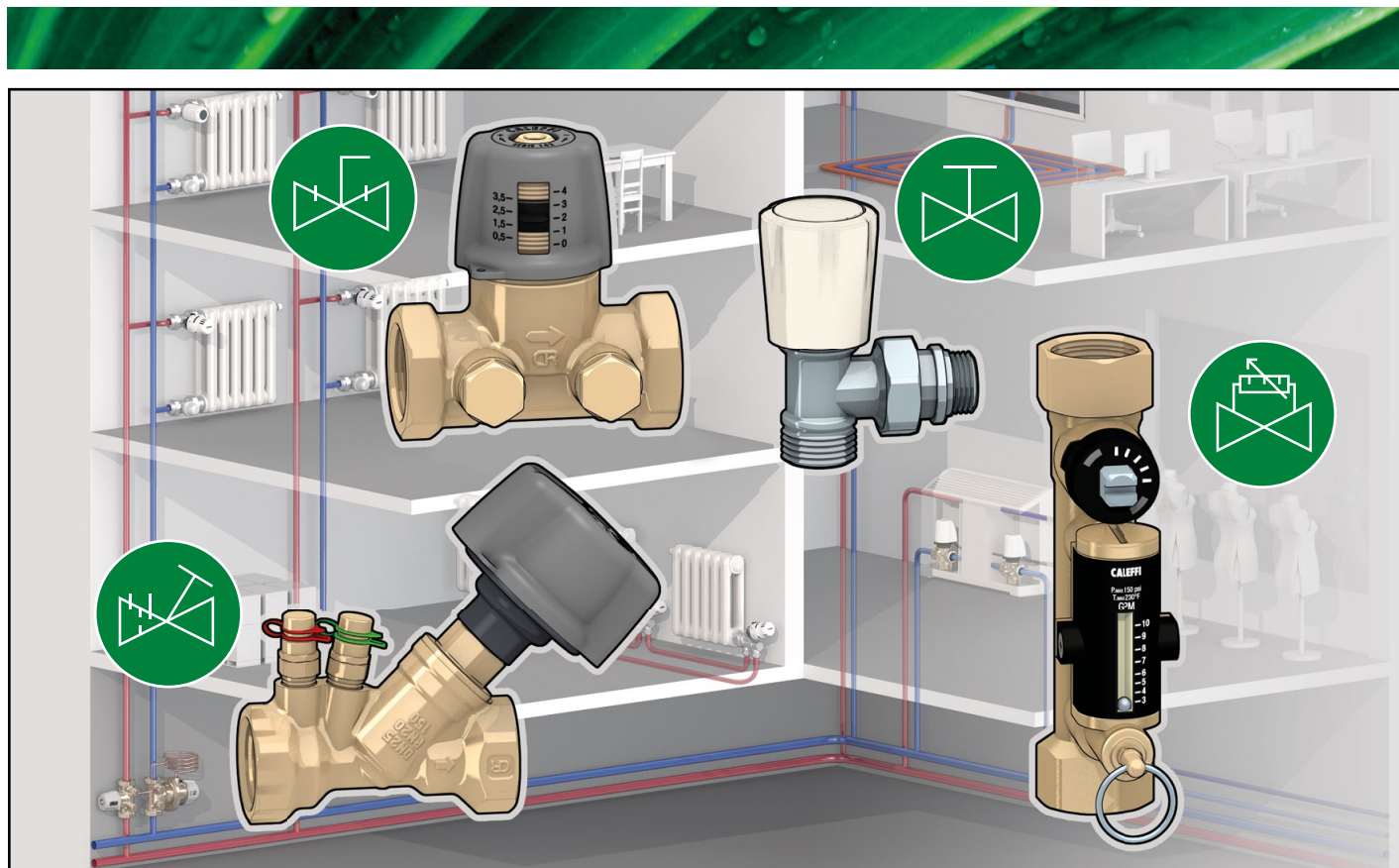


# BALANCEAMENTO ESTÁTICO DO CAUDAL

## Válvulas manuais

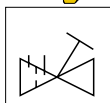
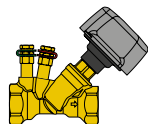


As válvulas manuais são utilizadas para efetuar o balanceamento estático da instalação. Para desempenhar esta função, introduzem uma perda de carga que compensa diferenciais de pressão nos terminais do circuito mais elevados do que o  $\Delta P$  de projeto, de forma a obter o caudal nominal.

