

# SOLZAIMA

## CB5 – Dimensionamento de Soluções de Climatização



# Sumário

A presente ação de formação, da responsabilidade da Solzaima Academy, tem como destinatários instaladores, coordenadores de projeto, promotores imobiliários, arquitetos, engenheiros, peritos qualificados, clientes e estudantes da área das energias.

Visa dotar os formandos de ferramentas e metodologias para o dimensionamento de equipamentos de aquecimento a biomassa e instalação.

No final da ação de formação os formandos deverão ser capazes de entender os conceitos base sobre o dimensionamento, ser capazes de selecionar o equipamento a biomassa adequado às necessidades térmicas da habitação, dimensionar os emissores de calor e os periféricos fundamentais para o correto funcionamento do sistema.

# Índice de Conteúdos

	Unidade de formação (Módulos, Capítulos ou Temas)	CT (min)	PS (min)
CCB	<b>Conceitos Base</b>	30	30
CNT	<b>Levantamento e Cálculo das Necessidades Térmicas</b>	15	5
DDE	<b>Dimensionamento do Equipamento</b>	-	10
DIP	<b>Dimensionamento da Instalação e Periféricos</b>	60	150
CDS	<b>Controlo do Sistema</b>	20	10
PDD	<b>Prática de Dimensionamento</b>	-	90



Já ouviste as nossas TecTalks?  
Clica ou segue o QR e ouve as nossas conversas técnicas.

# Conceitos Base



© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

# Energia vs Potência

## Joule vs Watt

James Prescott Joule (1818-1889)



### Joule (J)

Unidade de Energia do S.I.

*James Joule foi um físico inglês que estabeleceu que as diversas manifestações de energia – mecânica, elétrica e térmica – são, na sua essência, a mesma coisa e podem ser transformadas umas nas outras.*

### Watt (J/s)

Unidade de Potência do S.I

*James Watt foi um engenheiro e matemático escocês que reinventou a máquina a vapor, inaugurando a era do vapor e abrindo caminho para a Revolução Industrial.*

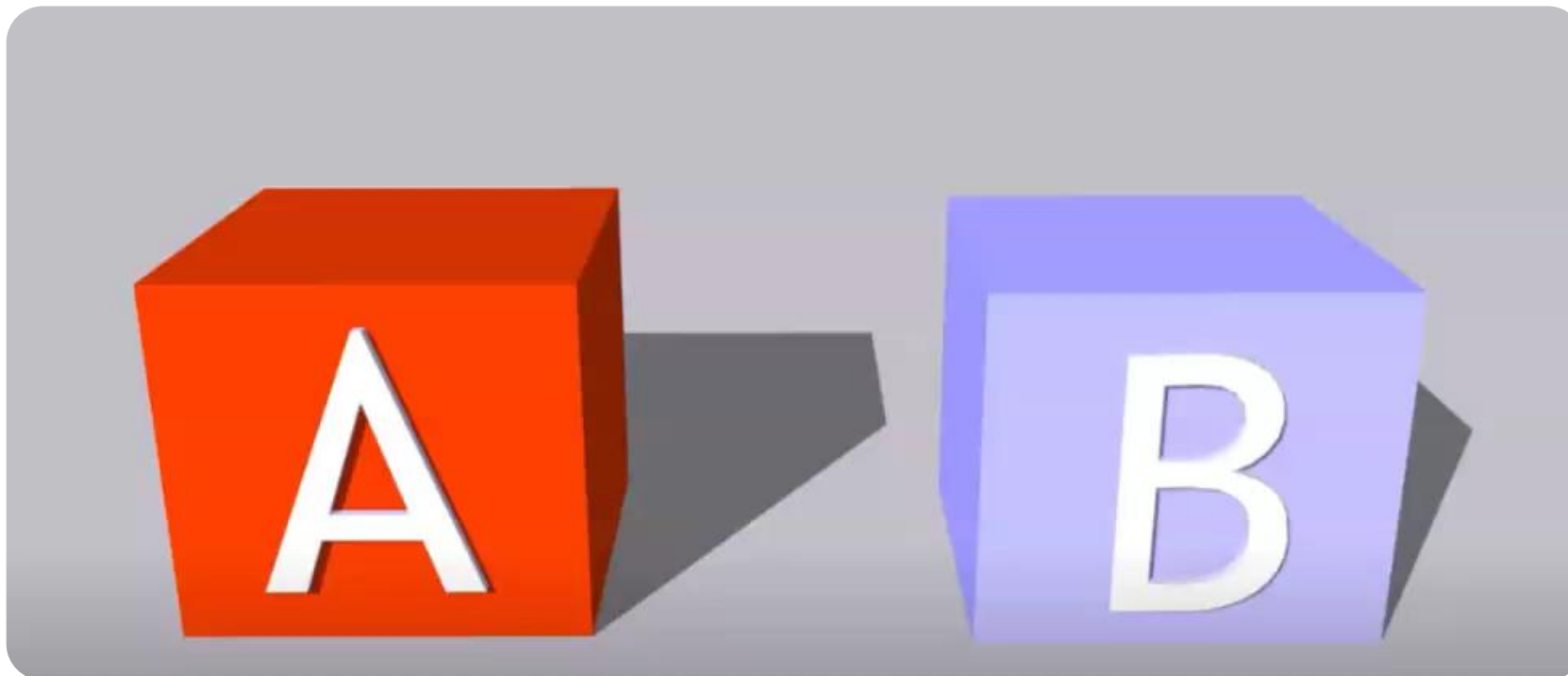
James Watt (1736-1819)



