



BERMO

CONDUÇÃO E CONTROLE DE FLUIDOS

Uso racional do vapor na indústria

Eng^o Rodrigo Ruediger
rodrigo@bermo.com.br

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO NO BRASIL

GESTRA



GBR[®]

Definição clássica do vapor

Matéria no estado gasoso proveniente da evaporação de um líquido, no nosso caso a água.



Vantagens do uso do vapor para aquecimento

- Matéria prima de fácil obtenção;
 - Fluido limpo e inodoro;
 - É incombustível;
 - Transporte fácil;
- Transporta muita energia com pouca massa;
- Possui propriedades bem conhecidas.

Quanto custa gerar vapor saturado?



- Água e tratamento químico;
 - Energia elétrica;
- Mão de obra dos operadores;
- Manutenção e depreciação;
 - Custos administrativos.
- **Combustível (80% do total)**

Quanto custa gerar vapor saturado?

(=) Energia para gerar 1 kg de vapor à 10 barg = 664 kcal/kg

(-) Energia contida no condensado = 80 kcal/kg

(=) Energia para gerar 1 kg de vapor à 10 barg = 584 kcal/kg

(x) Transformar para tonelada / vapor = 1.000 kg/ton

(=) Energia para gerar 1 ton vapor à 10 barg = 584.000 kcal/ton

Quanto custa gerar vapor saturado?

Óleo BPF

= $584.000 \div 9600$ kcal/kg
= 60,83 kg óleo / ton vapor
= $60,83 \div 0,9$ ($\eta = 90\%$)
= 67,59 kg óleo / ton vapor
= $67,59 \times R\$ 1,70$ / kg
= R\$ 114,90 ton de vapor

Custo total aproximado
R\$ 145,00 / ton de vapor

Gás Natural

= $584.000 \div 8.600$ kcal/kg
= 67,91 kg GLP / ton vapor
= $67,91 \div 0,9$ ($\eta = 90\%$)
= 75,46 kg GLP / ton vapor
= $75,46 \times R\$ 1,00$ / kg
= R\$ 75,46 ton de vapor

Custo total aproximado
R\$ 94,00 / ton de vapor

Resistência elétrica

= $584.000 \div 860$ kcal/kW
= 679,07 kW
= $679,07 \div 0,90$ ($\eta = 90\%$)
= 754,52 kW / ton vapor
= $754,52 \text{ kW / ton} \times R\$ 0,23$ kW
= R\$ 173,54 ton de vapor

Custo total aproximado
R\$ 217,00 / ton de vapor

Lenha (40% Umidade)

= $584.000 \div 2.500$ kcal/kg
= 233,6 kg lenha / ton vapor
= $233,6 \div 0,75$ ($\eta = 75\%$)
= 311,47 kg / ton = $0,69 \text{ m}^3$ / ton vapor
= $0,69 \text{ m}^3 / \text{ton} \times R\$ 50,00 \text{ m}^3$
= R\$ 34,59 ton de vapor

Custo total aproximado
R\$ 43,00 / ton de vapor

Perdas de energia – Isolamento térmico



$$\text{Condensação} = \frac{Am \times U \times \Delta t}{Cl \times X}$$

$$C.SI = \frac{14,9 \times 7,00 \times 160}{480 \times 0,8} = 43,6 \text{ kg/h}$$