A perda de carga é gerada através de um obturador ou de um segmento de geometria variável, que altera o valor de  $K_v$  da válvula. As válvulas manuais podem ser de diversas tipologias, distintas com base na metodologia de medição do caudal regulado.

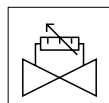
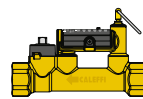
### BALANCEAMENTO ESTÁTICO

#### Válvula manual com orifício fixo



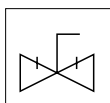
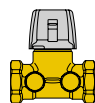
Regula-se através de um manípulo que comanda o movimento de um obturador. As ligações piezométricas estão situadas a montante do obturador, através de uma secção de Venturi. Por isso, a posição do obturador não influencia a medição do caudal.

#### Válvula manual com caudalímetro



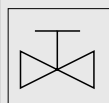
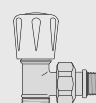
Regula-se através de uma haste que comanda um obturador de esfera. Os caudais podem ser diretamente verificados no caudalímetro instalado. Não é necessário calcular a posição de regulação na fase de projeto.

#### Válvula manual com orifício variável



Regula-se através de um manípulo que comanda o movimento de um obturador. As ligações piezométricas estão situadas a montante e a jusante do obturador. Para medir o caudal, há que conhecer a posição de regulação do obturador.

#### Válvulas de radiador pré-reguláveis

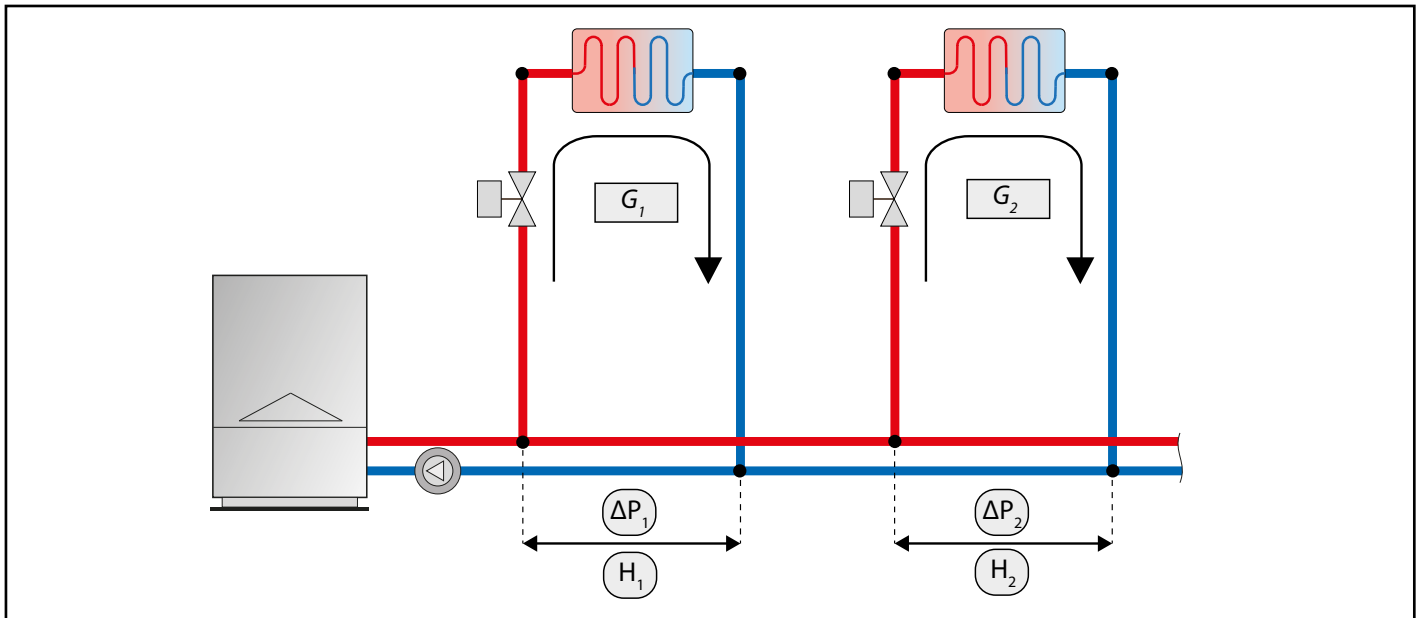


Regulam-se através da virola que, rodando, faz variar a secção de passagem do fluido, criando um “estrangulamento”, ou seja, uma resistência à passagem do fluido. Com este tipo de válvulas não é possível medir o valor do caudal de passagem.

