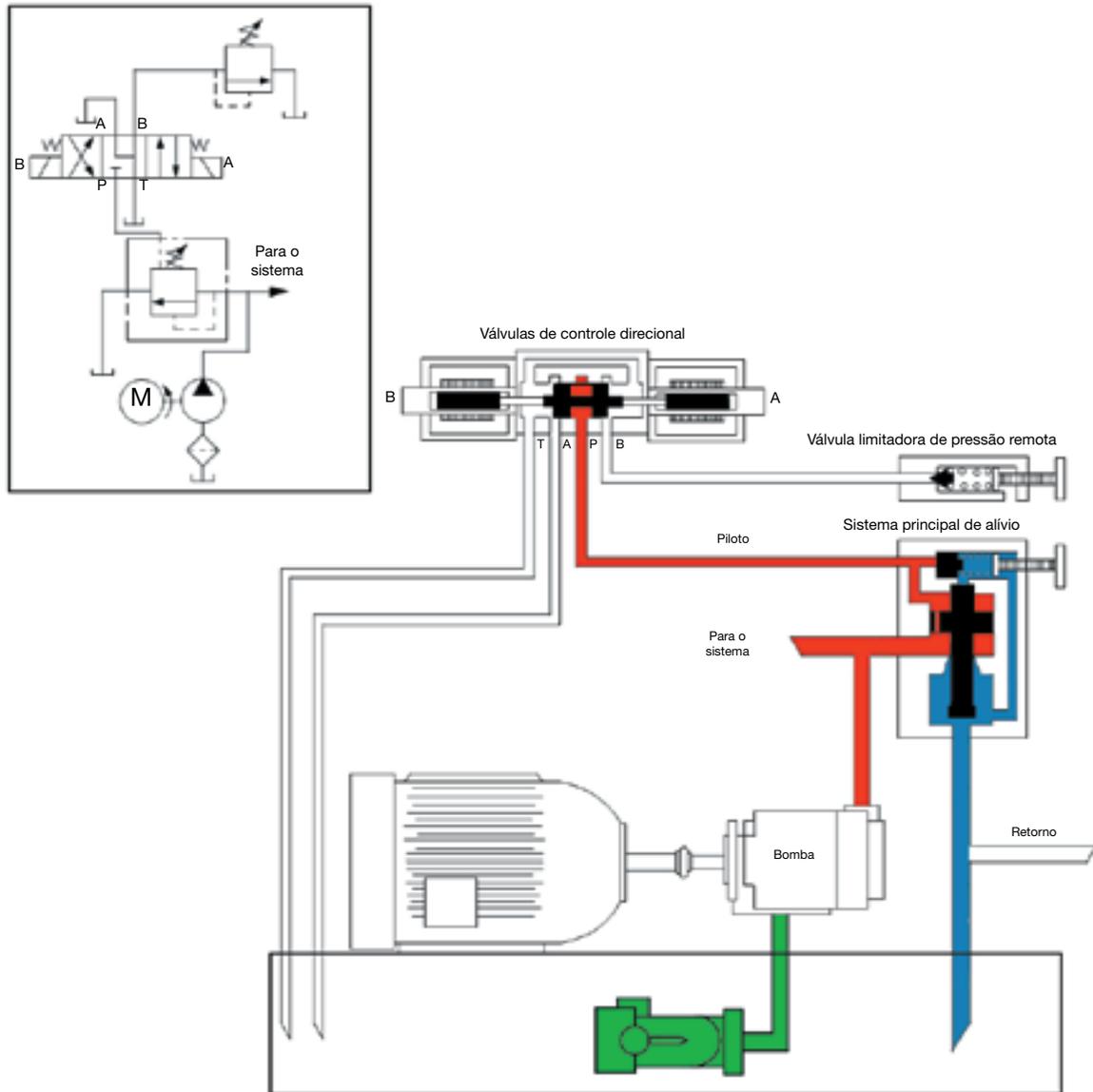


## Circuitos Hidráulicos Básicos

As seguintes legendas serão usadas para o código de cores dos desenhos:

- ▷ **Vermelho** : Pressão de alimentação ou operação
- ▷ **Amarelo** : Restrição no controle de passagem de fluxo
- ▷ **Laranja** : Redução de pressão básica do sistema
- ▷ **Verde** : Sucção ou linha de drenagem
- ▷ **Azul** : Fluxo em descarga ou retorno
- ▷ **Branco** : Fluido inativo

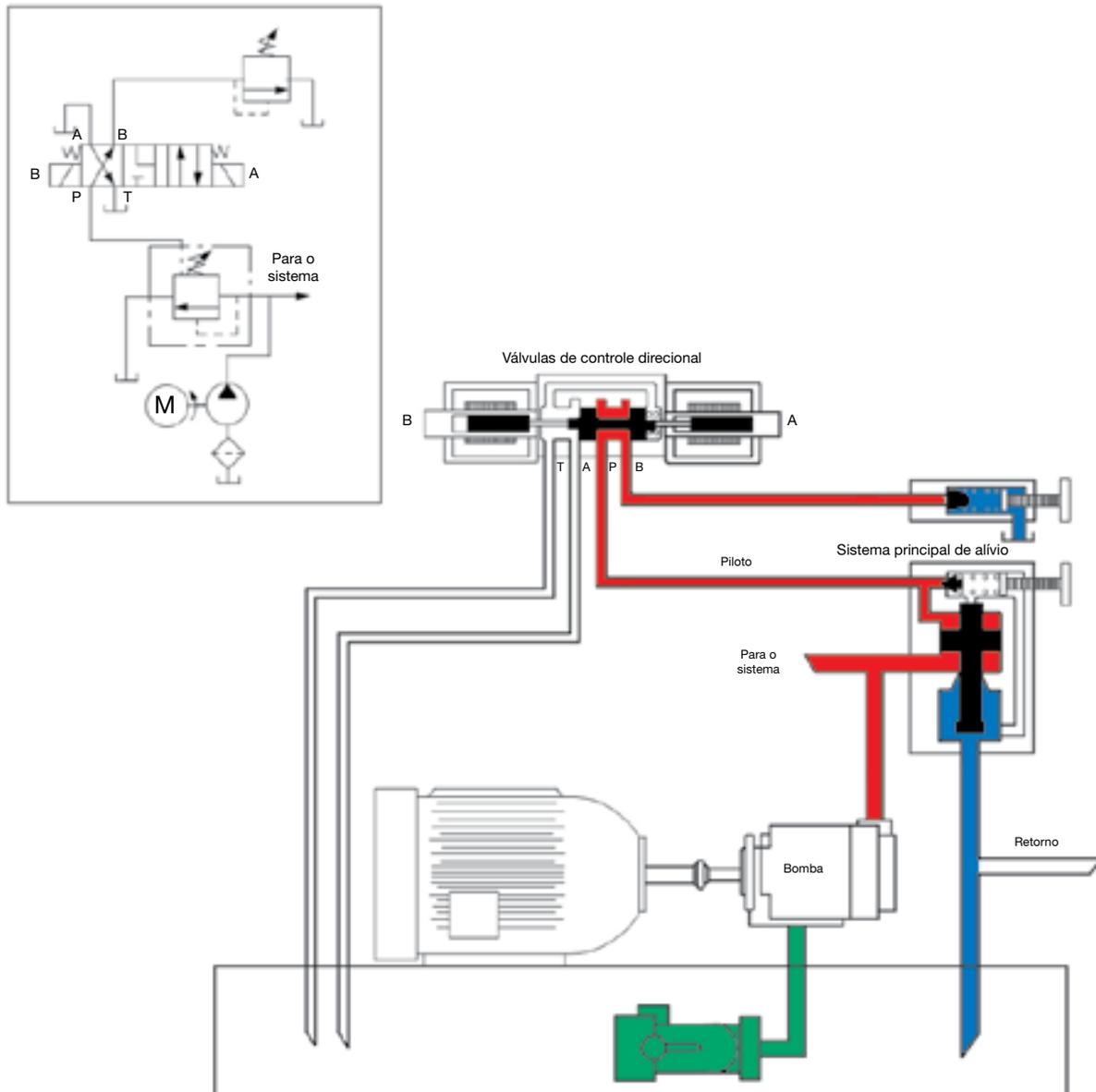
## 1. Circuito de descarga



### Pressão alta-máxima

A válvula de controle direcional não está energizada e, nessa condição a linha de pilotagem da válvula limitadora de pressão está bloqueada. A pressão do fluido recalado é determinada pelo pré-ajuste da válvula de pressão.

## 1. Circuito de descarga

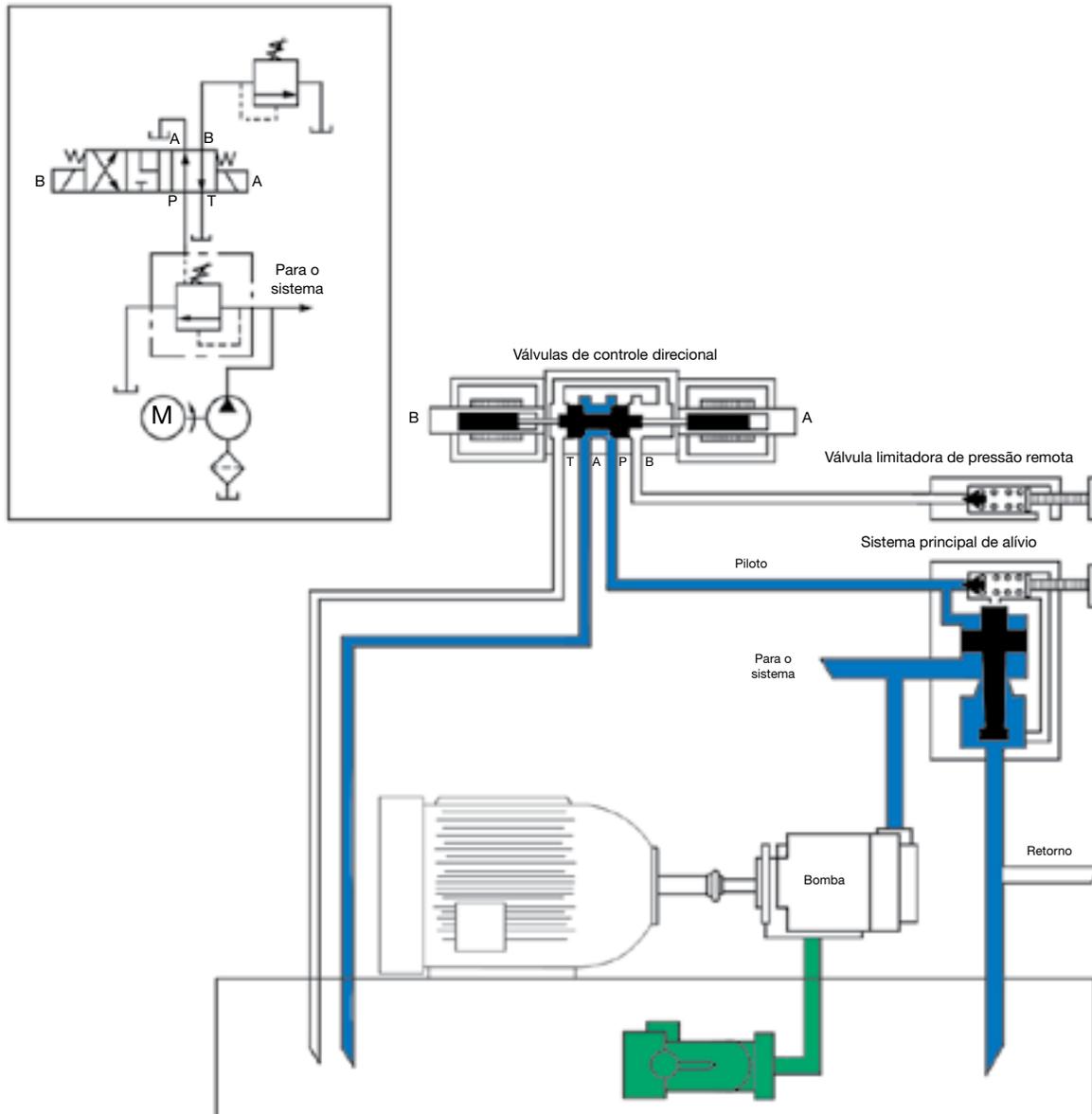


### Pressão intermediária

O solenóide "B" da válvula direcional é energizado. O carretel muda de posição interligando a linha de pressão da válvula limitadora de pressão remota com a linha de pilotagem da válvula limitadora de pressão principal.

A pressão do sistema é limitada pela válvula limitadora de pressão remota que, à distância, controla a válvula limitadora de pressão principal.