O Joule é energia, o Watt é energia por segundo

# Calor

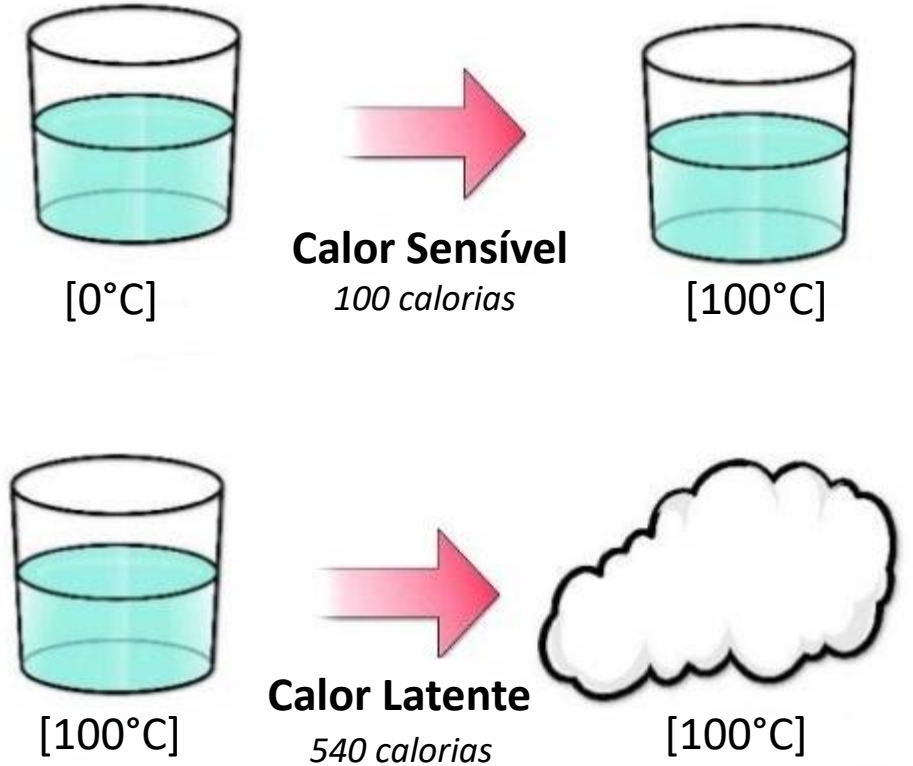
- O calor é a energia que é transferida de um corpo para o outro, como um resultado da diferença de temperatura, e pode ser expresso em joules (J), unidade do SI.
- De acordo com a 2ª Lei da Termodinâmica, **a transferência de energia ocorre sempre do corpo de maior temperatura (A), para o de menor temperatura (B).**



# Calor

- **Calor Sensível:** É o calor que causa a alteração de temperatura num objeto (Ex: energia necessário para aumentar a temperatura da água).
- **Calor Latente:** É o calor que causa a alteração do estado sem alteração da temperatura (Ex: calor necessário para que uma determinada massa de água passe do estado líquido para o gasoso)
- **Calor Específico:** É o calor necessário para elevar a temperatura de 1 grama de uma substância em 1 °C. O calor específico da água é de 1 caloria.

*Para elevar a temperatura de 1 grama de água em 100°C necessitamos de fornecer à água 100 calorias, enquanto que para passar 1 grama de água a 100°C do estado líquido para o gasoso necessitamos de 540 calorias! É necessário muito mais calor para a mudança de fase do fluido.*



**Exemplo 1** – Um depósito de 100 litros tem água a uma temperatura de 10 °C.

**Cp, água = 1 (cal/g °C) ; 1 kcal = 4,185 kJ**

- a) Qual a energia necessária para aquecer toda a água do depósito a 60°C? Considere a densidade da água 1000 kg/m<sup>3</sup>.

**Solução:**

1º passo: 100 l = 100 kg

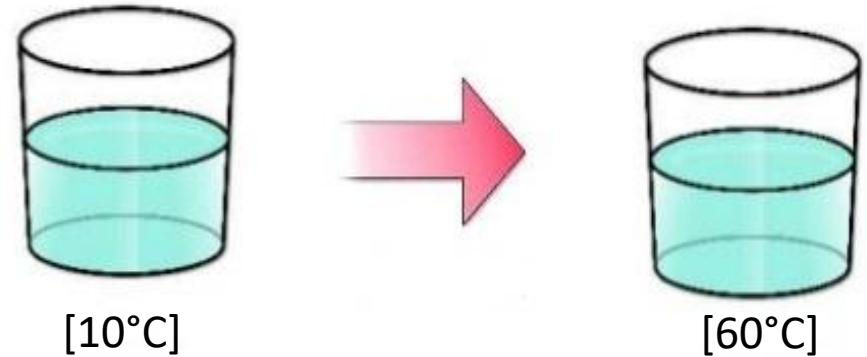
2º passo: Calorias (1 cal/g°C) x 100 000 g \* 50°C = 5 000 000 calorias = 5 000 kcal

3º passo: 5 000 \* 4,184 kJ = 20 920 kJ

- b) Quanto tempo demora um equipamento de 12 kW na potência máxima para aquecer a água?

**Solução:**

1º passo: 12 kW = 12 kJ/s  
2º passo: 20 920 kJ / 12 (kJ/s) = 1743 s = (1743 / 3600) h = 0,48h = 29 min



# Formas de Calor

## Condução



Transporte de energia por contacto direto

## Convecção



Transporte de energia através do movimento de um fluido

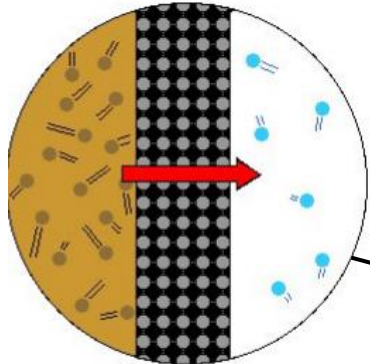
## Radiação



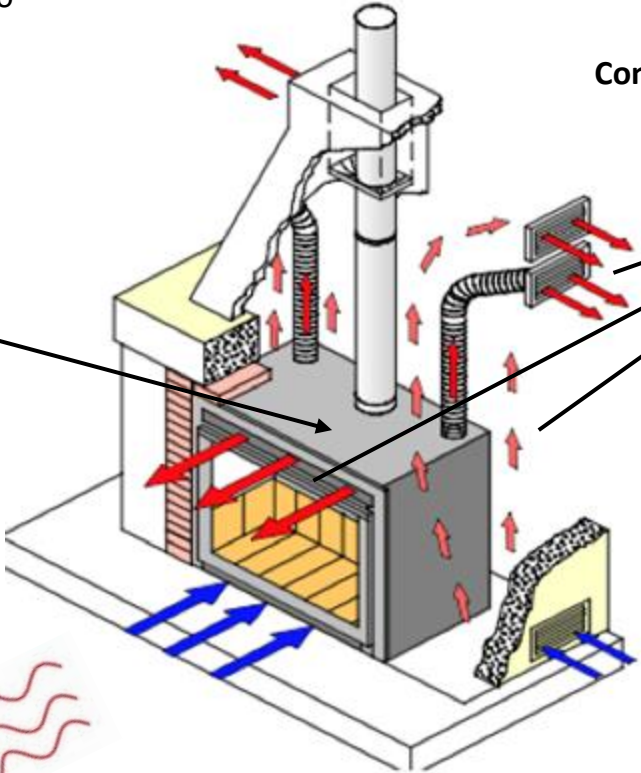
Transporte de energia sob a forma de ondas eletromagnéticas