## O CIRCUITO SECUNDÁRIO

Os circuitos secundários, ligados a um circuito primário através das linhas de distribuição, estão sujeitos a alturas manométricas distintas, que dependem da configuração do circuito de distribuição.

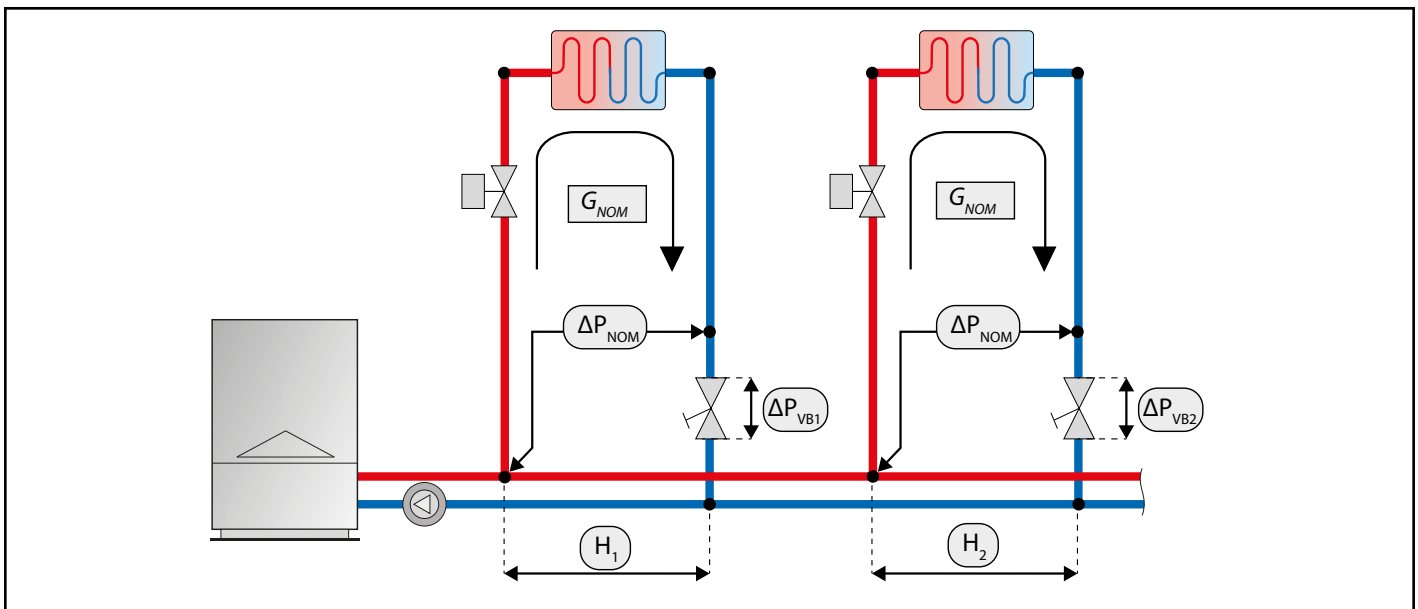
Dois circuitos iguais ligados ao mesmo circuito primário, calculados para terem um caudal nominal  $G_{NOM}$ , estão sujeitos a alturas manométricas distintas ( $H_1$  e  $H_2$ ) que geram, nos respetivos circuitos, caudais diferentes ( $G_1$  e  $G_2$ ). Estes caudais não coincidem com os de projeto e, logo, geram perdas de carga diferentes ( $\Delta P_1$  e  $\Delta P_2$ ) dos valores nominais de projeto.