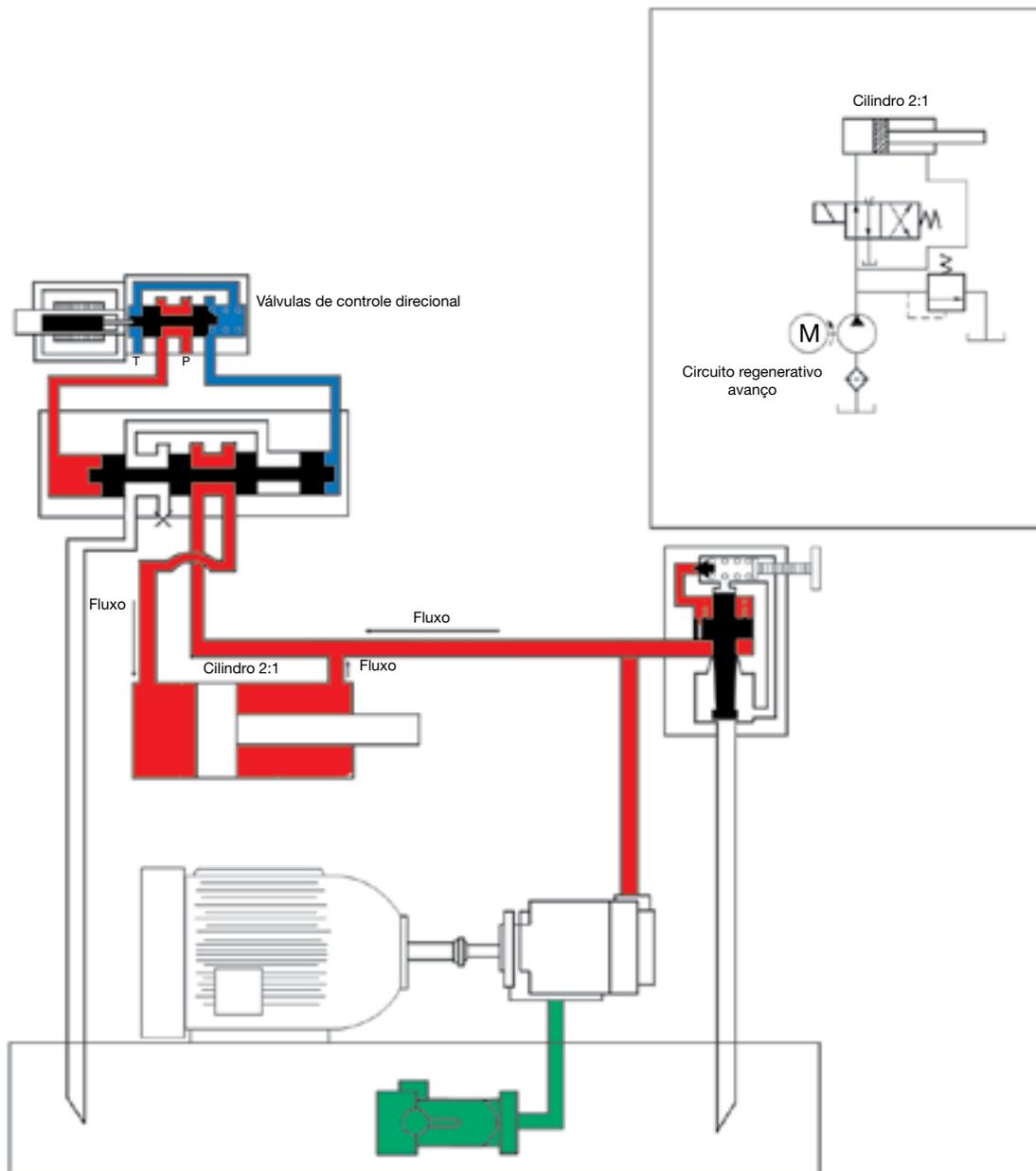
## 1. Circuito de descarga



### Recirculando

O solenóide "A" é energizado interligando a conexão de pilotagem da válvula limitadora de pressão principal com a linha de retorno para o tanque. Realizando esta operação, a única resistência que o fluido encontra é a resistência da mola que mantém o carretel na sua posição. Isso resulta em uma recirculação do fluxo de óleo para o tanque, a uma pressão relativamente baixa.

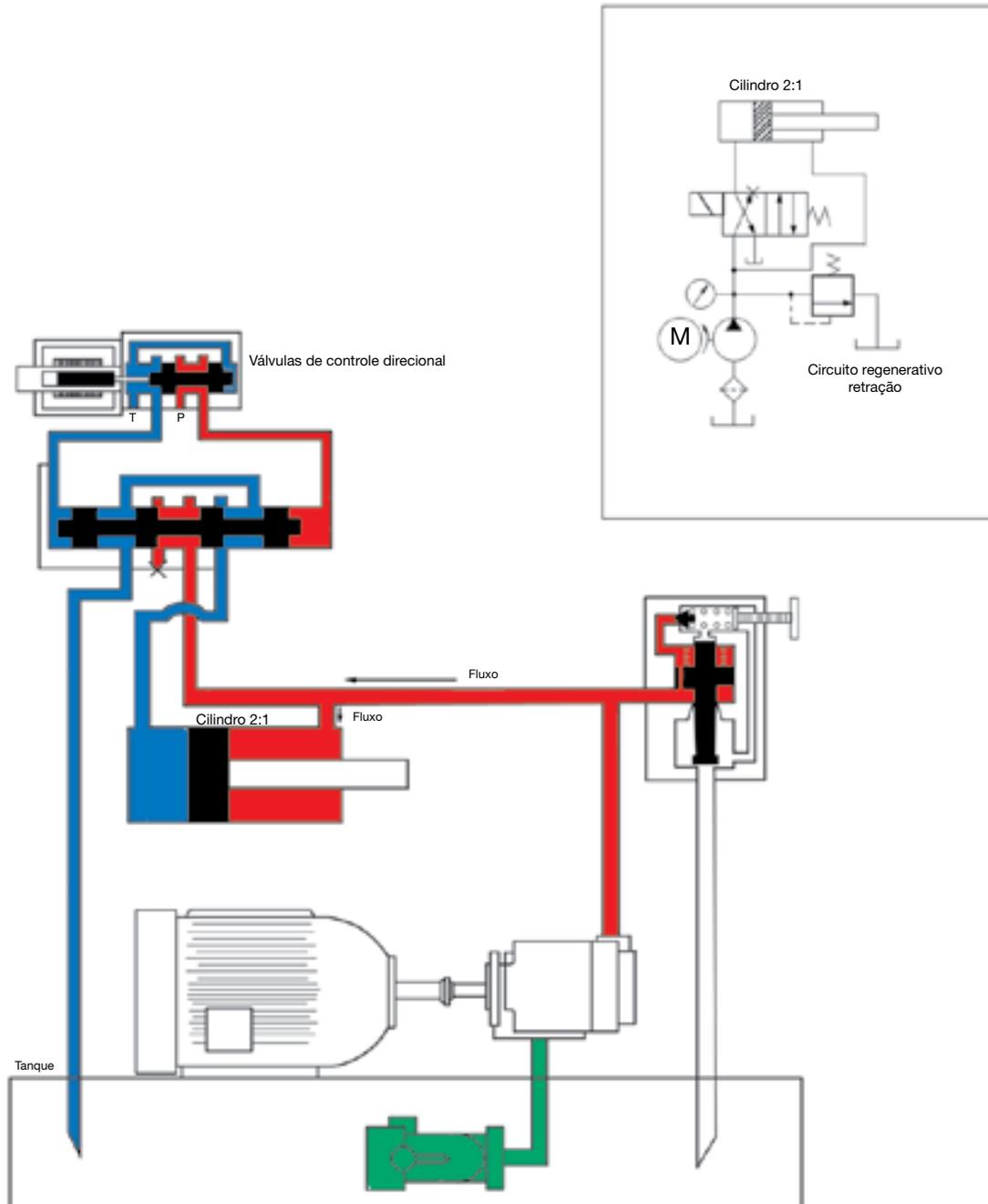
## 2. Circuito regenerativo - avanço



O circuito regenerativo que está ilustrado consiste de uma bomba, uma válvula de alívio, uma válvula direcional com um orifício bloqueado e um cilindro 2:1. Com a válvula direcional na posição mostrada, ambos os lados do pistão do cilindro estão sujeitos à mesma pressão. O desequilíbrio de força resultante provoca o avanço da haste.

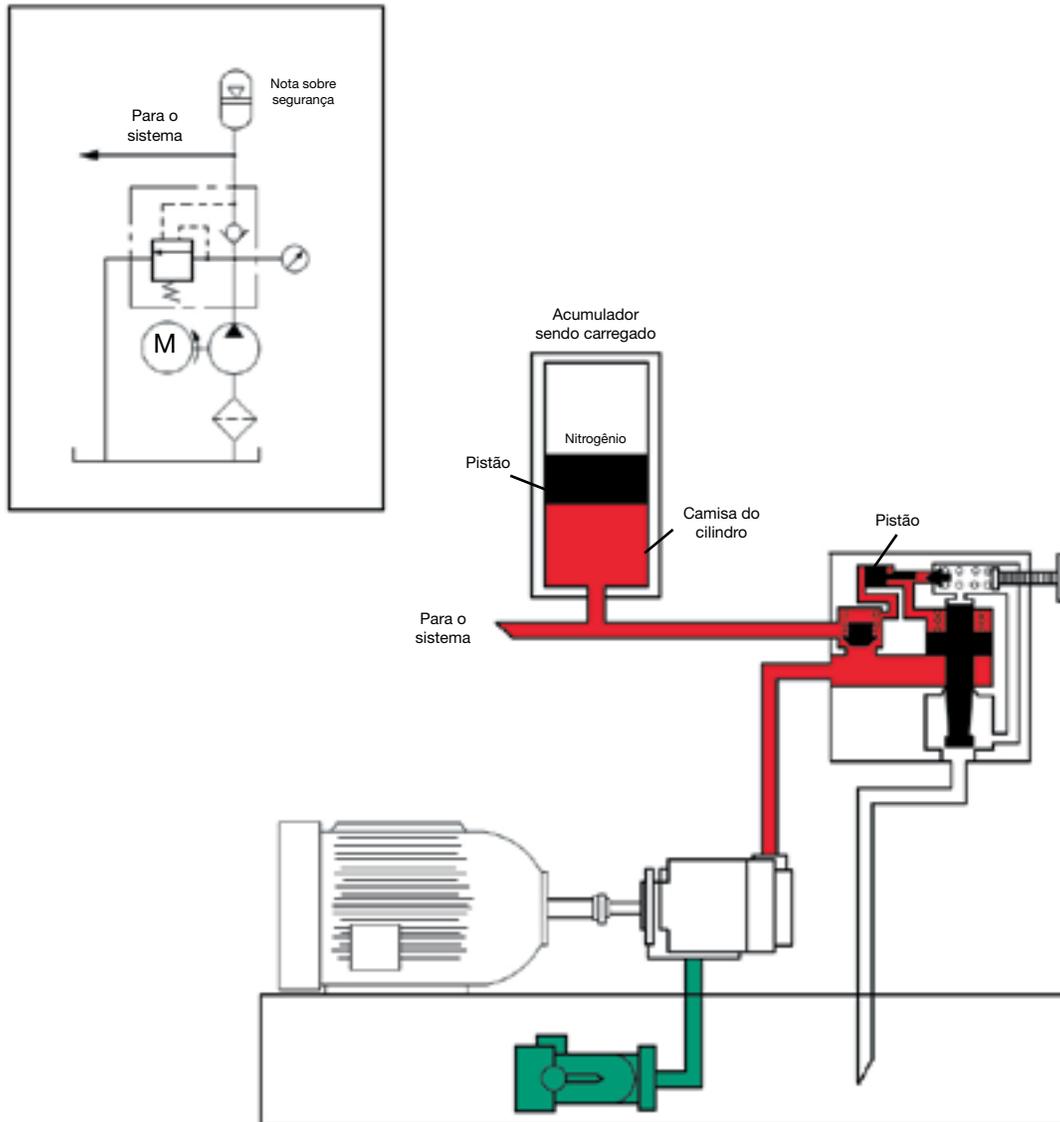
A descarga de fluido do lado da haste é adicionada ao fluxo da bomba. Visto que, em um cilindro 2:1 a descarga de fluido do lado da haste é sempre a metade do volume que entra do lado traseiro, o único volume que é bombeado pelo fluxo da bomba é a outra metade do volume que entra do lado traseiro. Para calcular a velocidade da haste de um cilindro 2:1 quando este está em regeneração, a seção transversal da haste é usada nos cálculos.