# Formas de Calor

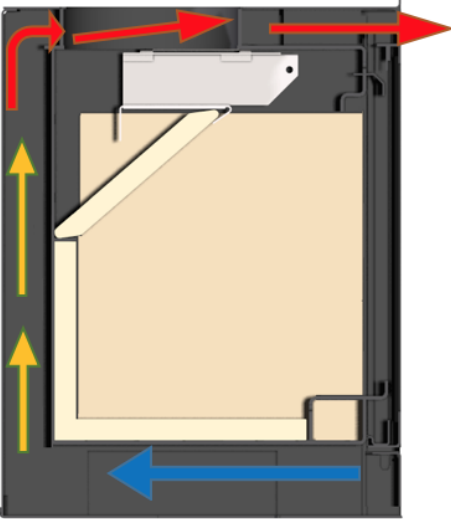
**Condução** - através da chapa do recuperador



**Convecção** - através das grelhas, ventilador e por diferença de densidade



**Radiação** - através de ondas eletromagnéticas (vidro, chapa)



© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

# Poder Calorífico

- **Poder Calorífico Superior (PCS):** É o poder calorífico potencial do combustível. Se houvesse condensação de toda a água evaporada no processo de combustão, seria o somatório da energia libertada na forma de calor e a energia obtida com a condensação.
- **Poder Calorífico Inferior (PCI):** É o poder calorífico real do combustível. Numa combustão de biomassa, devido às elevadas temperaturas e à presença de água, ainda que em pouca percentagem, vai haver sempre uma perda de parte da energia interna, que é usada no processo de evaporação da água, chamada entalpia de vaporização.



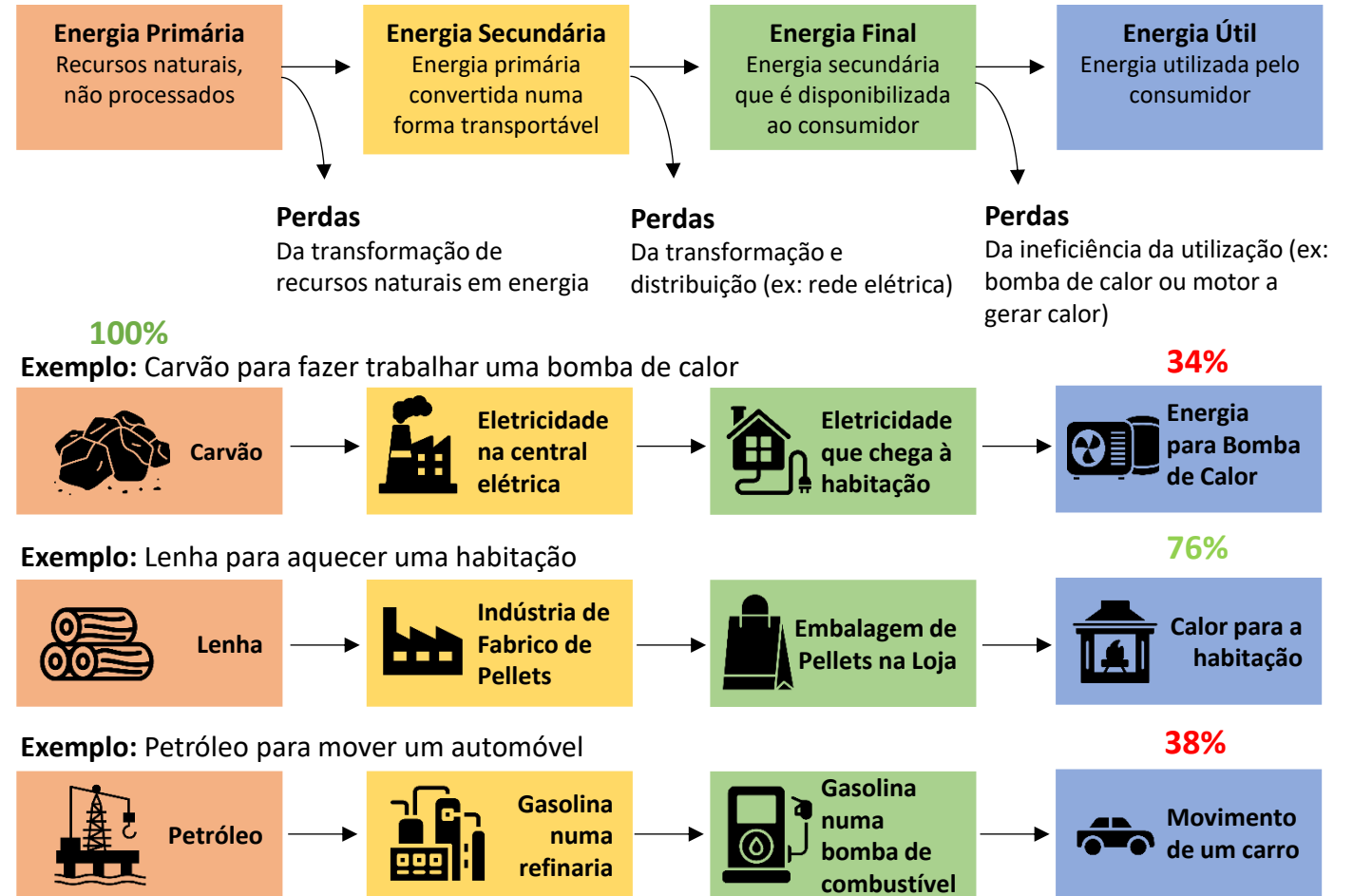
$$PCI = PCS - \left( \frac{m_{H_2O}}{m_f} \right) h_{fg}$$

O PCI da lenha é de aproximadamente 4 kWh/kg, enquanto que o do pellet é de 5 kWh/kg

# Eficiência Energética

- A eficiência de um sistema caracteriza a capacidade de converter **inputs** em **outputs**
- No ramo da energia, a eficiência total trata a conversão de **energia primária** (input) em **energia útil** (output).
- Existem perdas de energia durante os processos de transformação e distribuição.
- Ao consumidor final interessa mais a eficiência de utilização uma vez que deseja usufruir ao máximo da energia pela qual pagou.

$$\eta (\%) = \frac{\text{Energia Útil}}{\text{Energia Final}} \times 100$$



# Eficiência Energética

**Exemplo 1** – Um cliente adquiriu uma caldeira de 32 kW para aquecer a sua habitação.

$\eta_{\text{caldeira}} (\%) = 91,7\%$  ; PCI (pellet) = 5 kWh/kg; 1 saco = 15kg

- a) Quantos sacos de pellets precisa de consumir por dia, tendo em conta uma utilização diária de 8 horas à potência máxima?