O balanceamento estático de um circuito secundário consiste em introduzir no interior de cada circuito uma perda de carga, que limita o excesso de pressão diferencial do circuito de distribuição primário. Basicamente, no esquema anterior é inserida uma válvula de balanceamento na base de cada circuito secundário, regulada de forma a introduzir um valor de perda de carga equivalente a:

$$\Delta P_{VB1} = H_1 - \Delta P_{NOM}$$

$$\Delta P_{VB2} = H_2 - \Delta P_{NOM}$$

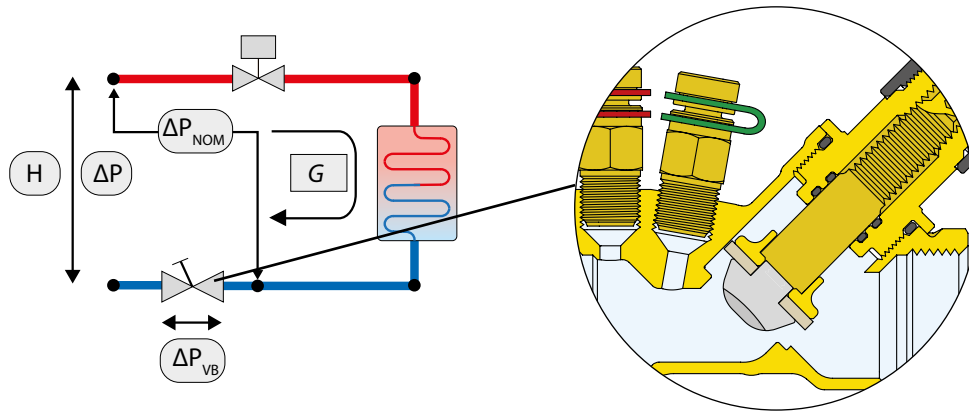


Deste modo, em condições estáticas, cada circuito secundário é alimentado com o caudal nominal  $G_{NOM}$  de projeto.

## FUNCIONAMENTO E REGULAÇÃO

As válvulas de balanceamento, sejam elas estáticas ou dinâmicas, atuam variando o respetivo valor de Kv para estabelecer uma condição de equilíbrio no circuito em que estão inseridas. Caso uma válvula sirva para efetuar uma regulação/calibração de um circuito, esta possuirá um órgão interno de regulação.

No caso de uma válvula de balanceamento estático, este elemento é constituído por um obturador: consoante a posição do obturador, a válvula terá uma secção de passagem interna diferente e, assim, um outro valor de Kv.



Os valores de Kv de uma válvula de balanceamento são normalmente representados graficamente com uma série de curvas correspondentes às posições de regulação (Gráfico 1).

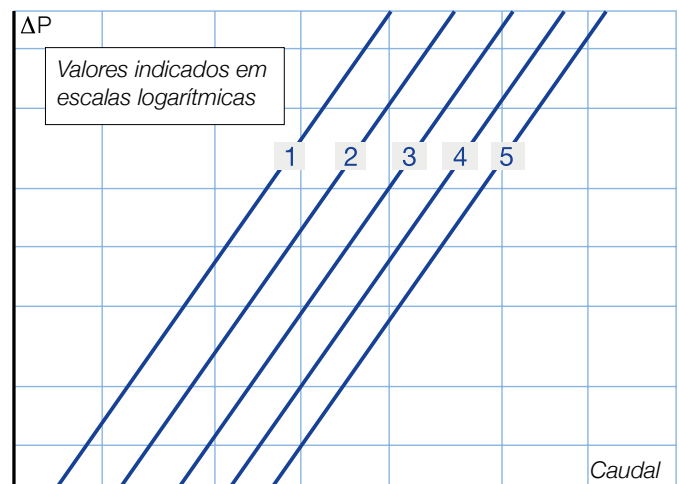
Uma válvula de balanceamento manual introduz uma perda de carga no circuito, de forma a regular o caudal circulante no valor do caudal de projeto. Esta perda de carga depende obviamente da posição do obturador e, assim, do valor de Kv da válvula.

As condições de projeto conhecidas são o caudal nominal ( $G_{NOM}$ ) e a perda de carga a introduzir no circuito ( $\Delta P_{VB}$ ), conforme obtida anteriormente. Uma vez conhecidos estes dois valores, obtém-se no gráfico a posição de regulação da válvula, cruzando as duas linhas. (Gráfico 2).