## 2. Circuito regenerativo - retorno



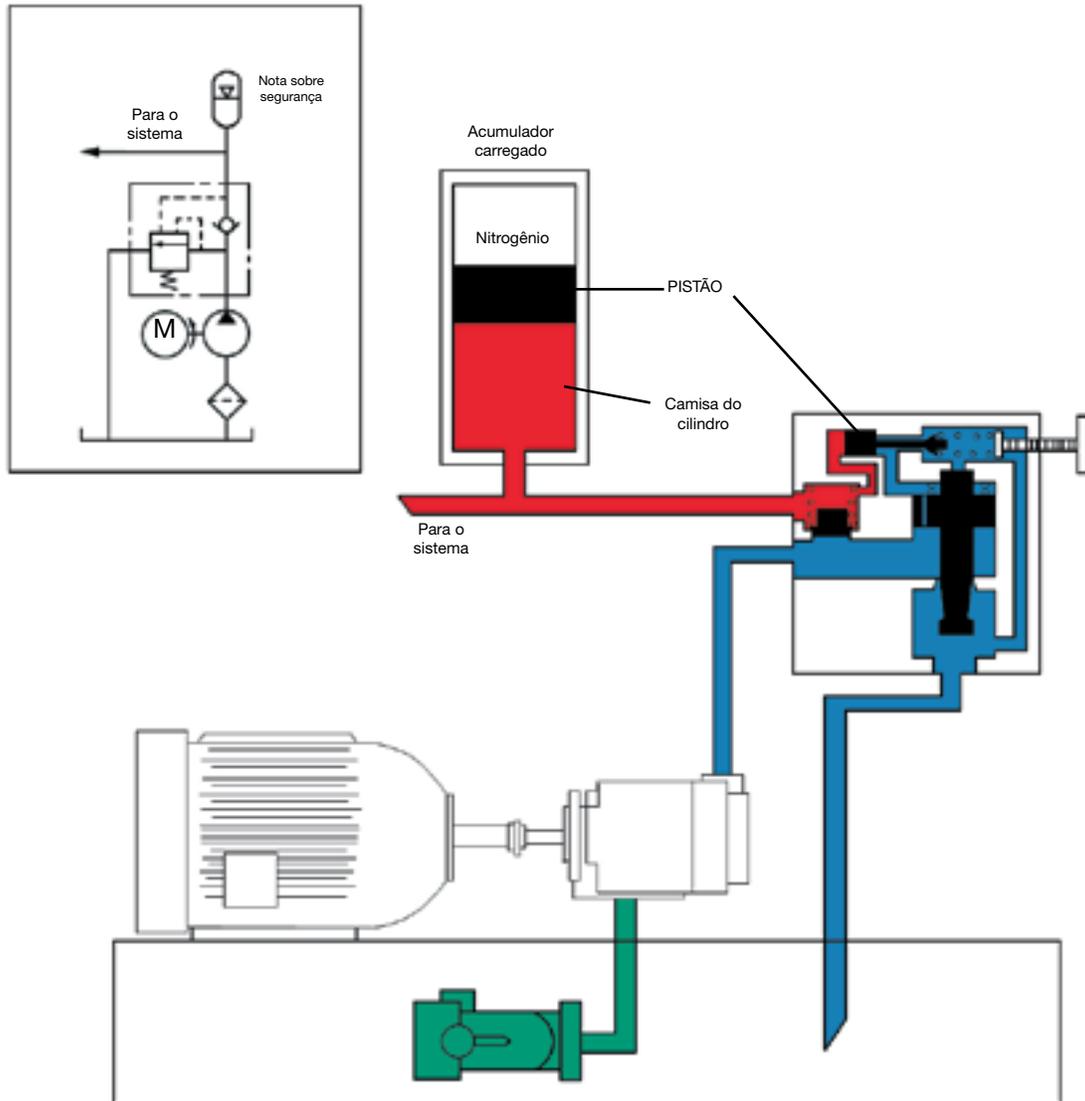
Para recuar a haste do cilindro, aciona-se a válvula direcional. A parte traseira do cilindro é drenada para o tanque. Todo o fluxo e a pressão da bomba são dirigidos para o lado da haste. Visto que a bomba está despejando o mesmo volume que o da parte traseira (metade do volume da parte traseira) a haste recua à mesma velocidade.

### 3. Válvula limitadora de pressão de descarga diferencial



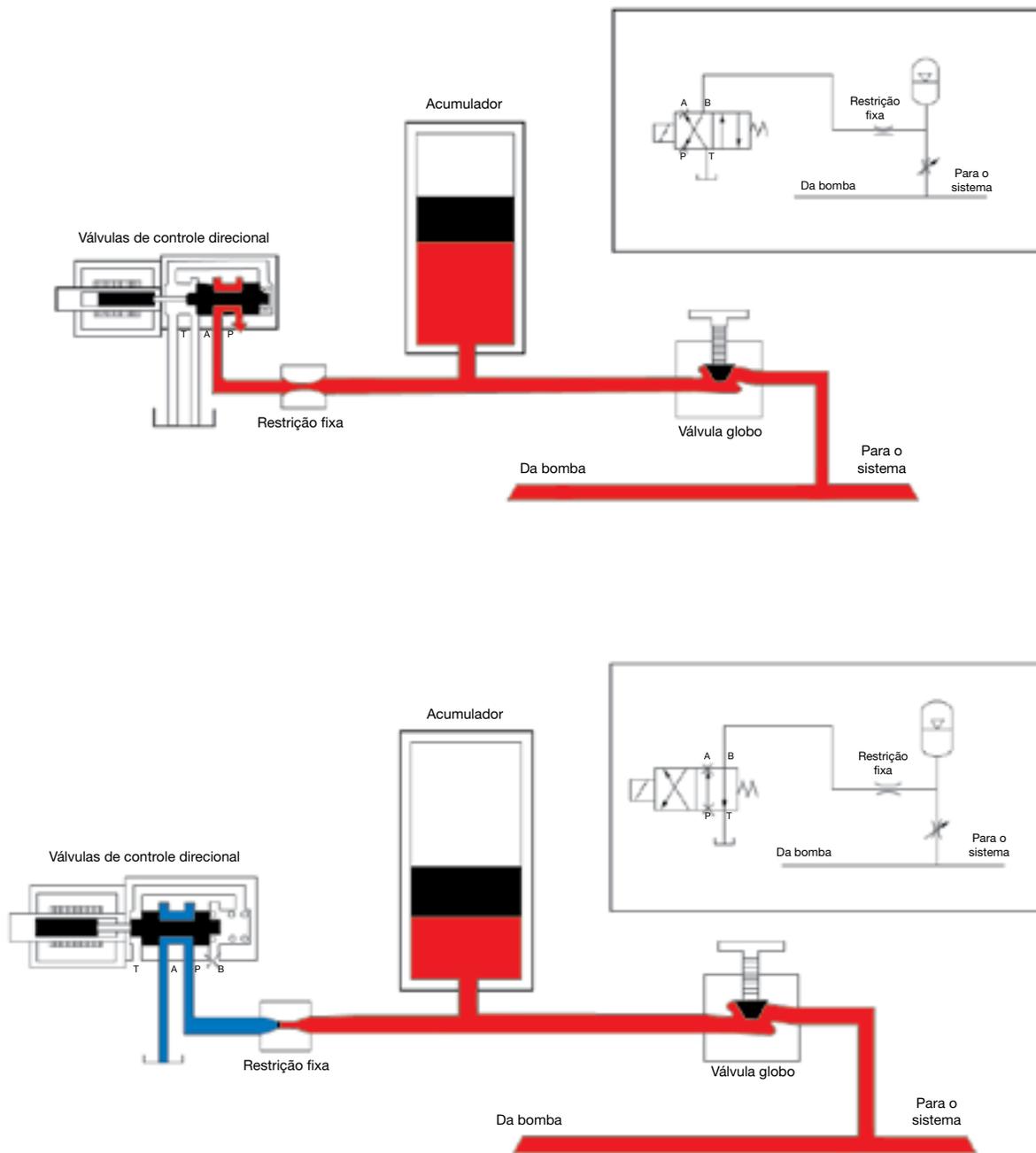
Um pistão diferencial é montado em um furo oposto ao plug da válvula piloto. Em cada extremidade do piloto, as áreas expostas à pressão são iguais. Durante o tempo em que o acumulador está sendo carregado, a pressão em cada extremidade do pistão é igual.

### 3. Válvula limitadora de pressão de descarga diferencial



Quando o acumulador é carregado, o pistão é forçado contra o plug e força-o contra o assento. Isso move o carretel principal contra a mola. A válvula limitadora de pressão é então drenada. Ao mesmo tempo, a válvula de retenção fecha, impossibilitando a descarga do acumulador através da válvula de alívio. Neste ponto, obtém-se a pressão máxima no acumulador.

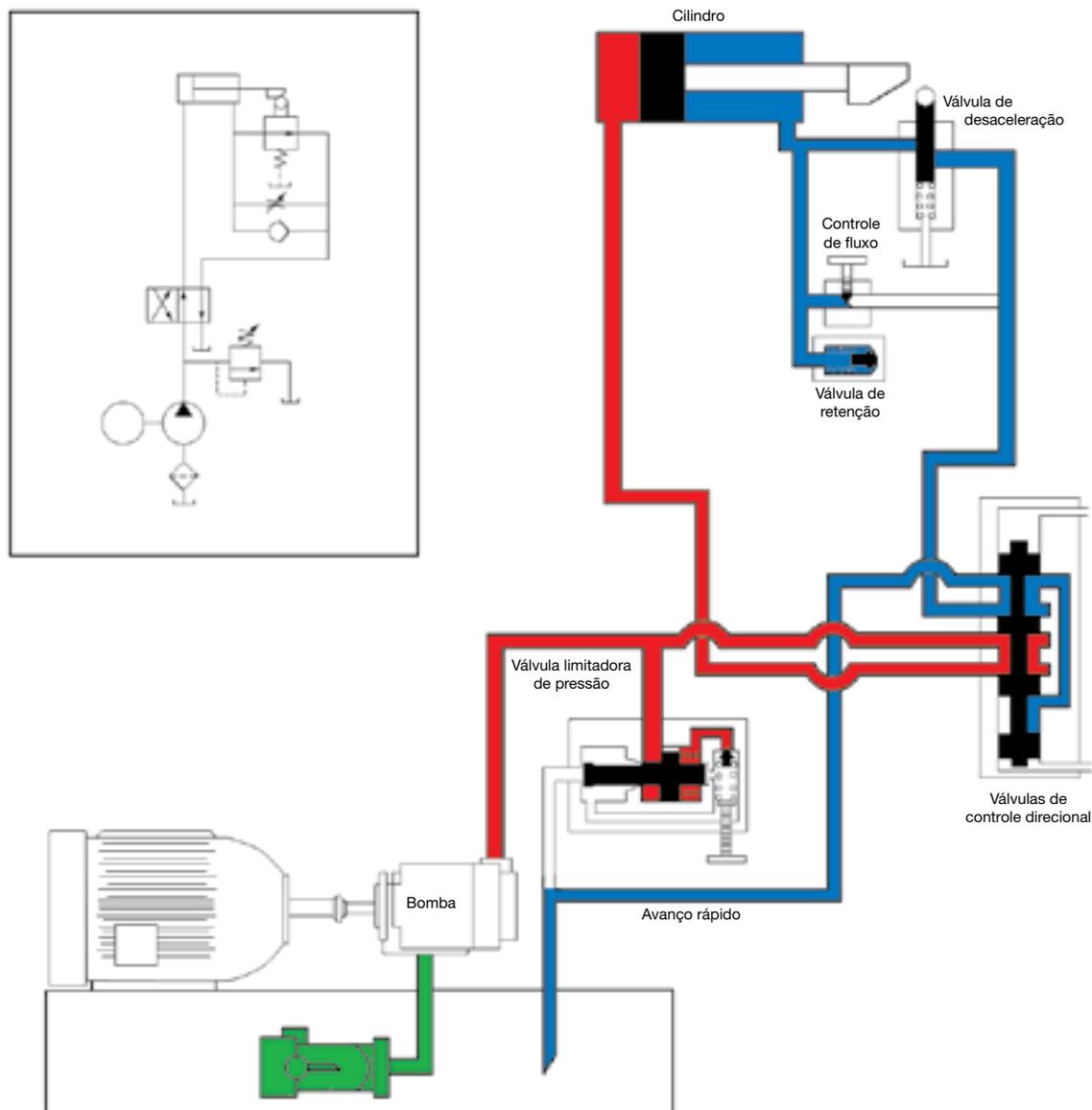
## 4. Circuito de descarga de um acumulador



Em qualquer circuito com acumulador, é necessário um descarregamento automático quando o sistema não está em uso. Isso pode ser obtido usando uma válvula direcional 4/2 simples solenóide convertida em uma 2/2 simples solenóide.

No exemplo, a válvula solenóide convertida para duas vias pode ser energizada quando o motor é ligado. Isto bloqueia o fluxo da válvula e permite o carregamento do acumulador.