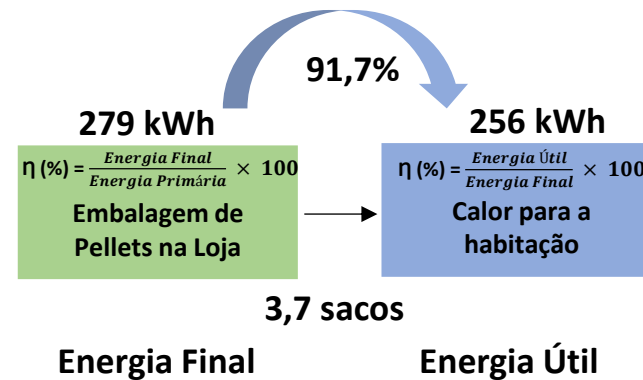
**Solução:**

1º passo: E útil = 32 kW x 8h = 256 kWh

2º passo: E final = 256 kWh / 0,917 = 279 kWh

3º passo: Pellet = 279 kWh / 5 (kWh/kg) = 56 kg

4º passo: 56 kg / (15 kg/saco) = 3,7 sacos !

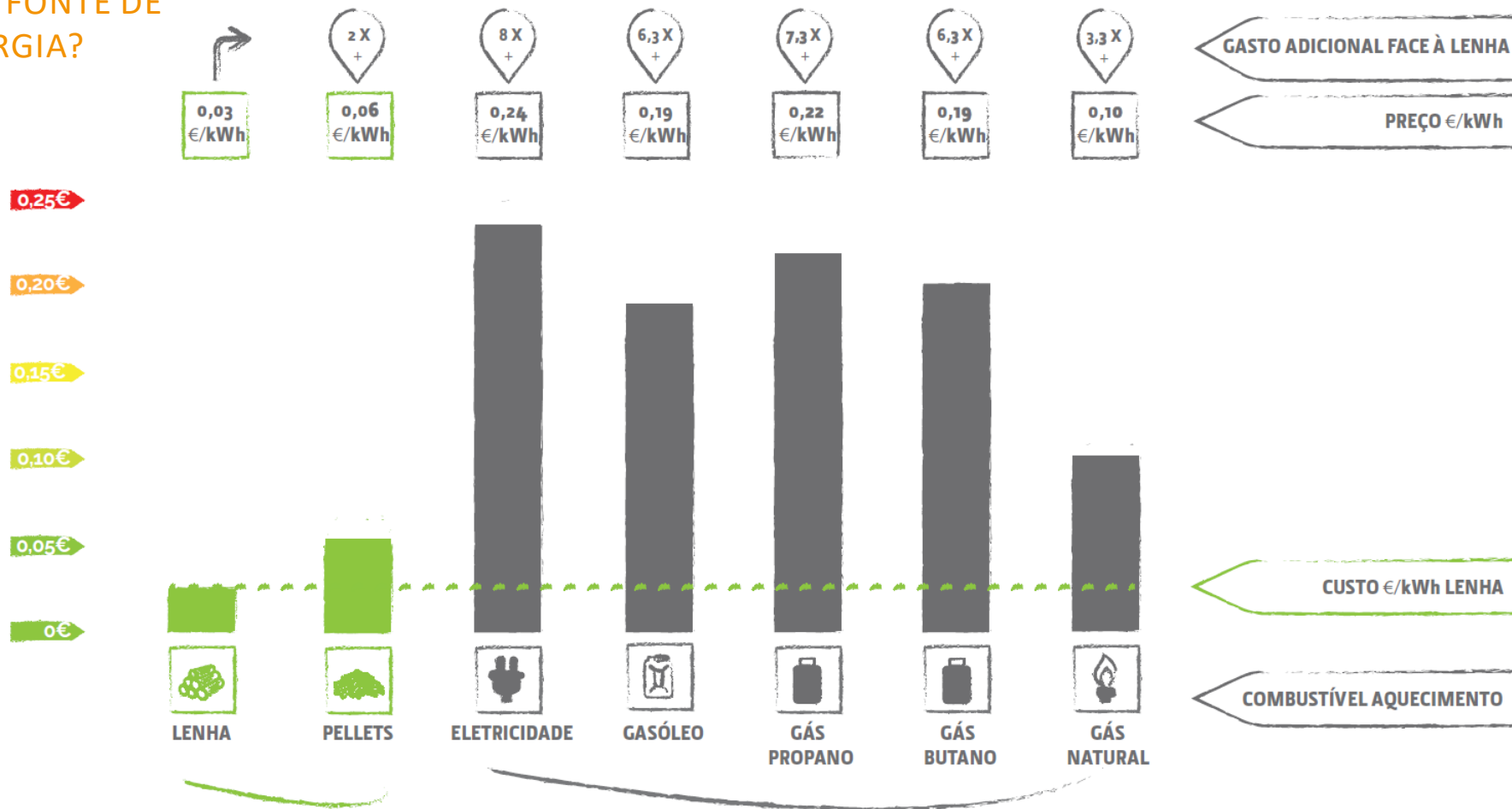


$$\eta (\%) = \frac{\text{Energia Útil}}{\text{Energia Final}} \times 100$$

# Eficiência Energética



QUE FONTE DE ENERGIA?



Fonte: ERSE, DGEG e Mercado - Preços relativos ao 3º Trimestre de 2024

© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

# Eficiência Energética

**Exemplo 2:** Se um cliente gastar 1500 € por ano com uma caldeira de condensação a gásóleo, quanto pode poupar utilizando uma caldeira a pellets ou um recuperador de calor a lenha? Considerar  $\eta_{\text{gasóleo}} = 98\%$  ;  $\eta_{\text{pellets}} = 91\%$  ;  $\eta_{\text{lenha}} = 80\%$

## Solução:

**Energia gasta** =  $(1500\text{€}/\text{ano}) / 0,19\text{€/kWh} = 7895 \text{ kWh}/\text{ano}$

**Energia teórica** =  $7895 \times 98\% = 7737 \text{ kWh}/\text{ano}$

**€,Pellets** =  $(7737 \text{ kWh}/\text{ano} \times 0,06 \text{ €/kWh}) / 91\% = 510 \text{ €/ano}$

Podemos poupar  $1500 \text{ €} - 510 \text{ €} = 990 \text{ €/ano}$  (caldeira a pellets)

E se fosse lenha? Quanto pouparia?