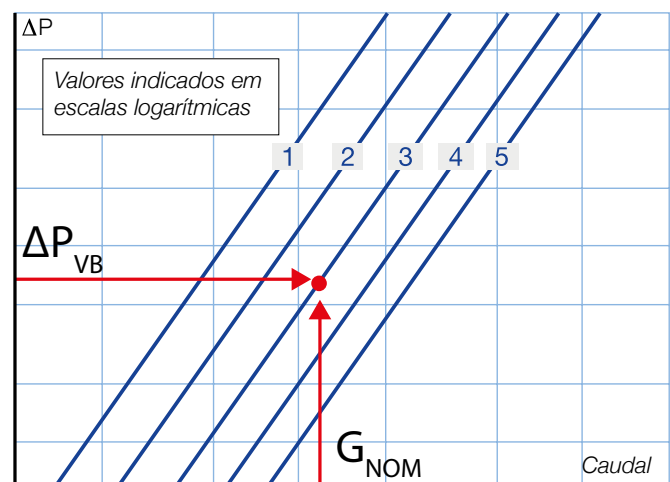
Ou, então, pode obter-se analiticamente a partir da relação do coeficiente de fluxo previamente introduzida.

$$Kv = \frac{G_{NOM}}{\sqrt{\Delta P_{VB}}} = Kv_3$$

Convém sublinhar que esta regulação só é válida na condição estacionária em que foi calculada; caso variassem as condições de altura manométrica (H) que persistem no circuito secundário, o valor de  $Kv_3$  da válvula seria sempre o mesmo e, assim, o caudal de passagem seria diferente do de projeto, mesmo tendo inserido uma válvula de balanceamento no interior do circuito.



**Gráfico 1:** características hidráulicas de uma válvula de balanceamento para cada posição de regulação



**Gráfico 2:** características hidráulicas de uma válvula de balanceamento para cada posição de regulação

## CIRCUITO BALANCEADO: condição inicial

Os elementos que compõem um circuito de limitação que controla o caudal são essencialmente: as tubagens de distribuição caracterizadas por perdas de carga distribuídas e concentradas, uma válvula de zona (ou de regulação) e o terminal de emissão.

Para exemplificar a situação, introduz-se um exemplo numérico. O circuito em questão tem um  $G_{NOM}$  de 300 l/h e uma perda de carga nominal ( $\Delta P_{NOM}$ ) com o caudal de projeto de 12 kPa.

Se, nos terminais do circuito, persistir uma altura manométrica ( $H_C$ ) de 20 kPa, o circuito deve ser balanceado conforme demonstrado anteriormente, em particular:

$$\begin{aligned}\Delta P_{VB} &= H_C - \Delta P_{NOM} \\ &= 20 - 12 = 8 \text{ kPa}\end{aligned}$$

Para obter o caudal de projeto no circuito terminal, a válvula de balanceamento deverá ser regulada de forma a introduzir uma perda de carga de 8 kPa. No caso específico, o ponto de regulação da válvula deve ser fixado de forma a ter um valor de Kv equivalente a:

$$Kv = 0,01 \cdot \frac{G}{\sqrt{\Delta P_{VB}}} = 0,01 \cdot \frac{300}{\sqrt{8}} = 1,06 \text{ m}^3/\text{h}$$

A progressão das perdas de carga pode ser representada tal como na imagem seguinte, em que:

- o primeiro segmento representa as perdas de carga distribuídas e concentradas do primeiro segmento de tubagens equivalentes a 2 kPa.
  - a válvula de zona provoca uma perda de carga concentrada equivalente a 3 kPa.
  - o sistema de emissão e o segundo segmento de tubagem introduzem duas perdas de carga equivalentes a 5 + 2 kPa.
- Como se pode ver no gráfico, a perda de carga de projeto do circuito é de 12 kPa, mas a altura manométrica que persiste no circuito é de 20 kPa: o excesso de altura manométrica (8 kPa) deve ser absorvido pela válvula de balanceamento.