## 5. Circuito com aproximação rápida e avanço controlado

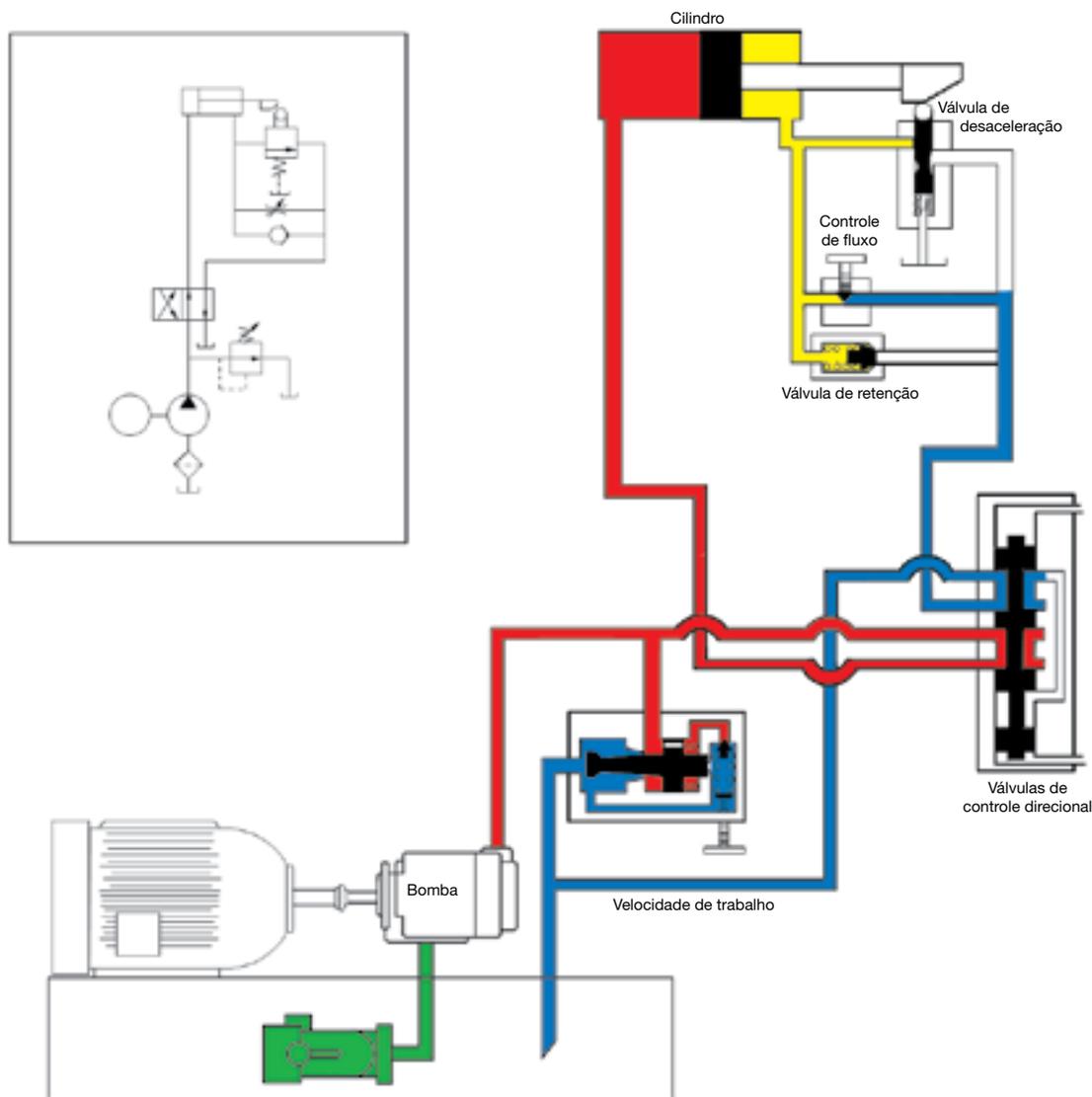


### Avanço rápido

Em muitos circuitos hidráulicos, um avanço rápido do cilindro é necessário até que a posição de avanço aproxime-se da área de trabalho. Este circuito é conhecido como um circuito com aproximação rápida e avanço controlado.

Para esta parte do circuito, a válvula direcional foi acionada e o fluxo da bomba é remetido para o cabeçote traseiro do cilindro. O fluxo de óleo da caixa flui livremente pela válvula de desaceleração. O fluido se movimentará através da válvula de controle direcional e voltará para o tanque.

## 5. Circuito com aproximação rápida e avanço controlado

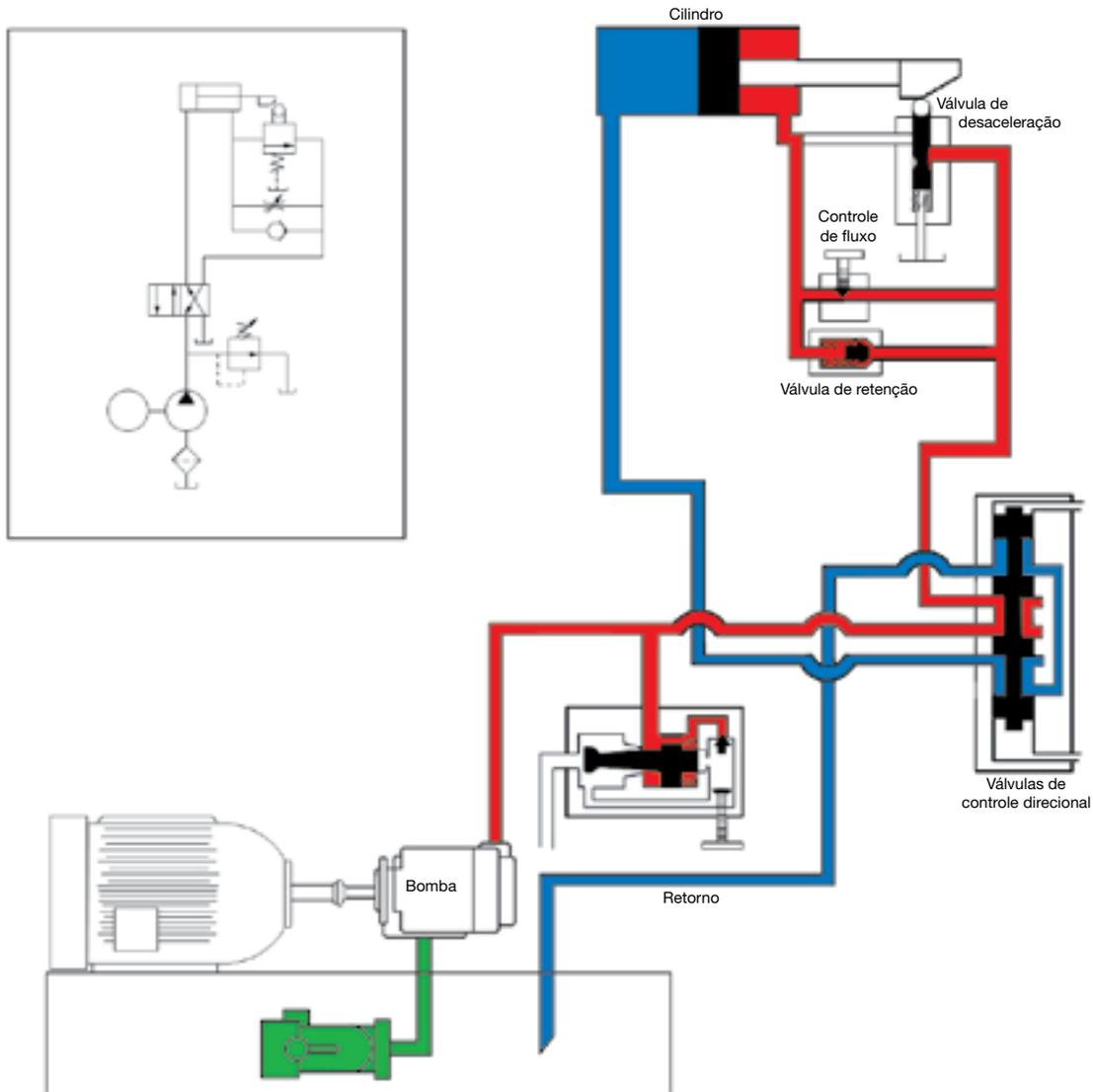


### Velocidade do trabalho

É neste ponto do circuito que o came conectado à ponta da haste do cilindro aciona a válvula de desaceleração. À medida que o came aciona o rolete, o fluxo através da válvula é gradualmente cortado. Esta válvula permite que uma carga ligada ao pistão do cilindro seja retardada a qualquer ponto do seu percurso, desde que o amortecimento ainda não esteja operando.

No restante do percurso, o óleo que sai do lado do cabeçote dianteiro do pistão passará pela válvula de controle de vazão (ajustada à taxa de trabalho necessária), passando pela válvula de controle direcional e de volta ao tanque. Deve ser notado que a válvula limitadora de pressão abriu porque o controle de vazão excedeu à resistência do sistema.

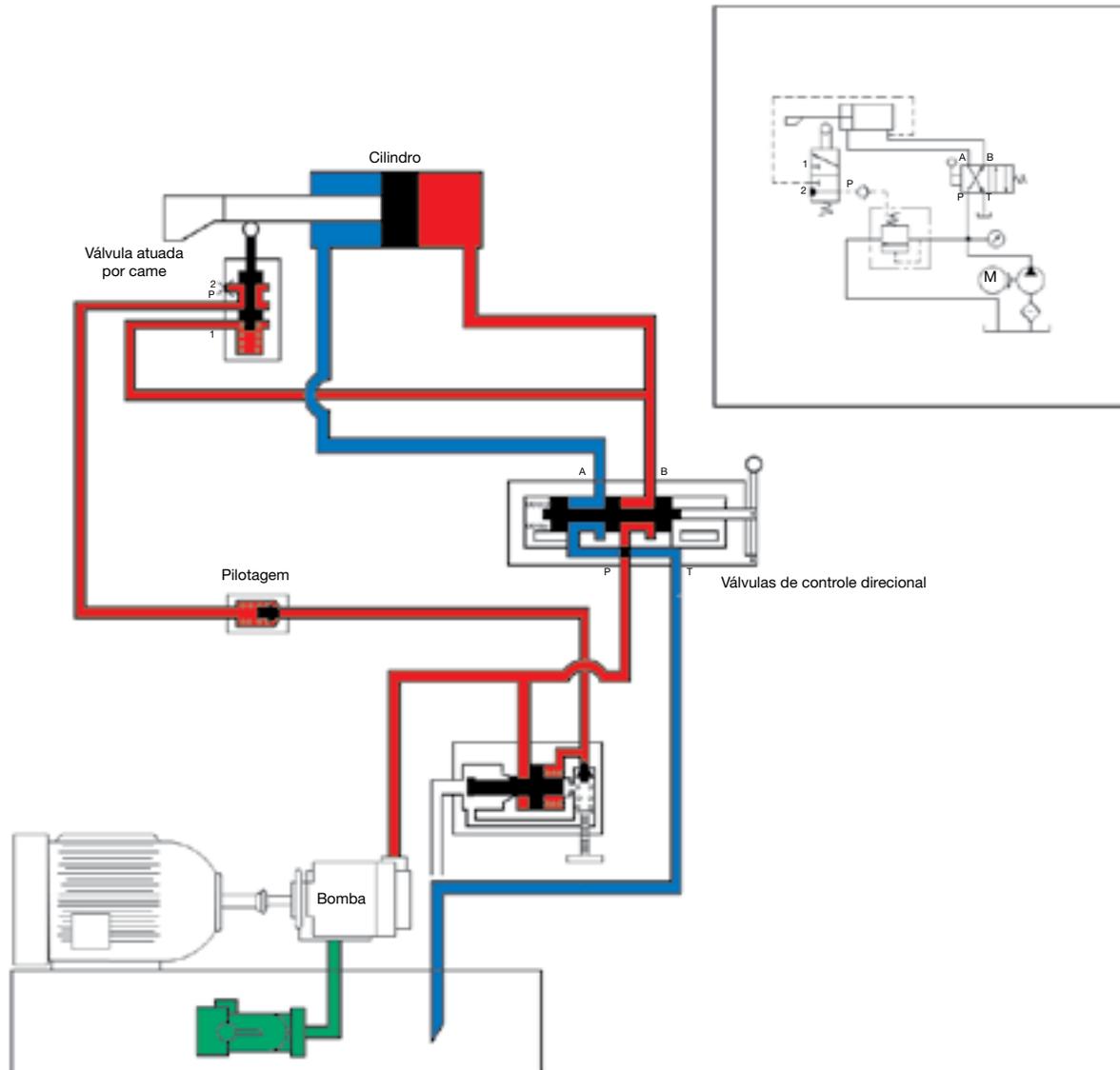
## 5. Circuito com aproximação rápida e avanço controlado



### Retorno

Neste croqui, o fluxo da bomba é direcionado através da válvula de controle até a válvula de retenção, a válvula de controle de vazão e a válvula de desaceleração. Pelo fato da válvula de retenção oferecer menor resistência, a maior parte do fluxo passará por ela. O fluido que sai da parte traseira do cilindro é direcionado através da válvula de controle direcional e de volta ao tanque.