**€,lenha** =  $(7737 \text{ kWh}/\text{ano} \times 0,03 \text{ €/kWh}) / 80\% = 290 \text{ €/ano}$

Podemos poupar  $1500 \text{ €} - 290 \text{ €} = 1210 \text{ €/ano}$  (recuperador a lenha)



Considerando consumos e custos de manutenção similares

# Pressão

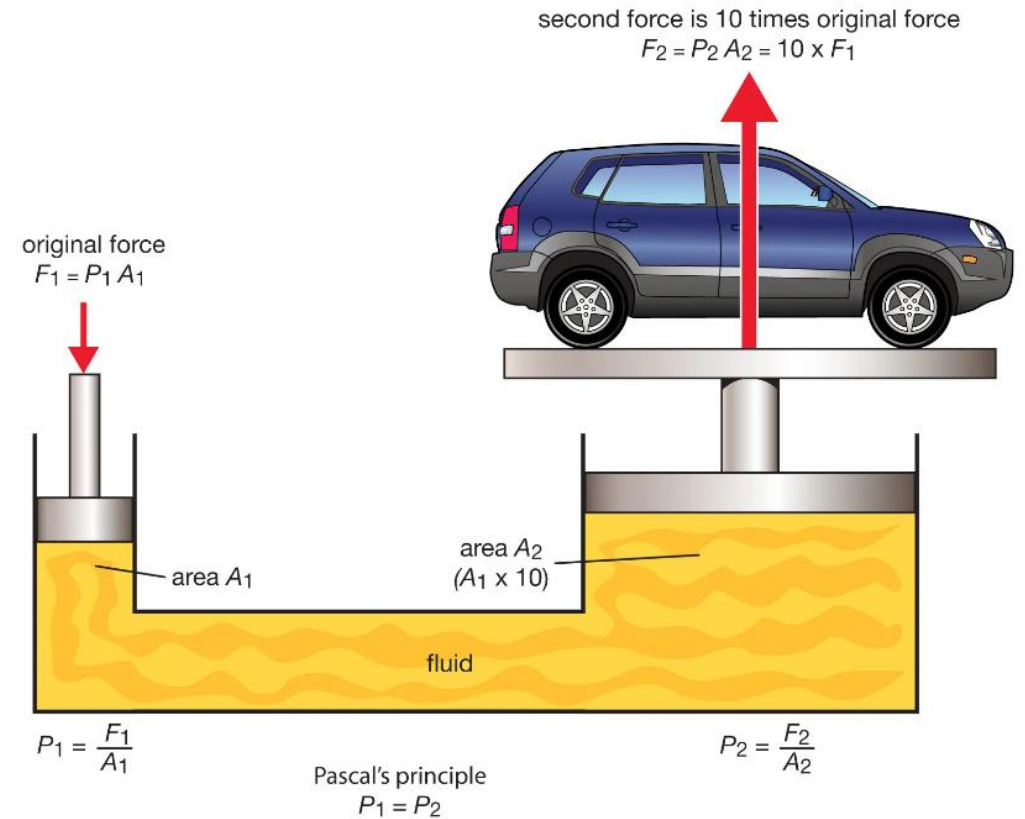
Blaise Pascal (1623-1662)



## Pascal (Pa)

Unidade de Energia do S.I.

*Blaise Pascal foi um físico, matemático e filósofo francês que formulou a Lei de Pascal, que estipula que uma variação de pressão exercida num fluido incompressível, em equilíbrio e num recipiente fechado, transmite-se uniformemente por todos os pontos do fluido e pelas paredes do recipiente.*



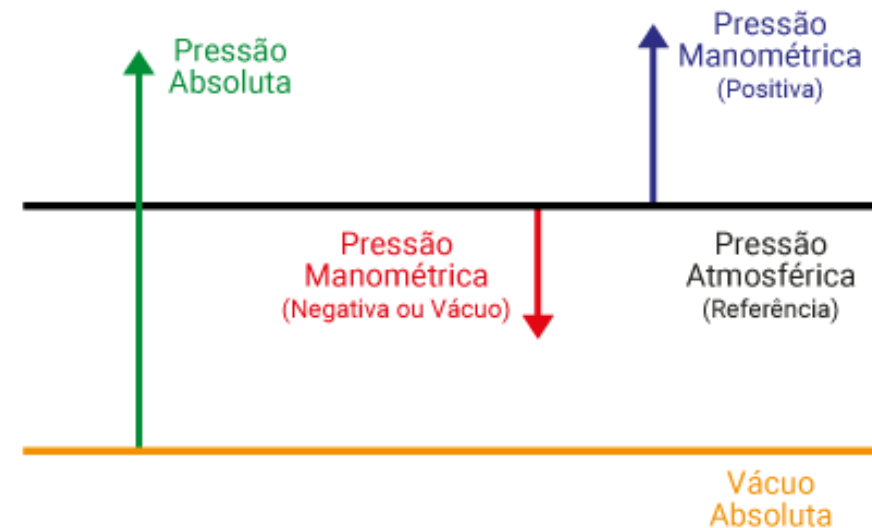
1 Pascal equivale a 1 Newton de força aplicado numa área de 1 m<sup>2</sup>

# Tipos de Pressão

- A **pressão atmosférica** é a pressão exercida pela atmosfera sobre a superfície, e portanto varia com a altitude do local. A pressão é tanto maior quanto mais perto estivermos do nível do mar (1 atm) e diminui à medida que a altitude aumenta.
- A **pressão manométrica** ou relativa é a diferença de pressão entre a área medida e o ambiente, logo é relativa à pressão atmosférica. Os **manómetros** medem a pressão manométrica.
- A **pressão absoluta** tem como referência a pressão zero (vácuo). É a soma da pressão manométrica com a pressão atmosférica.