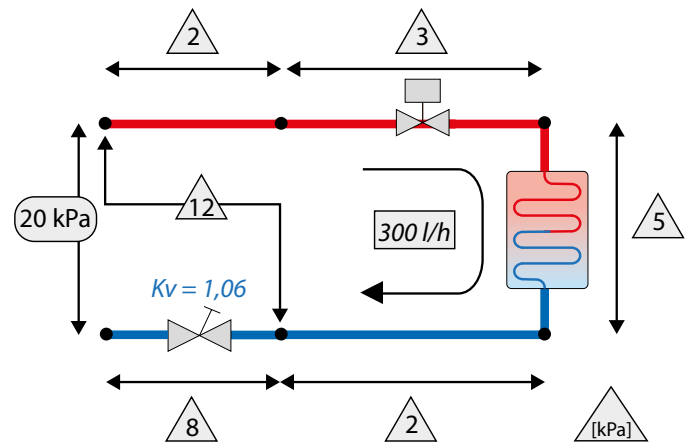
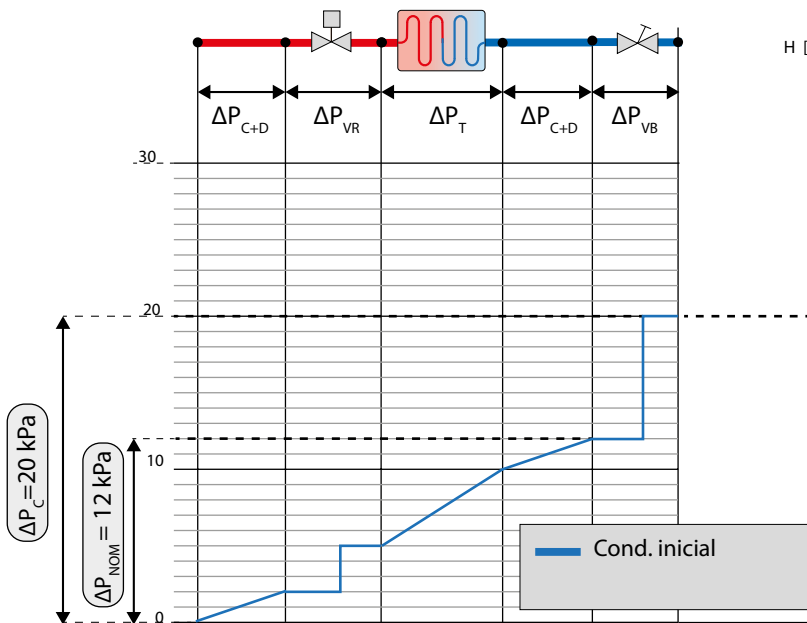
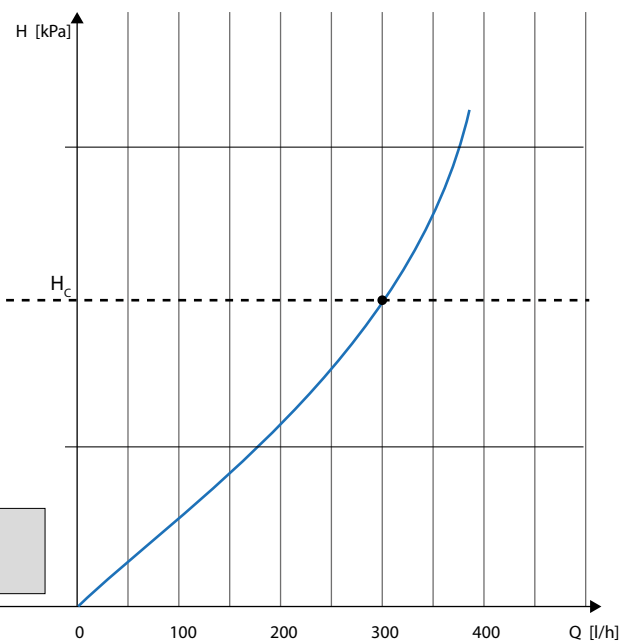


Gráfico de perdas de carga



Curvas de funcionamento do circuito



### FATOR DE BALANCEAMENTO

Uma vez conhecidas as condições de funcionamento nominais de um circuito em termos de altura manométrica ( $H_{NOM}$ ) e caudal ( $G_{NOM}$ ), é possível estimar as novas condições de funcionamento do circuito sujeito a uma altura manométrica ( $H$ ) diferente, calculando o fator de balanceamento da seguinte forma:

$$F = \left( \frac{H}{H_{NOM}} \right)^{0,525}$$

$$G = F \cdot G_{NOM}$$

## CIRCUITO BALANCEADO: aumento da altura manométrica

Um aumento da altura manométrica nos terminais do circuito balanceado de 20 para 27 KPa provoca um aumento do caudal no interior do circuito. O novo valor de caudal pode ser obtido com o fator de balanceamento F.