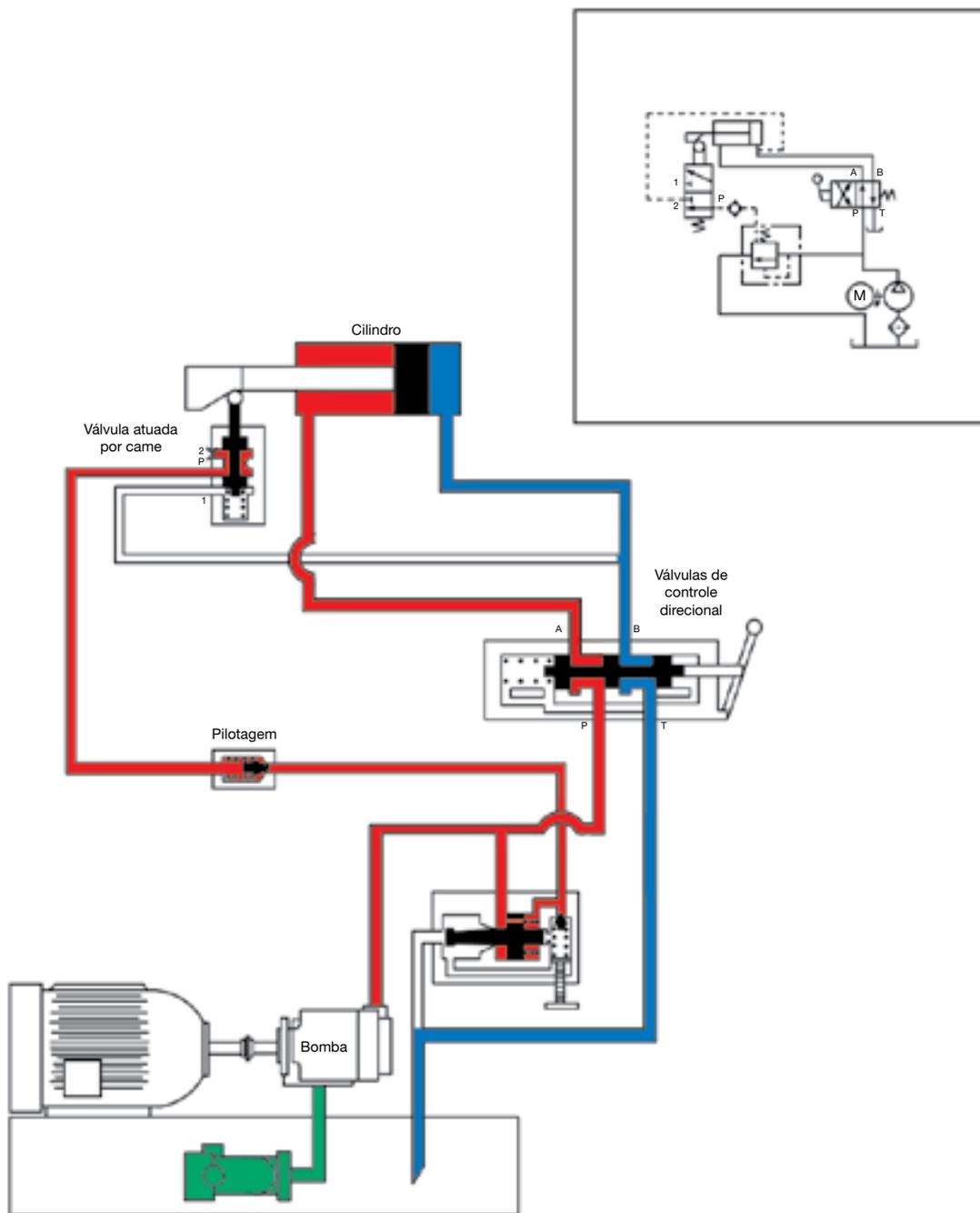
## 6. Descarga automática da bomba



### Cilindro avançado

Para fazer um cilindro avançar, a válvula direcional é atuada. Isto direciona o fluxo da bomba para o cabeçote traseiro do cilindro, bem como fecha a válvula de retenção. Com a válvula de retenção fechada, o fluxo da pilotagem pára e a pressão de trabalho é obtida.

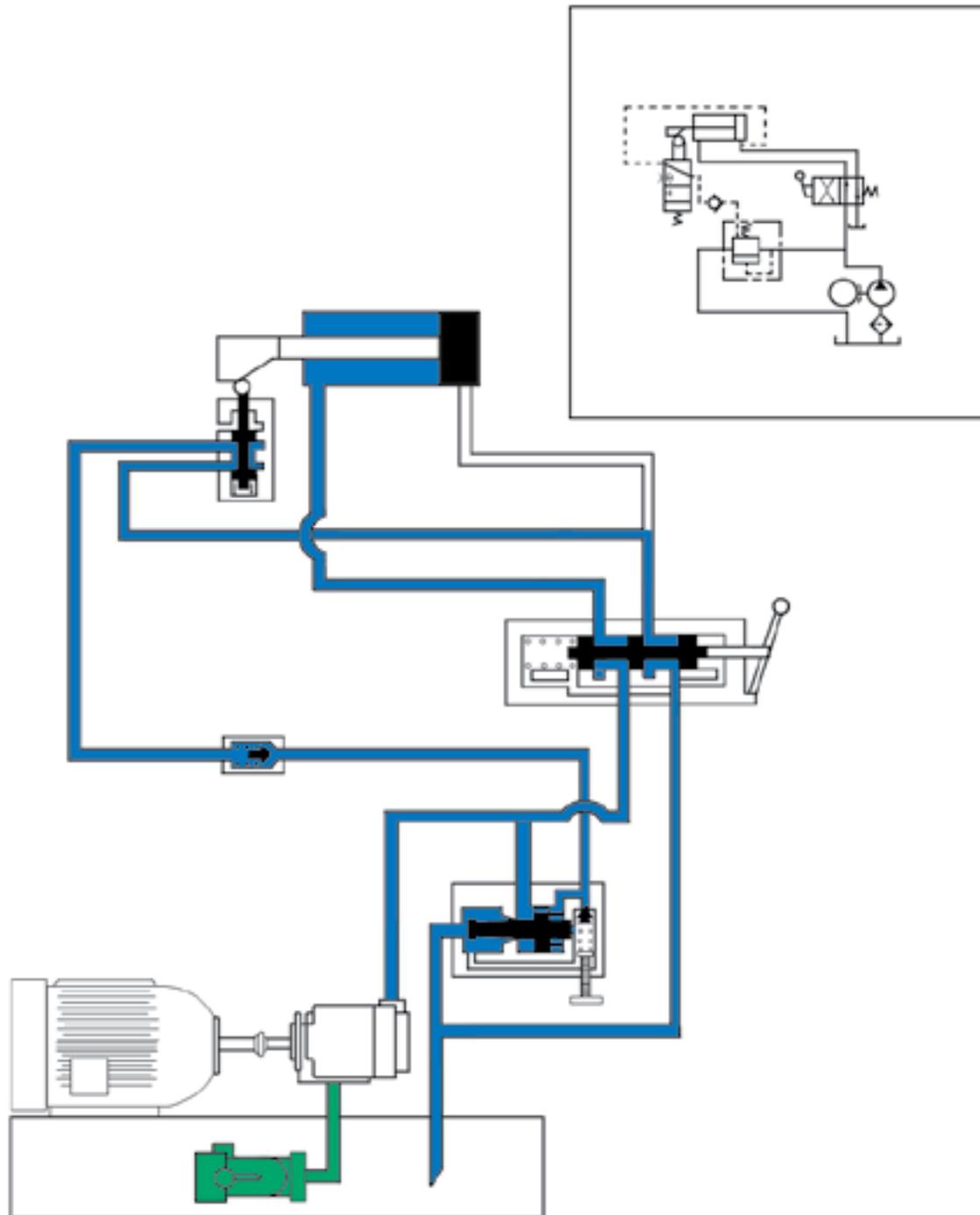
## 6. Descarga automática da bomba



### Cilindro retornando

Para o retorno do cilindro, a válvula de controle direcional é manualmente atuada. Isto direciona o fluxo da bomba para o cabeçote dianteiro do cilindro. A linha de pilotagem da válvula limitadora de pressão permanece fechada até o cilindro estar completamente retornado.

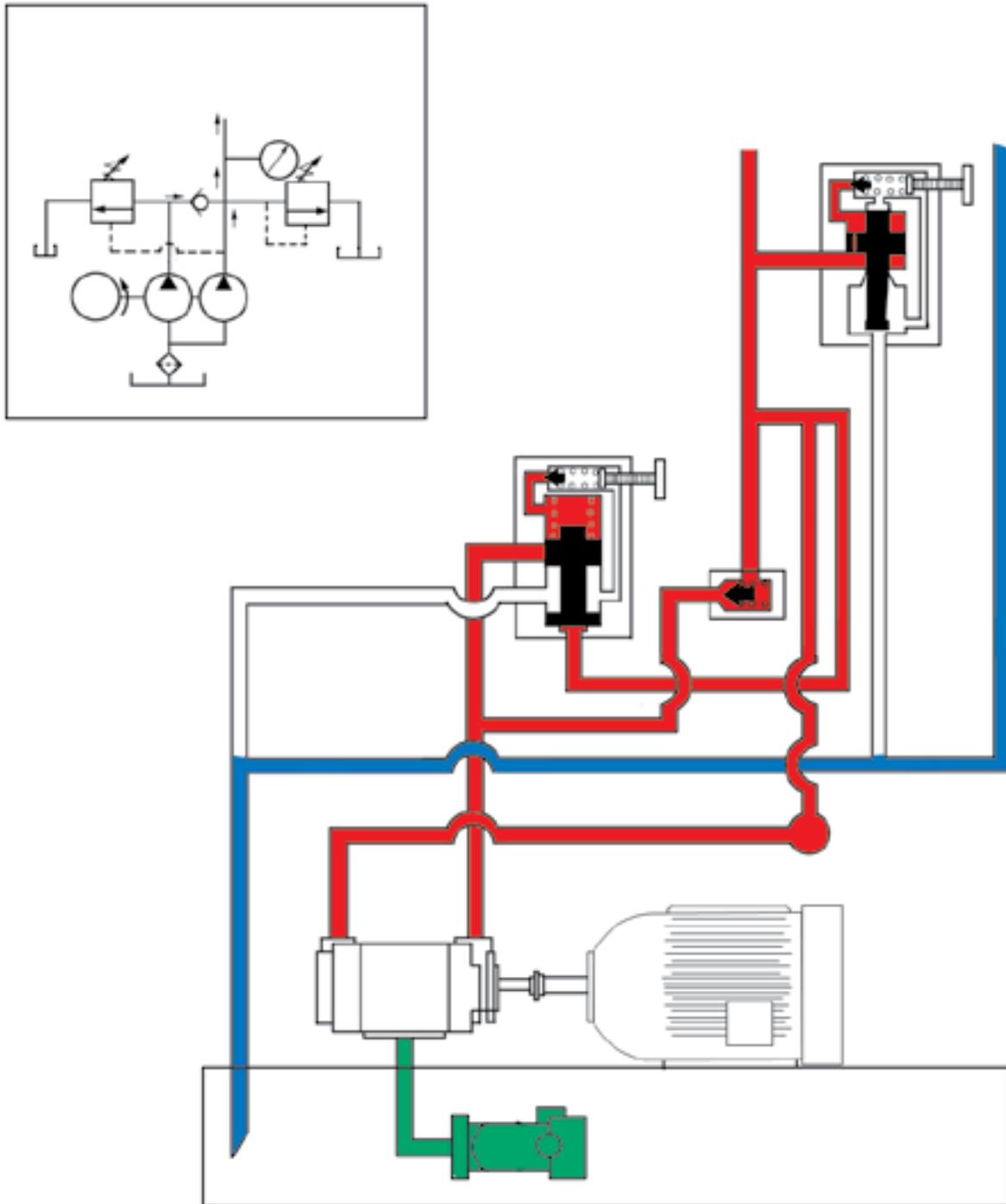
## 6. Descarga automática da bomba



### Bomba em descarga

No final do retorno do cilindro, o came da válvula é atuado. Isto possibilita a passagem do fluido na linha de drenagem da válvula limitadora de pressão para o tanque. Por sua vez a válvula limitadora de pressão abre, causando a recirculação da bomba a uma baixa pressão.