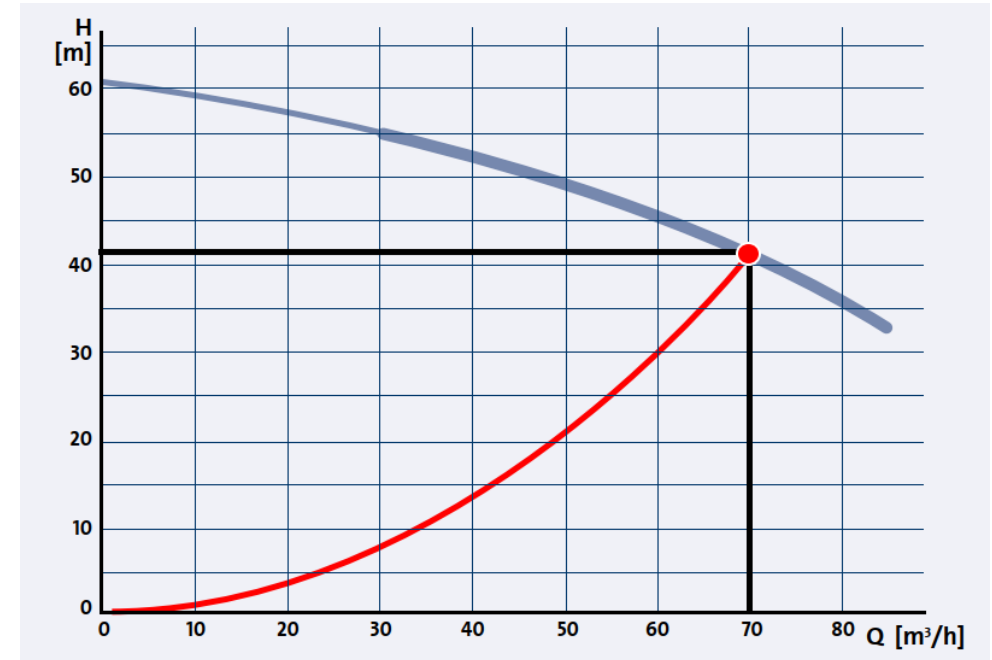


$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$



# Altura Manométrica

- A altura manométrica reflete a energia necessária para vencer uma determinada altura de fluido.
- É habitualmente expressa em mca (metros de coluna de água).
- As perdas de carga de uma instalação podem expressar-se por uma altura manométrica, o que ajuda por exemplo à seleção de bombas circuladoras, que para uma determinada altura manométrica oferecem um caudal específico.
- É necessário saber a perda de carga do sistema para escolher uma bomba que consiga oferecer o caudal desejado.



Curva Q-h para uma bomba circuladora

# Dimensionamento

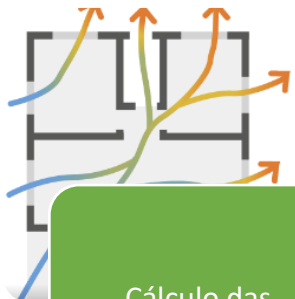


© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

# Processo de Dimensionamento



Levantamento de  
Necessidades  
Térmicas



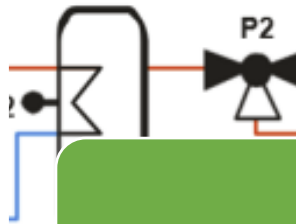
Cálculo das  
Necessidades  
Térmicas



Dimensionamento  
do Equipamento



Dimensionamento  
dos Periféricos



Controlo

© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt



# Tipo de Aquecimento

Levantamento  
de  
Necessidades



Cálculo das  
Necessidades



Cálculo da  
Potência

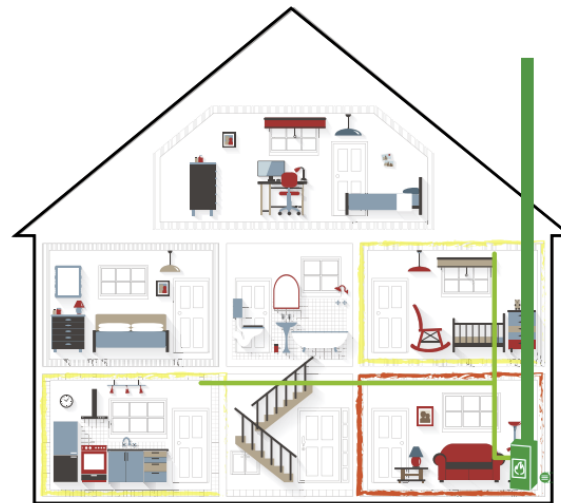


Cálculo dos  
Periféricos

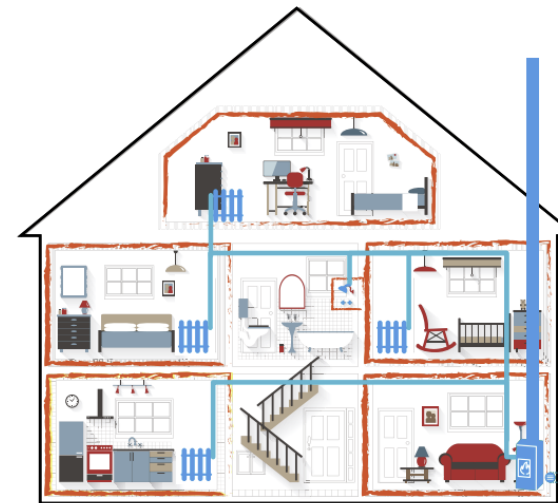


Controlo

- O **aquecimento local** é quando se pretende aquecer apenas uma divisão, o que se faz com **equipamentos a ar**, que insuflam ar quente para a divisão ou transferem calor através do corpo.
- O **aquecimento central** é quando se pretende aquecer várias divisões em simultâneo, o que se faz com **equipamentos a água**, que é circulada para radiadores ou piso radiante com a ajuda de uma bomba circuladora.

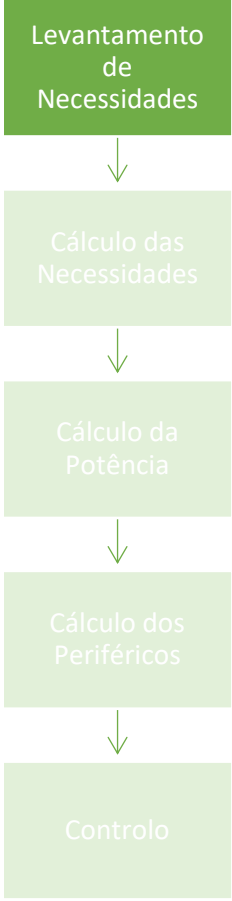


**1 DIVISÃO**  
AQUECIMENTO LOCAL



**MÚLTIPLAS DIVISÕES**  
AQUECIMENTO CENTRAL

# Tipo de Equipamento



© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

Já tem uma lareira existente que quer aproveitar?



**Recuperador**

Quer aproveitar o calor radiante do equipamento?