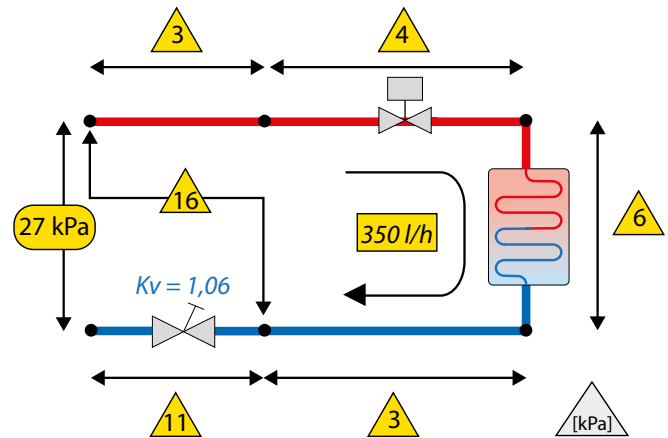
$$F = \left( \frac{H_1}{H} \right)^{0,525} = \left( \frac{27}{20} \right)^{0,525} = 1,17$$

$$G_1 = F \cdot G = 1,17 \cdot 300 = 350 \text{ l/h}$$

A válvula de balanceamento manual, sendo um componente estático, não mudará a sua posição de regulação mantendo, assim, o valor de Kv (1,06 m<sup>3</sup>/h) anteriormente calculado.

Não absorverá, por isso, o excesso de altura manométrica, mas introduzirá uma perda de carga insuficiente para contrabalançar o aumento da altura manométrica, calculável com o valor de Kv constante a 1,06 m<sup>3</sup>/h.

$$\Delta P = \left( \frac{0,01 \cdot G}{Kv} \right)^2 = \left( \frac{0,01 \cdot 350}{1,06} \right)^2 = 11 \text{ kPa}$$



### Coeficiente de fluxo de uma válvula

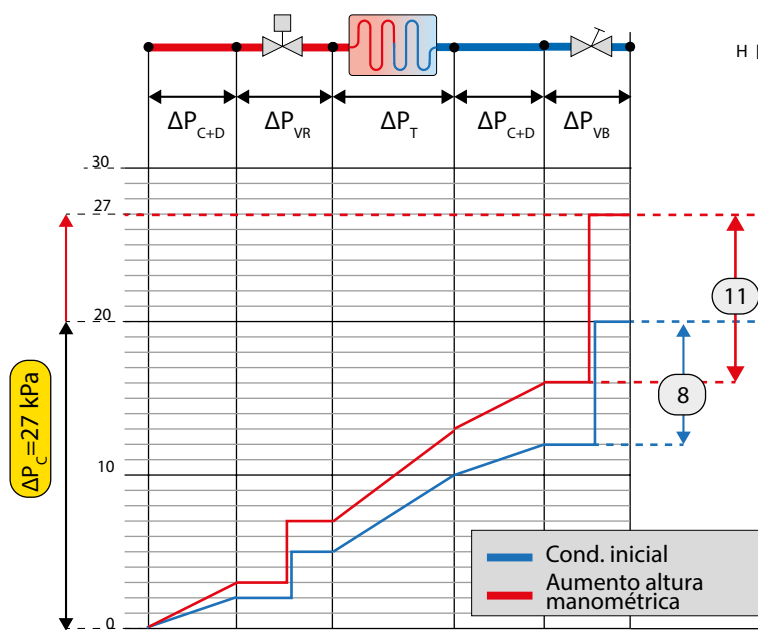
A fórmula varia consoante as unidades de medição utilizadas, introduzindo os coeficientes adequados.