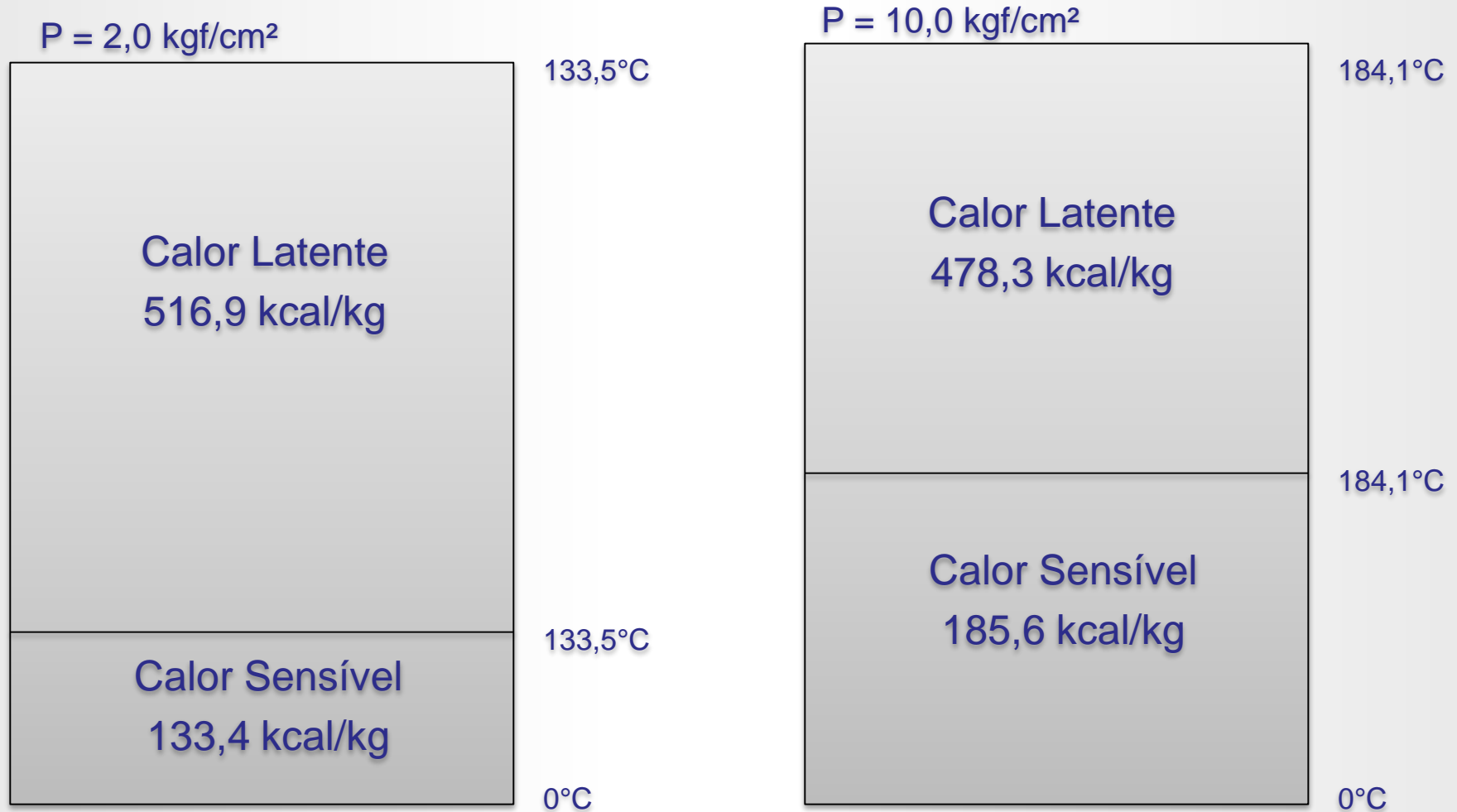
$$C.CI_{\text{inicial}} = \frac{20,6 \times 3,81 \times 160}{480 \times 0,8} = 32,7 \text{ kg/h}$$

$$C.CI_{\text{regime}} = \frac{20,6 \times 3,81 \times 80}{480 \times 0,8} = 16,3 \text{ kg/h}$$

$$R\$/\text{mês} = (43,6 - 16,3) \times 600 \times 0,043 = 704,34$$

$$R\$/\text{ano} = 8.452,08$$

Perdas de energia – Vapor de alta pressão



Perdas de energia – Vapor de alta pressão

Energia requerida para um determinado aquecimento = 47.830 kcal

$$\text{Quantidade de vapor a 10 barg} = \frac{47.830}{478,3} = 100 \text{ kg de vapor}$$

$$\text{Quantidade de vapor a 2,0 barg} = \frac{47.830}{516,9} = 92,5 \text{ kg de vapor}$$

7,5% de diminuição do consumo de vapor!

Perdas de energia – Purgadores

Entries:	158		BC:	0 (0 %)	
Checked:	158 (100 %)		Foreign noise:	0 (0 %)	
Defective:	59 (37 %)		Commented	0 (0 %)	
OK:	85 (54 %)		Steam loss:	228,0 kg/h	
Cold	14 (9 %)		Check	0 (0 %)	
Steam costs	40	R\$ / 1000 kg	Steam loss	1641600	kg/a
Working hours	7200	h	Total loss	65664	R\$/a

Perdas de energia – Purgadores

Hole diameter (mm)	3,00
Steam pressue P1 (Bara)	11
Cross sectional area hole (m ²)	7,065E-06
Kv value of hole (m ³ /h)	0,11990
Live steam flow rate (Kg/h)	15,05
Live steam loss per year (Kg)	131862,7

Perda por mês = $15,05 \times 600 = 9.030$ kg/mês
 $9,03$ ton/mês $\times 40,00$ R\$/ton = **388,29 R\$/mês**