**Salamandra**

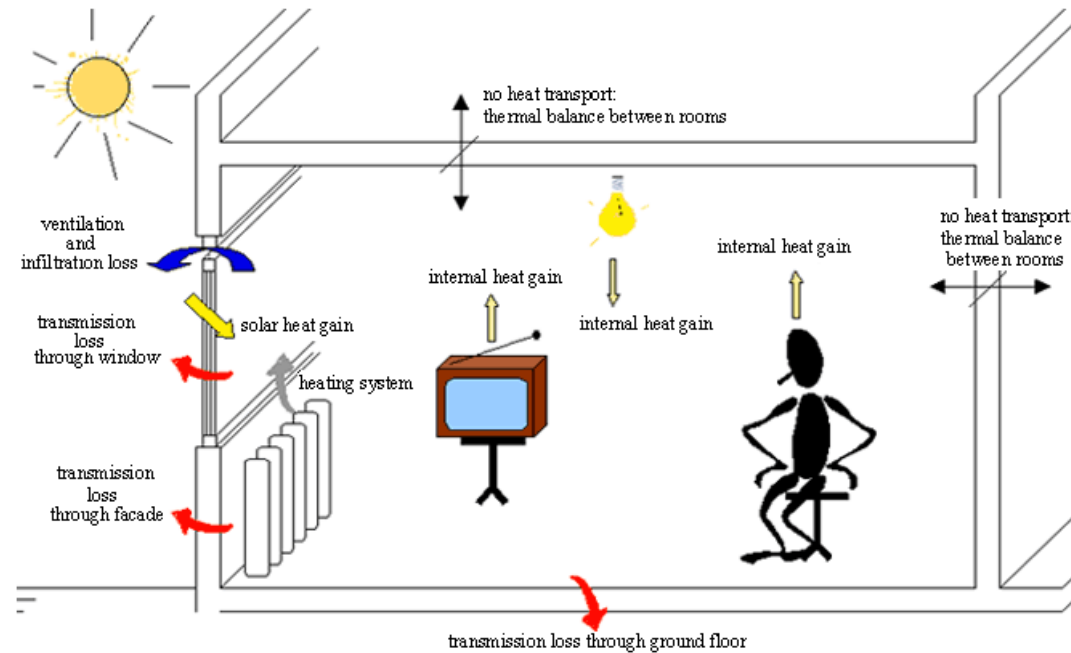
Pretende colocar o equipamento numa zona técnica?



**Caldeira**

# Cálculo das Necessidades

- O conhecimento das cargas térmicas dos locais a aquecer é um passo prévio para o dimensionamento da instalação. Este cálculo é complexo, moroso e resume-se num projeto térmico.
- A legislação nacional possui regulamentação que enquadra e contextualiza o cálculo das necessidades de aquecimento, que pode ser encontrada no **Manual SCE**, para efeitos do disposto nos nº 4 e 5 do artigo 4.º do **Decreto-Lei n.º 101-D/2020**.



Levantamento de Necessidades

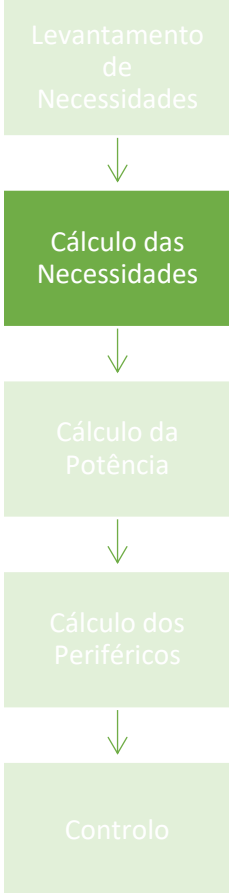
Cálculo das Necessidades

Cálculo da Potência

Cálculo dos Periféricos

Controlo

# Cálculo das Necessidades



- É possível e de forma mais simples, com base no histórico, experiência, graus de isolamento e heurísticas de projeto calcular as necessidades de aquecimento.
- O cálculo com base no coeficiente térmico possibilita determinar com um nível elevado de certeza a potência necessária para o aquecimento;
- Não obstante e como lógica de crescimentos futuros, pode prever-se um fator de segurança de 15%.

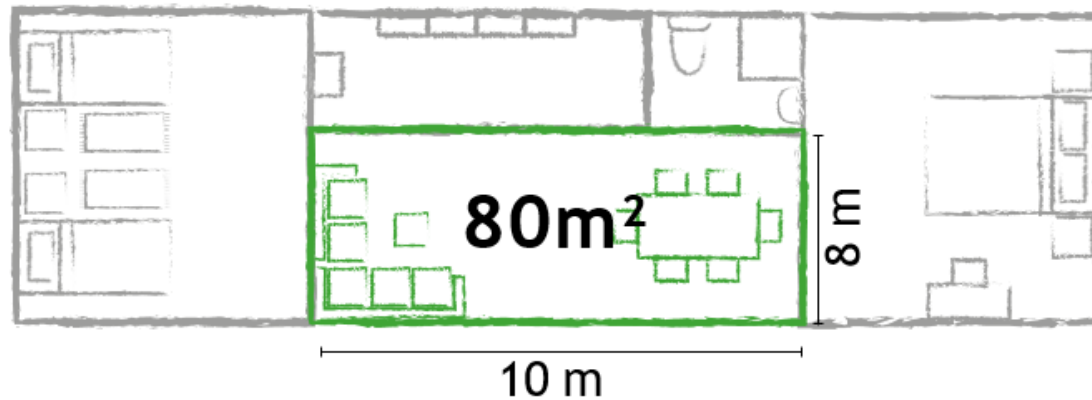
	ISOLAMENTO ALTO Casas novas ou no Litoral.	ISOLAMENTO MÉDIO Casas remodeladas ou no Litoral.	ISOLAMENTO BAIXO Casas antigas, na Montanha ou no Interior.	
Para Radiadores:	36W/m <sup>3</sup>	44W/m <sup>3</sup>	52W/m <sup>3</sup>	Sistemas de alta temperatura
Para Piso Radiante e Ventiladores:	28W/m <sup>3</sup>	32W/m <sup>3</sup>	36W/m <sup>3</sup>	Sistemas de baixa temperatura

$$\text{Potência (kW)} = \text{Coef. Térmico} \times \text{Área} \times \text{Pé Direito}$$

# Cálculo da Potência

Consoante o **coeficiente térmico** da habitação e o **volume** da(s) divisões(s) a aquecer deve determinar a potência do equipamento a adquirir.