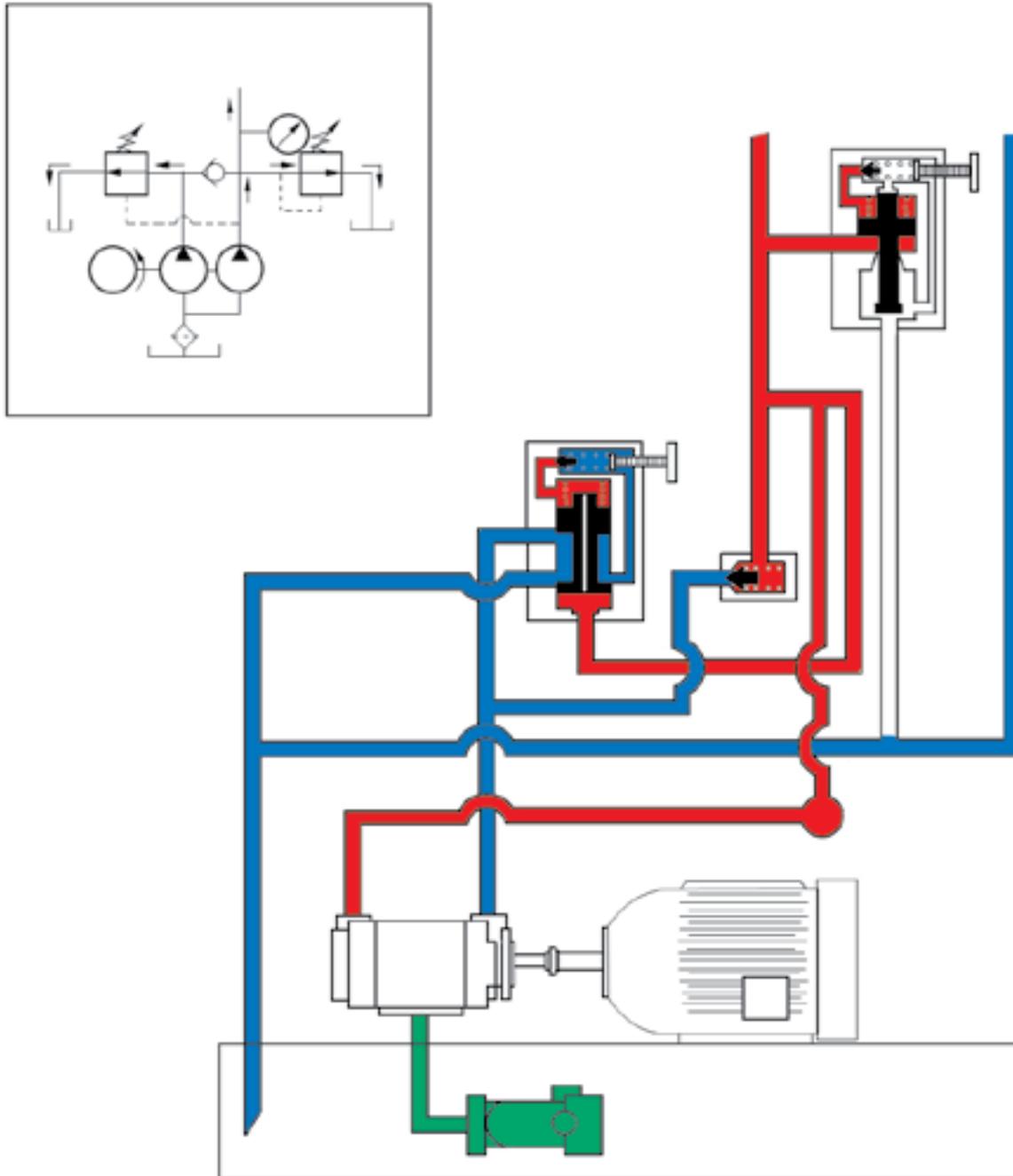
## 7. Sistema alta-baixa



### Operação à baixa pressão

O sistema alta-baixa satisfaz a demanda de um sistema através da combinação de uma bomba de 170 l/min e uma outra bomba de 19 l/min. Quando o motor elétrico é ligado, a vazão da bomba de 170 l/min passa através da válvula de retenção somando-se à vazão da bomba de 19 l/min; 189 l/min então passam pelo sistema, possibilitando o avanço do cilindro a uma pressão relativamente baixa.

## 7. Sistema alta-baixa

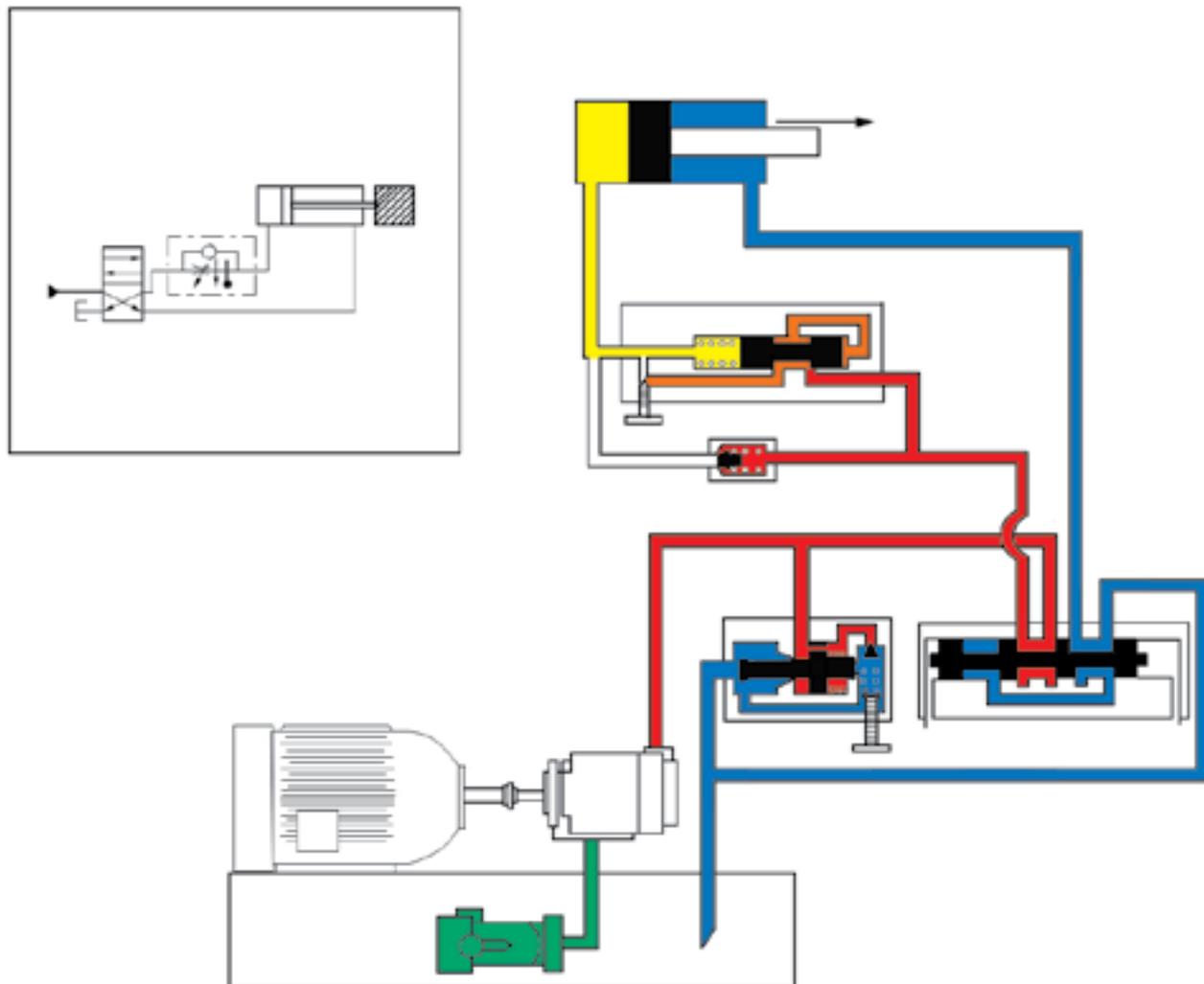


### Operação à alta pressão

Quando a carga de trabalho é atingida bem como a pressão de trabalho, a pressão da bomba começa a aumentar contra a válvula limitadora de pressão ajustada para 100 kgf/cm<sup>2</sup>.

Quando a pressão chega a 35 kgf/cm<sup>2</sup> a válvula de descarga normalmente fechada abre, permitindo que a bomba de 170 l/min descarregue para o tanque a sua vazão, enquanto a bomba de 19 l/min continua a trabalhar. Esta operação elimina a geração desnecessária de força pela bomba de 170 l/min.

## 8. Circuito de controle de entrada do fluxo

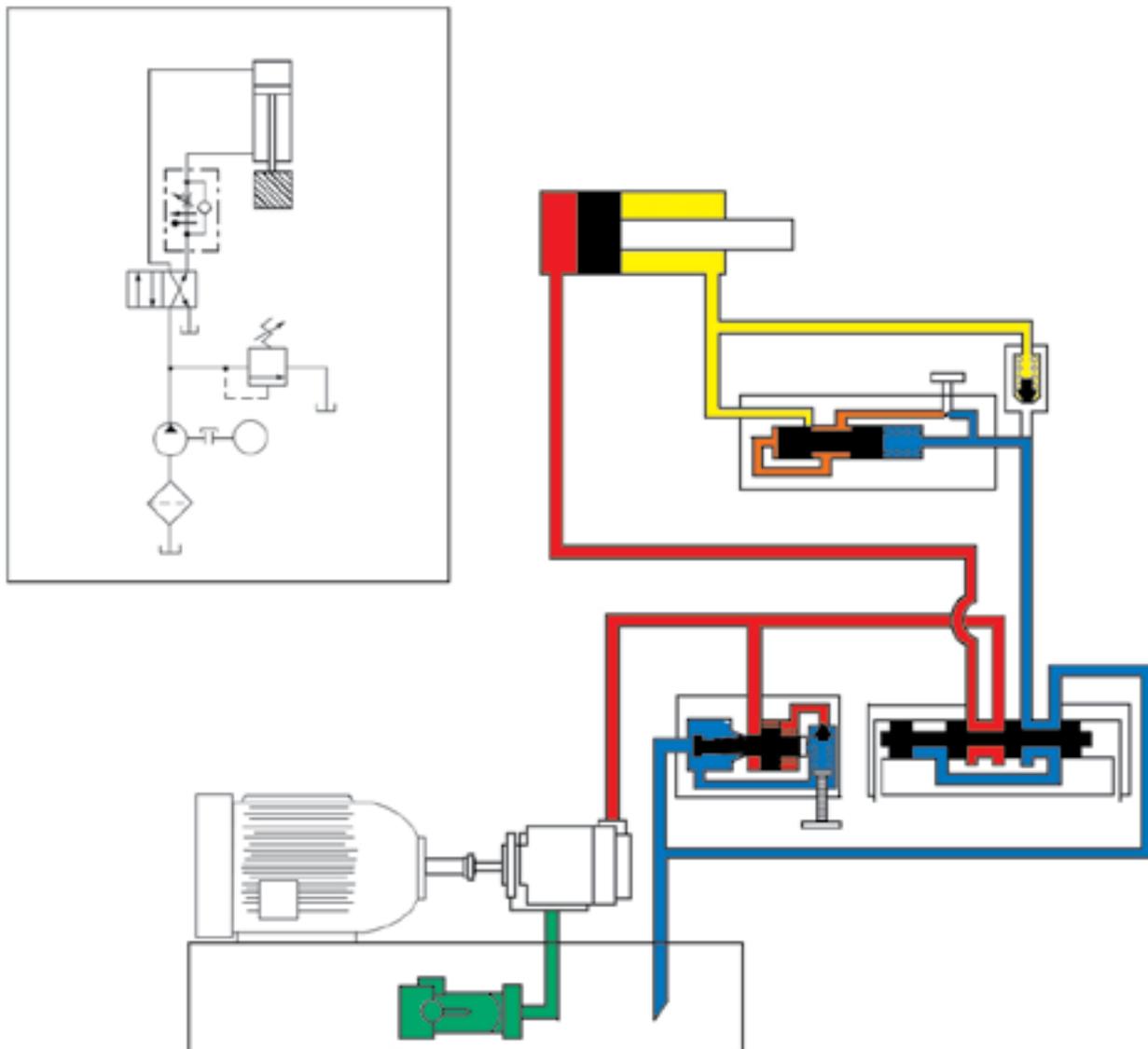


No circuito ilustrado, a válvula de controle de fluxo com pressão compensada tipo restritora está regulada para 11 litros/min. A válvula de alívio está regulada a  $35 \text{ kgf/cm}^2$ . A pressão de trabalho-carga é de  $14 \text{ kgf/cm}^2$ . A mola do compensador tem um valor de  $7 \text{ kgf/cm}^2$ . Durante a operação do sistema, a pressão de trabalho-carga de  $14 \text{ kgf/cm}^2$  mais a mola de  $7 \text{ kgf/cm}^2$  empurra o êmbolo compensador.

A bomba tenta empurrar o seu fluxo total de 20 litros/min através do orifício da válvula de agulha. Quando a pressão adiante da válvula de agulha alcança  $21 \text{ kgf/cm}^2$ , o êmbolo do compensador se desloca e causa uma restrição ao fluido que está entrando. A pressão na entrada de controle de fluxo se eleva até o limite de ajuste da válvula de alívio que está a  $35 \text{ kgf/cm}^2$ . À medida que o fluido passa pela restrição provocada pelo êmbolo compensador,  $14 \text{ kgf/cm}^2$  dos  $35 \text{ kgf/cm}^2$  são transformados em calor. A pressão antes da válvula de agulha fica limitada a  $21 \text{ kgf/cm}^2$ .

Desses  $21 \text{ kgf/cm}^2$ ,  $14 \text{ kgf/cm}^2$  são usados para vencer a resistência da carga;  $7 \text{ kgf/cm}^2$  são usados para provocar o fluxo pelo orifício da válvula de agulha. A taxa de fluxo, neste caso, é de 11 litros/min. Os restantes 9 litros/min são descarregados pela válvula de alívio.