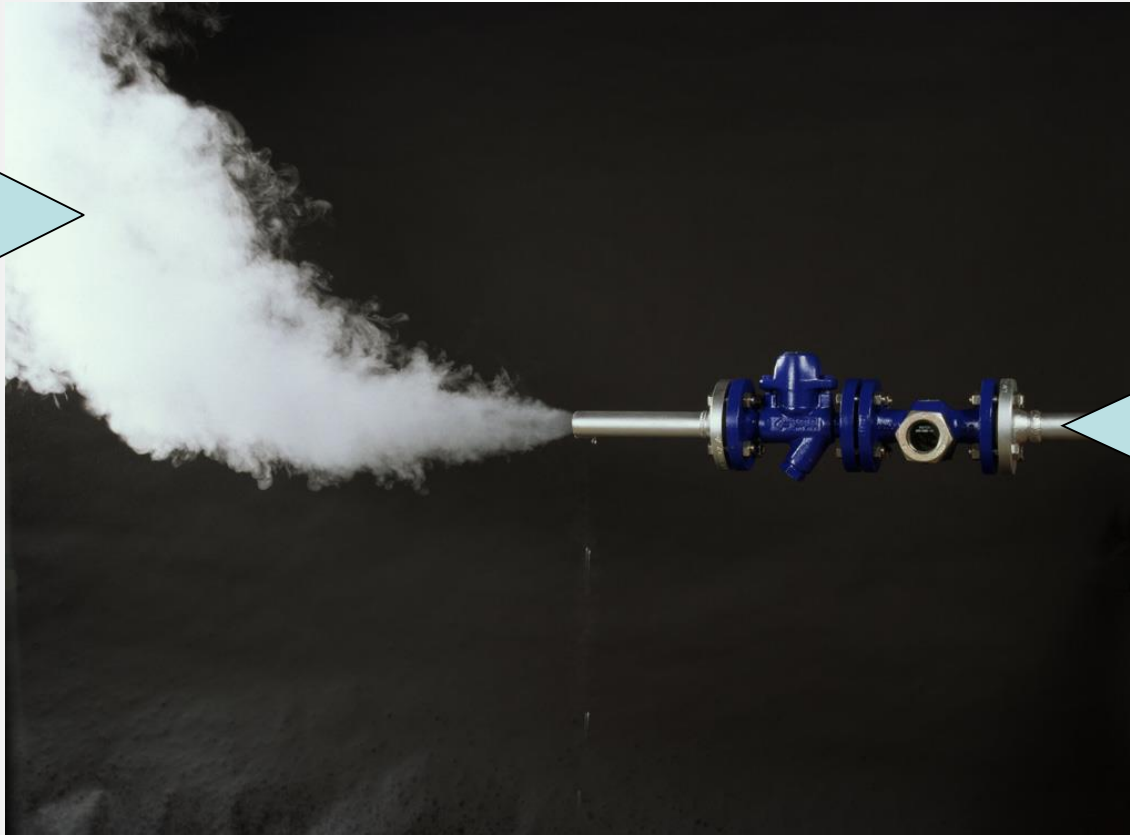
R\$ 4.659,48 por ano

Perdas de energia – Vapor flash

0,0 barg
99,6 °C

Calor sensível
99,12 kcal / kg

Calor latente
539,4 kcal / kg



10,0 barg
184 °C

Calor sensível
185,6 kcal / kg

Calor latente
478,3 kcal / kg

$$\% \text{ Flash} = \frac{CS.a - CS.b}{CL.b} \times 100 = \frac{185,6 - 99,12}{539,4} \times 100 \approx 16,03 \%$$