$$G = Kv \cdot \sqrt{\Delta P} \quad G \text{ [m}^3\text{/h]} - \Delta P \text{ [bar]} - Kv \text{ [m}^3\text{/h]}$$

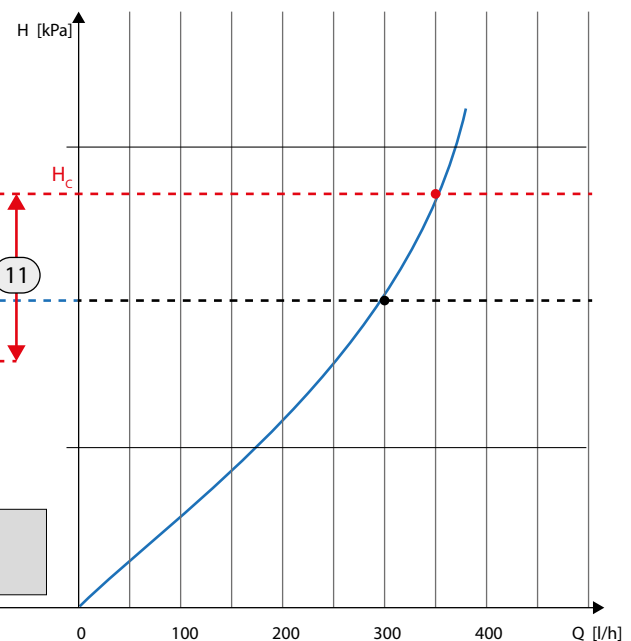
$$G = 100 \cdot Kv \cdot \sqrt{\Delta P} \quad G \text{ [l/h]} - \Delta P \text{ [kPa]} - Kv \text{ [m}^3\text{/h]}$$

A curva do circuito não mudou, mas o seu novo ponto de funcionamento alterou-se para um valor de caudal de 350 l/h (+17%), mesmo utilizando uma válvula para balancear a instalação.

Gráfico de perdas de carga



Curvas de funcionamento do circuito



A utilização das válvulas de balanceamento estáticas está indicada em circuitos que preveem condições de funcionamento "estacionárias", ou seja, não sujeitas a variações de carga (ativação/desativação), que comportam flutuações contínuas da pressão diferencial que atua nos circuitos.

A avaliação da tipologia de balanceamento depende, de facto, dos modos de funcionamento e regulação da instalação, tanto no que diz respeito ao circuito secundário como primário.

DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA: CATÁLOGO TÉCNICO 01251  
CATÁLOGO TÉCNICO 01149  
CATÁLOGO TÉCNICO 01250



Visite a Caleffi no Youtube  
[youtube/CaleffiVideoProjects](https://www.youtube.com/CaleffiVideoProjects)

 **CALEFFI**  
Hydronic Solutions

RESERVAMO-NOS O DIREITO DE INTRODUIR MELHORIAS E MODIFICAÇÕES  
NOS PRODUTOS DESCRITOS E NOS RESPECTIVOS DADOS TÉCNICOS,  
A QUALQUER ALTURA E SEM AVISO PRÉVIO.

© Copyright 2016 Caleffi · [www.caleffi.com](http://www.caleffi.com)

CALEFFI Portugal  
Sede: Urbanização das Austrálias, lote 17, Milheirós, Apartado 1214, 4471-909 Maia  
Telef. +351 229619410 · Fax +351 229619420 · [caleffi.sede@caleffi.pt](mailto:caleffi.sede@caleffi.pt) · [www.caleffi.com](http://www.caleffi.com) ·  
Filial: Talaide Park, Edif. A1 e A2, Estrada Octávio Pato 2785-601 São Domingos de Rana  
Telef. +351 214227190 · Fax +351 214227199 · [caleffi.filial@caleffi.pt](mailto:caleffi.filial@caleffi.pt) · [www.caleffi.com](http://www.caleffi.com)

CALEFFI Brasil  
Sede: Rua Tabapuã nº 821 conj. 125, CEP – 04533-013, Itaim Bibi, São Paulo - SP  
Telef. +55 11 2362 4903 · Fax +55 11 2362 4907 · [comercial.br@caleffi.com](mailto:comercial.br@caleffi.com)