## 9. Circuito de controle de saída do fluxo

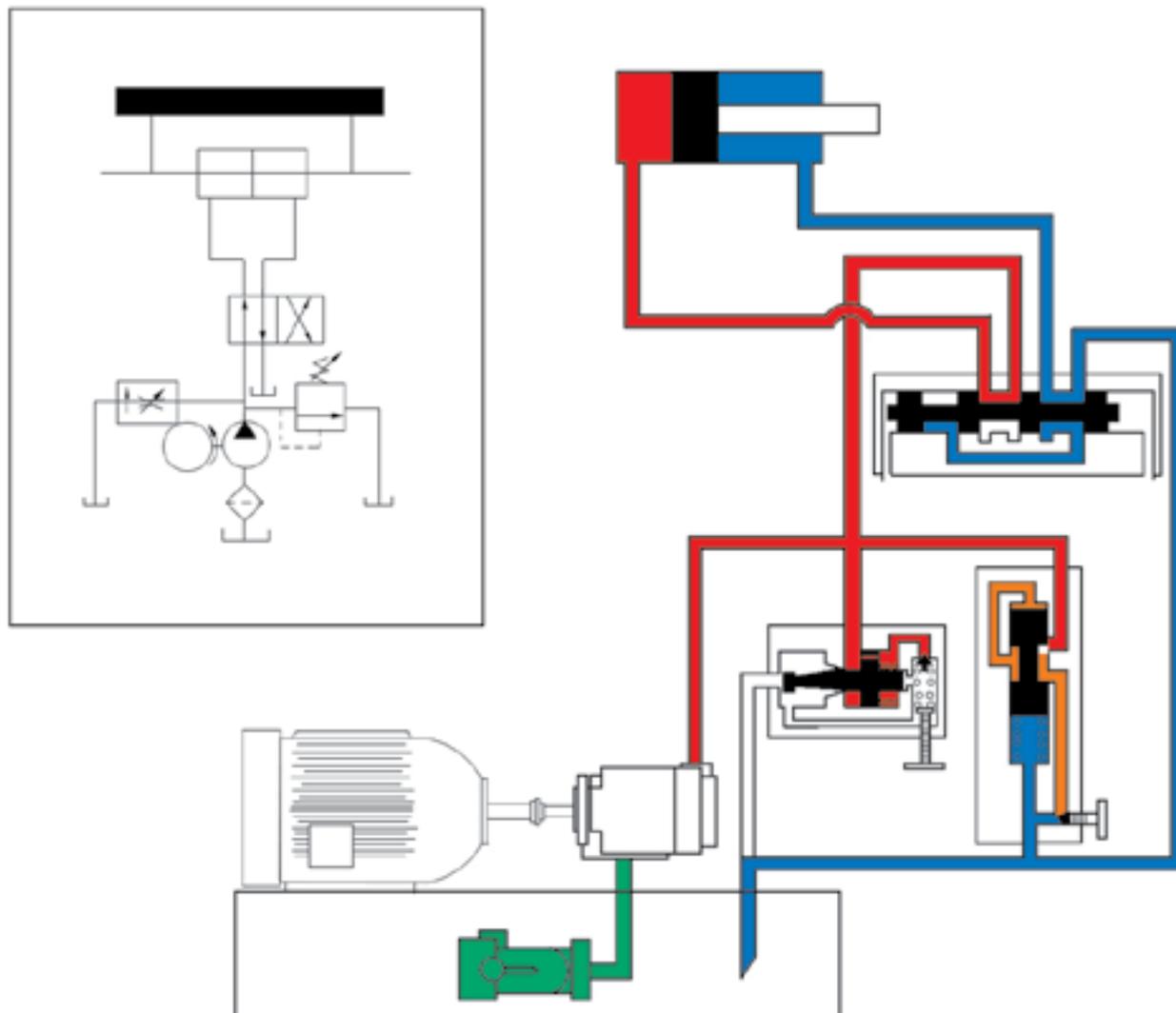


Se a velocidade de um atuador tiver que ser precisa durante todo o tempo de trabalho, pode-se usar o controle de saída do fluxo com compensação de temperatura e pressão.

Em alguns casos, a carga de trabalho muda de direção (a carga passando sobre o ponto central de um arco) ou a pressão de carga de trabalho muda subitamente de pressão plena para pressão zero (o caso de uma broca que rompeu a última película). Isto faz com que a carga dispare.

Uma válvula de controle de fluxo colocada no orifício de saída do atuador controla a taxa de fluxo que sai do atuador. Este é um circuito com controle na saída, que dá um controle de velocidade positivo aos atuadores usados em operações de furar, serrar, mandrilar e descarregar. Um circuito com controle na saída é um circuito de controle de fluxo muito comum.

## 10. Controle de vazão por desvio do fluxo

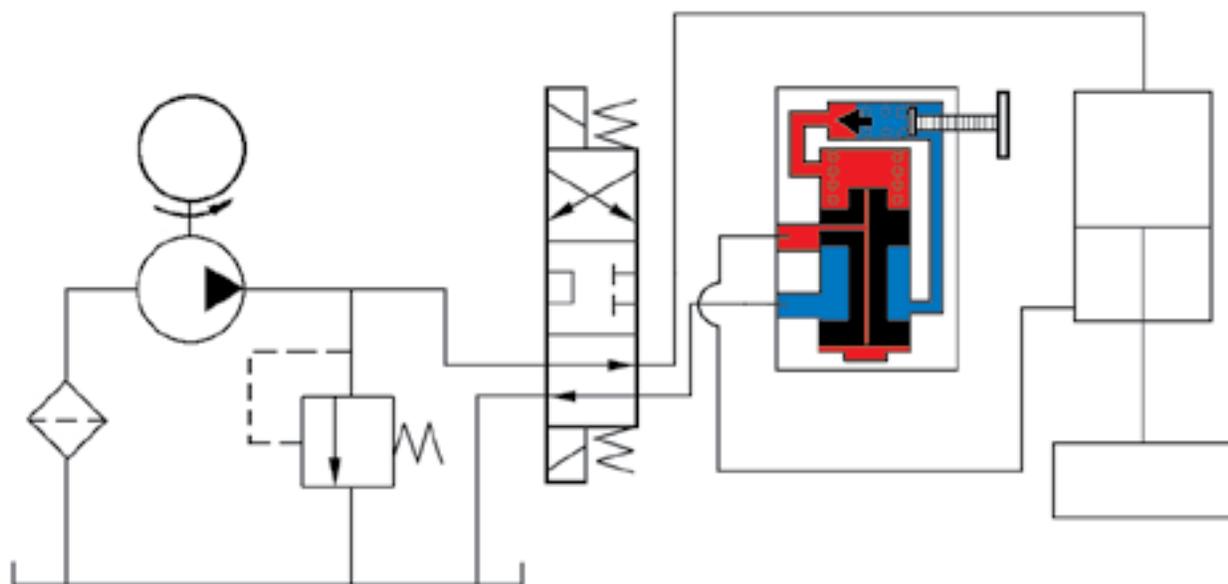
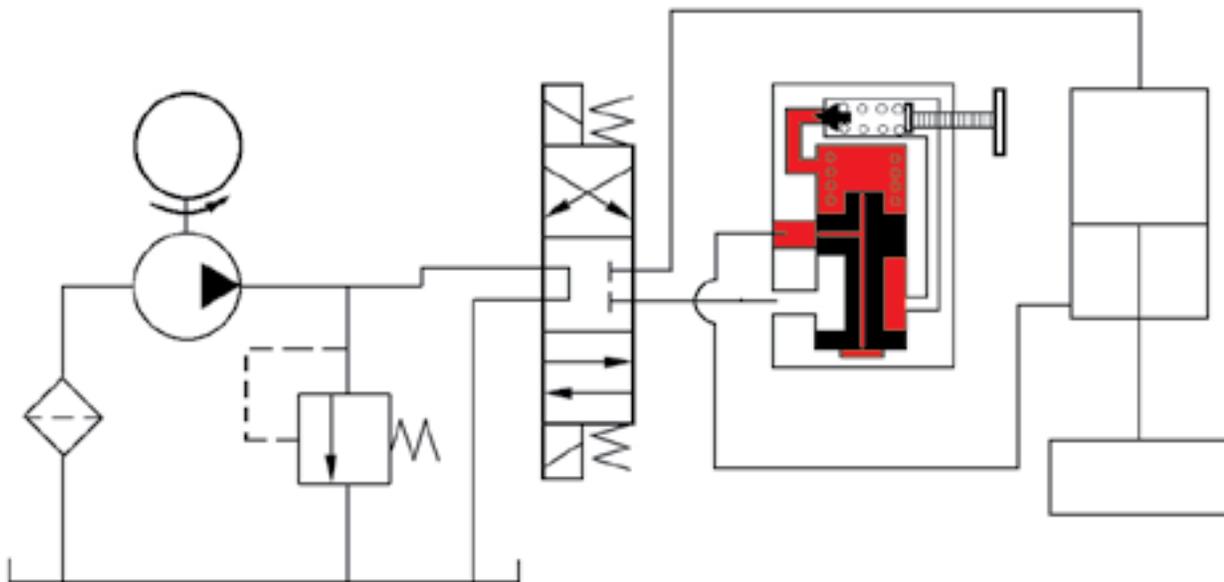


Outro tipo de circuito de controle de fluxo é o circuito de sangria. Neste circuito, a válvula de controle de fluxo não causa uma resistência adicional para a bomba. Ele opera retornando para o tanque parte do fluxo da bomba à pressão do sistema existente. Além de gerar menos calor, um circuito de sangria pode também ser mais econômico do que um circuito com controle na entrada ou um circuito com controle na saída.

Por exemplo, se uma vazão de 380 litros/min tivesse que ser reduzida para 340 litros/min, seria preciso uma válvula de controle de fluxo de 340 l/min, no caso de um circuito com controle na entrada e, dependendo do tamanho do cilindro, haveria necessidade de um controle de fluxo de 265 litros/min no caso de um cilindro com controle na saída. Num circuito de sangria, entretanto, poderia ser usado um controle de fluxo de 38 litros/min. Mesmo com estas vantagens aparentes, um circuito de sangria não é um circuito de controle de fluxo muito comum. Isso acontece porque um controle de fluxo, num conjunto de sangria, controla indiretamente a velocidade de um atuador. Ele pode medir com precisão o fluxo para o tanque, mas se houver vazamento através de vários componentes do sistema, a velocidade do atuador diminuirá.

Um circuito de sangria pode ser usado em qualquer aplicação que não requeira uma regulagem de fluxo precisa; e onde a carga ofereça uma resistência constante, como em retíficas, brunidoras e na elevação vertical de cargas.

## 11. Válvula de contrabalanço

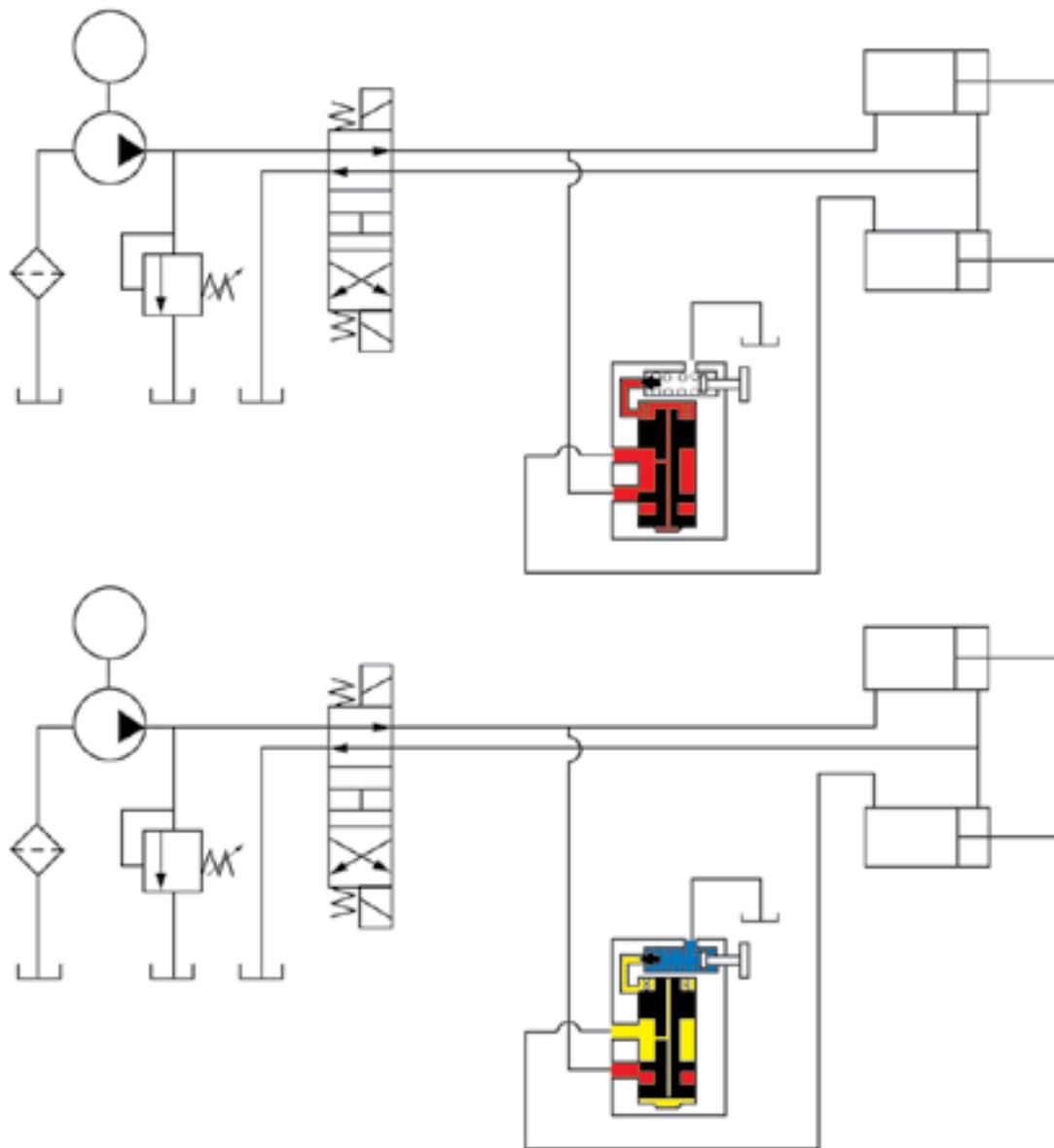


No circuito de uma prensa, quando a válvula direcional encaminha o fluxo para o cabeçote traseiro do cilindro, o peso da prensa conectado à haste do cilindro provocará uma queda incontrolável. A vazão da bomba não será capaz de manter a prensa. Para evitar esta situação, uma válvula de pressão normalmente fechada é colocada abaixo da prensa.