Perdas de energia – Vapor flash

0,0 barg
99,6 °C

Calor sensível
99,12 kcal / kg

Calor latente
539,4 kcal / kg



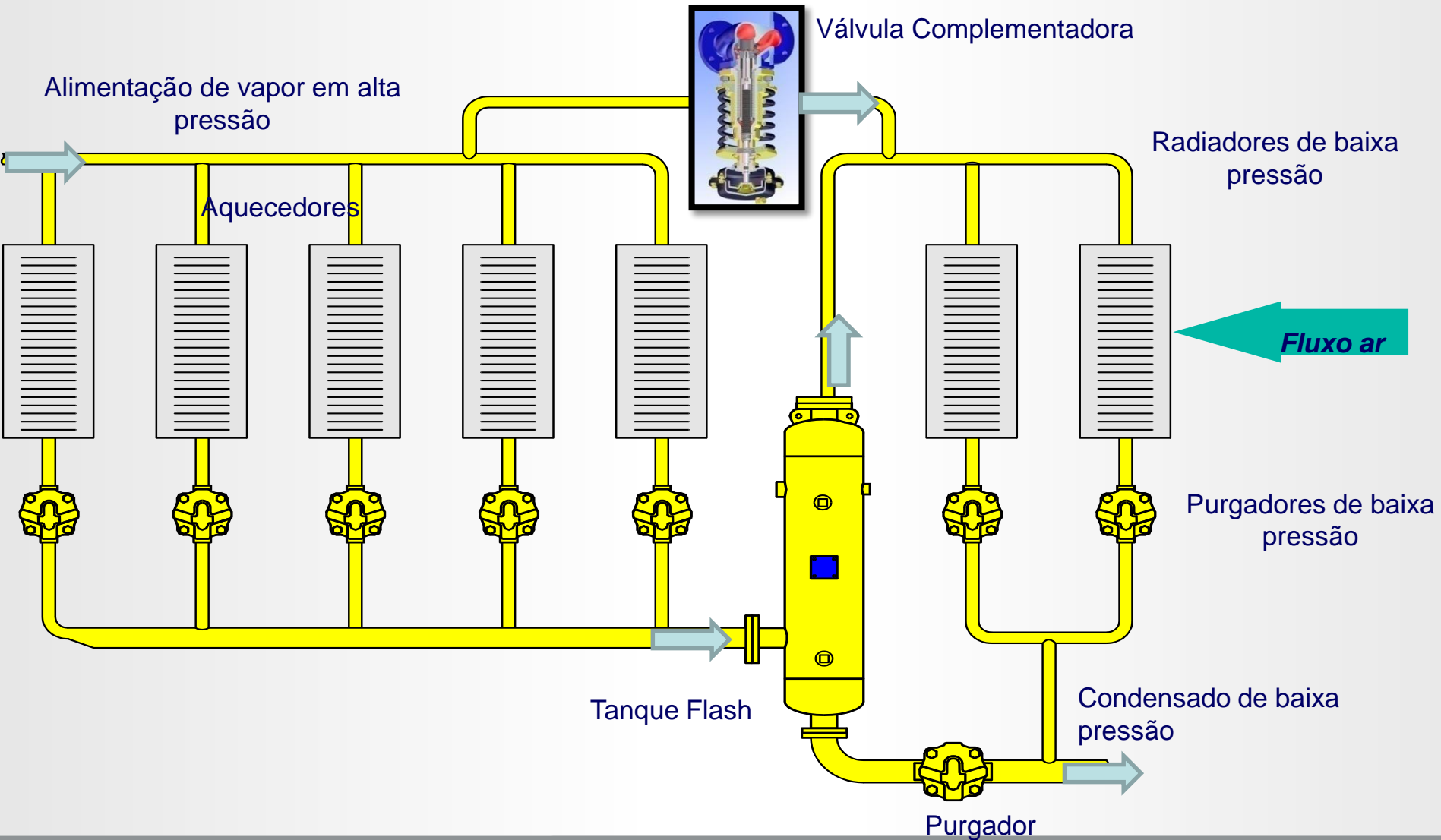
6,0 barg
165 °C

Calor sensível
165,6 kcal / kg

Calor latente
493,8 kcal / kg

$$\% \text{ Flash} = \frac{CS.a - CS.b}{CL.b} \times 100 = \frac{165,6 - 99,12}{539,4} \times 100 \approx 12,32 \%$$

Sistema de vapor flash



Perdas de energia – Retorno de condensado

Injetar 1 m³/h de água a 20°C na caldeira

$$= 1.000 \text{ kg / h} \times 1 \text{ kcal / kg } ^\circ\text{C} \times (80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$= \mathbf{60.000 \text{ kcal / h}}$$

$$= 60.000 \text{ kcal / h} \div 2.500 \text{ kcal / kg}$$

$$= 24 \text{ kg / h} = 0,053 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$= 0,053 \text{ m}^3 / \text{h} \times \text{R\$ } 43,00 / \text{m}^3$$

$$= \mathbf{\text{R\$ } 2,28 \text{ por hora}}$$

Economia em 600 horas trabalhadas no mês:

R\$ 1.368,00

A cada 6°C de acréscimo de temperatura da água de alimentação da caldeira, a economia estimada de combustível é de 1%.

Case

$$\text{Energia do efluente} = \frac{80.000 \times 1 \times (37 - 25)}{0,9 \times 498,5} \approx \mathbf{2.140 \text{ kgv/h}}$$

$$\% \text{ Flash A. P.} = \frac{185,6 - 110,9}{531,9} \times 2.500 \approx \mathbf{350 \text{ kgv/h}}$$

$$\% \text{ Flash B. P.} = \frac{165,6 - 110,9}{531,9} \times 5.000 \approx \mathbf{510 \text{ kgv/h}}$$

$$\text{Economia de vapor} = \frac{3.000}{12.000} \times 100 \approx \mathbf{25 \%}$$

OBRIGADO PELA ATENÇÃO!



BERMO

CONDUÇÃO E CONTROLE DE FLUIDOS

www.bermo.com.br

rodrigo@bermo.com.br

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO NO BRASIL

GESTRA



GBR®