O carteril da válvula não interligará as vias primárias e secundárias até que a pressão atuante na parte superior do carteril seja maior do que a pressão desenvolvida pelo peso da prensa (em outras palavras, quando a pressão está presente no cabeçote traseiro do cilindro).

Desta maneira, o peso da prensa é contrabalanceado através do curso de descida. A válvula de contrabalanço é controlada pela pressão proveniente da via primária, tão logo ocorra a inversão do fluxo, e a pressão na via primária cai. O carteril é desatuado. As vias primária e secundária são desconectadas. O fluxo através da válvula é desbloqueado. Uma vez que o fluxo não passa pela válvula, ele passa pela válvula de retenção (não representada).

## 12. Circuito com redução de pressão

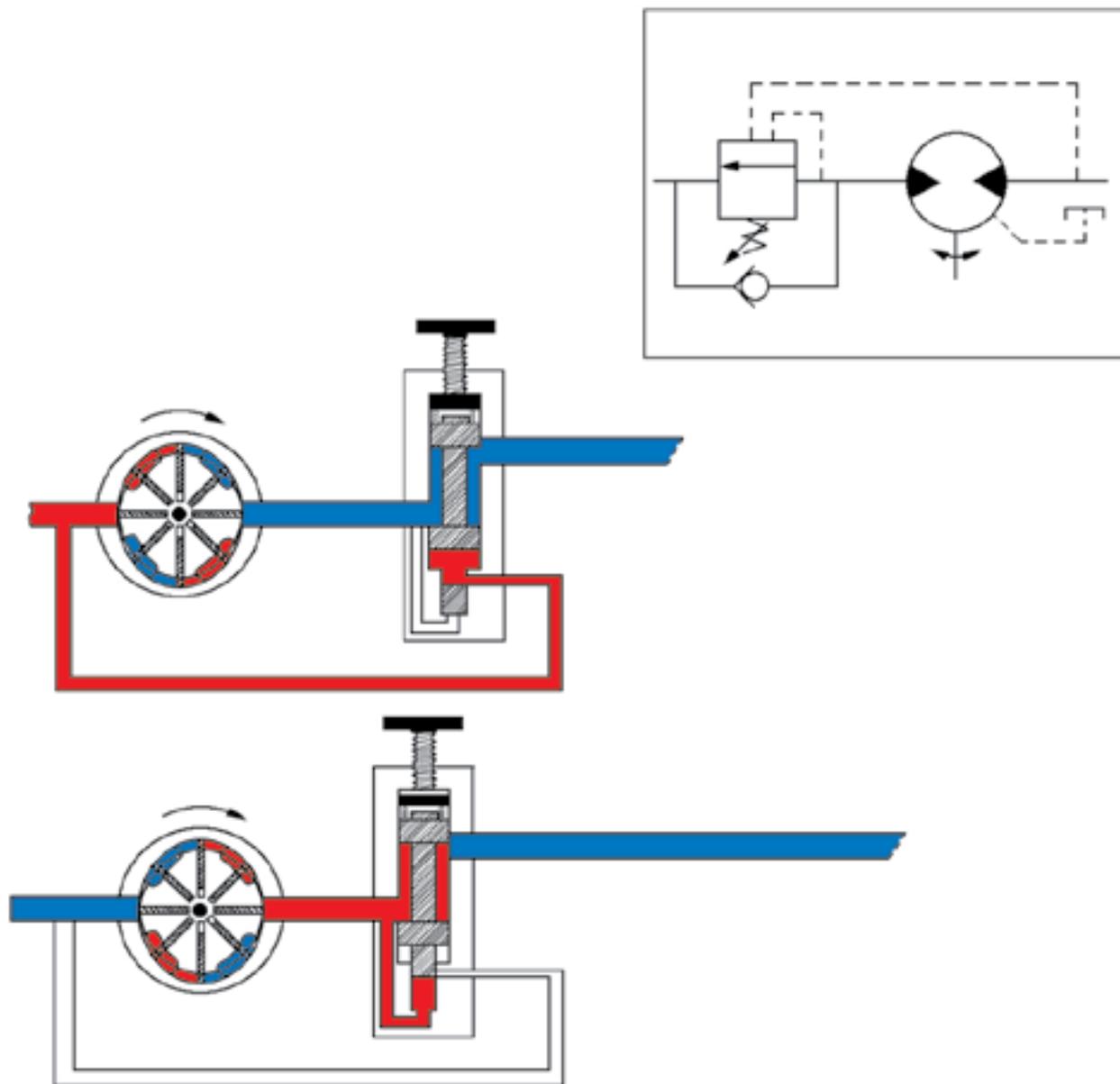


Uma válvula redutora de pressão é uma válvula de controle de pressão normalmente aberta. Uma válvula redutora de pressão é acionada quando sofre a pela pressão do fluido que passou pela válvula. Quando a pressão depois da válvula é igual à pressão ajustada na válvula, o carretel se fecha parcialmente e causa uma restrição no fluxo. Essa restrição transforma em calor toda a energia que exceder a da regulagem da válvula.

Se a pressão depois da válvula cair, o carretel abrirá e permitirá que a pressão aumente de novo. O circuito sincronizado da ilustração requer que o cilindro "B" aplique uma força menor do que a do cilindro "A".

Uma válvula redutora de pressão colocada logo adiante do cilindro "B" permitirá que o fluxo chegue ao cilindro até que a pressão atinja a do ajuste da válvula. Nesse ponto, o carretel da válvula é atuado, causando uma restrição a essa linha do circuito. O excesso de pressão adiante da válvula é transformado em calor. O cilindro "B" opera a uma pressão reduzida.

### 13. Válvula de contrabalanço diferencial

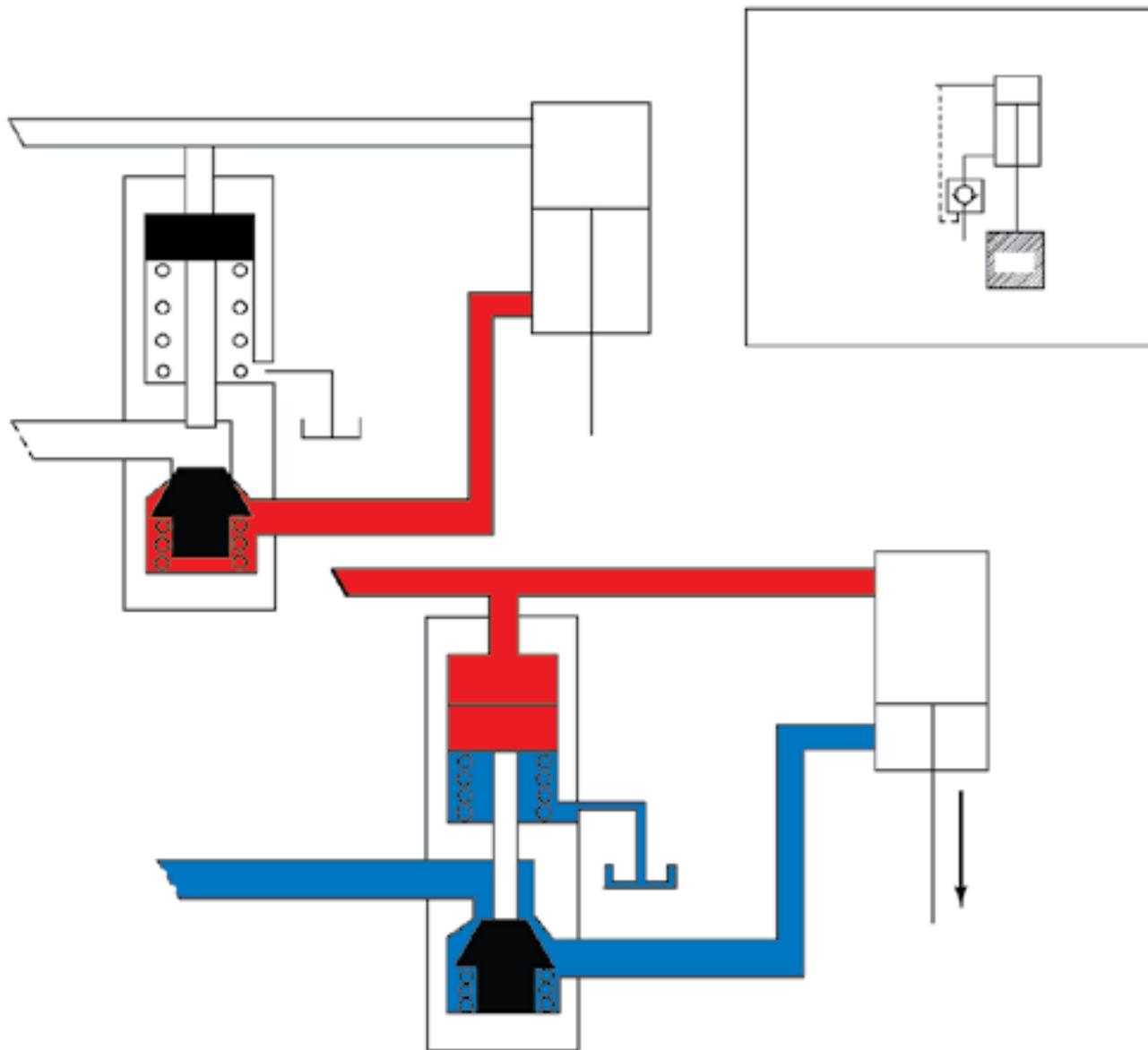


A válvula consiste de um corpo com via primária e secundária, passagens de pilotagem interna e externa, carretel, pistão e mola. É uma válvula normalmente fechada. Assumindo que a mola do carretel está ajustada para  $56 \text{ kgf/cm}^2$ , o pistão se movimenta empurrando o carretel e abrindo a passagem através da válvula.

Se a pressão cai abaixo de  $56 \text{ kgf/cm}^2$  a válvula fecha. O pistão onde a pressão da pilotagem interna atua tem a área menor do que a do carretel. A relação de áreas geralmente é de 8:1. Com o piloto externo conectado à linha do motor, uma pressão de apenas  $6,8 \text{ kgf/cm}^2$  é necessária para abrir a válvula, desde que atue na parte superior do carretel com área oito vezes maior que a do pistão. Com a válvula ajustada para  $56 \text{ kgf/cm}^2$ , a válvula irá abrir quando a linha de pressão da entrada do motor chegar a  $7 \text{ kgf/cm}^2$ .

A pressão na entrada do motor será necessária apenas para girar a carga. Se a carga tender a girar sem controle, a pressão na entrada do motor cai. A válvula fecha e não reabre até que uma contrapressão de  $56 \text{ kgf/cm}^2$  seja gerada.

## 14. Válvula de retenção pilotada



Uma válvula de retenção pilotada possibilita fluxo livre da via de entrada para a de saída, exatamente como uma válvula de retenção comum. O fluxo de fluido, ao passar através da válvula, da saída para a entrada, irá forçar o assento contra sua sede. O fluxo através da válvula é então bloqueado.

Quando houver pressão suficiente na linha de pilotagem, o pistão é deslocado e retira o assento de sua sede. O fluxo pode passar através da válvula, da saída para a entrada, até quando houver pressão suficiente de pilotagem. Com uma válvula de retenção pilotada bloqueando o fluxo que sai do cilindro na "linha B", a carga ficará suspensa até quando não houver pressão na "linha A".

A válvula de retenção permanecerá aberta enquanto a pressão na "linha A" estiver presente. Para suspender a carga, o fluxo pode facilmente passar através da válvula, uma vez que esta é a direção de fluxo livre da válvula.