- **Passo 1** – Qual a área a aquecer?



$$10\text{m} \times 8\text{m} = 80\text{m}^2$$

Levantamento  
de  
Necessidades



Cálculo das  
Necessidades



Cálculo da  
Potência



Cálculo dos  
Periféricos

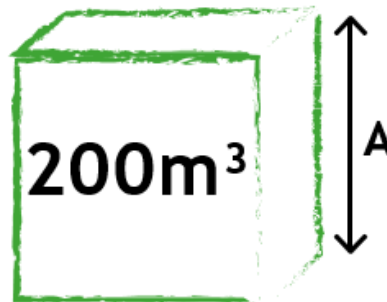


Controlo

# Cálculo da Potência

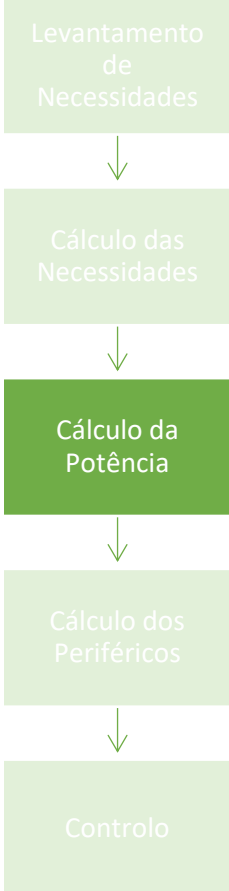
Consoante o **coeficiente térmico** da habitação e o **volume** da(s) divisões(s) a aquecer deve determinar a potência do equipamento a adquirir.

- **Passo 2** – Qual o volume a aquecer?



Para medir o volume (p.ex):

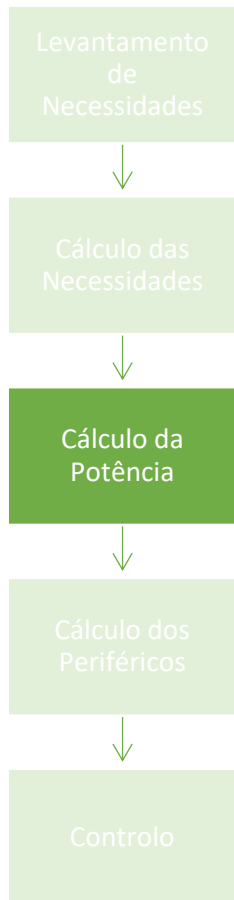
Área sala/habitação  $80\text{m}^2$  x Altura (A)  $2,50\text{ m} = 200\text{ m}^3$



# Cálculo da Potência

Consoante o **coeficiente térmico** da habitação e o **volume** da(s) divisões(s) a aquecer deve determinar a potência do equipamento a adquirir.

- **Passo 3** – Qual o coeficiente térmico?



**ISOLAMENTO ALTO**  
Casas novas ou no Litoral

**36W/m<sup>3</sup>**

**ISOLAMENTO MÉDIO**  
Casas remodeladas ou no Litoral

**44W/m<sup>3</sup>**

Coeficiente térmico

**ISOLAMENTO BAIXO**  
Casas Antigas, na Montanha ou no Interior

**52W/m<sup>3</sup>**

# Cálculo da Potência

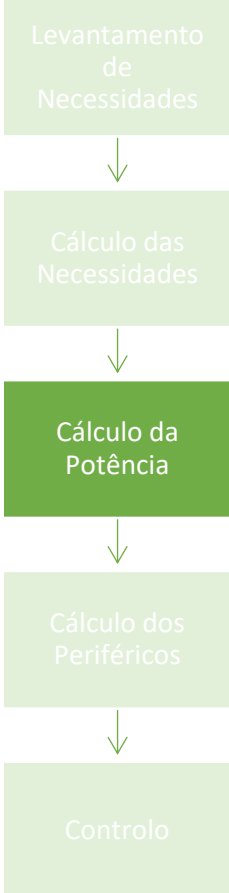
Consoante o **coeficiente térmico** da habitação e o **volume** da(s) divisões(s) a aquecer deve determinar a potência do equipamento a adquirir.

- **Passo 4** – Qual a potência do equipamento, tendo em conta um isolamento médio?

$$\text{Coef. Térmico } 44\text{W/m}^3 \times \text{Volume } 200\text{ m}^3 = 8\ 800\text{ W}$$

POTÊNCIA NECESSÁRIA  
PARA O EQUIPAMENTO:

**8,8 kW**

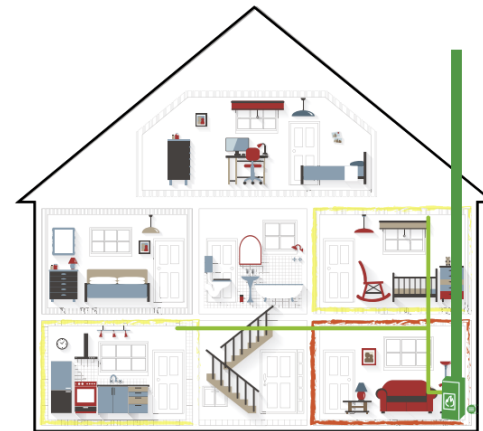


# Cálculo dos Periféricos

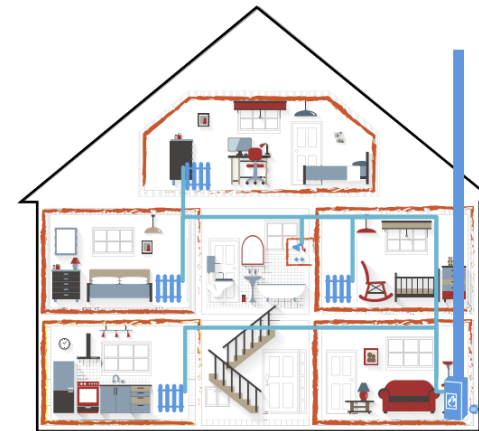
Nos separador anteriores vimos como se calcula a potência do equipamento, partindo do cálculo das necessidades.

Mas o cálculo não acaba aqui. Existem componentes e periféricos fundamentais à instalação, muitos dos quais devem ser **rigorosamente dimensionados** de acordo com a potência do equipamento, sendo os principais:

- Radiadores
- Piso Radiante
- Tubagem
- Depósito de Inércia
- Vaso de Expansão
- Tanque de AQS
- Bomba Circuladora
- Chaminé

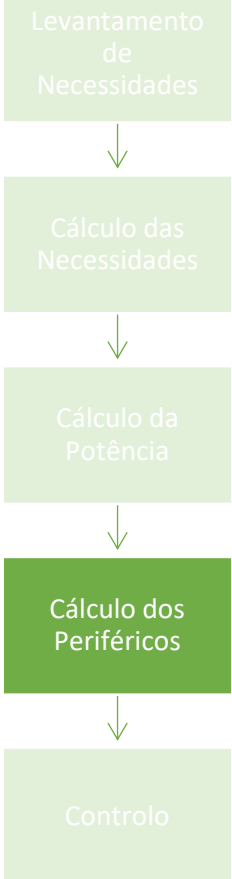


1 DIVISÃO  
AQUECIMENTO LOCAL

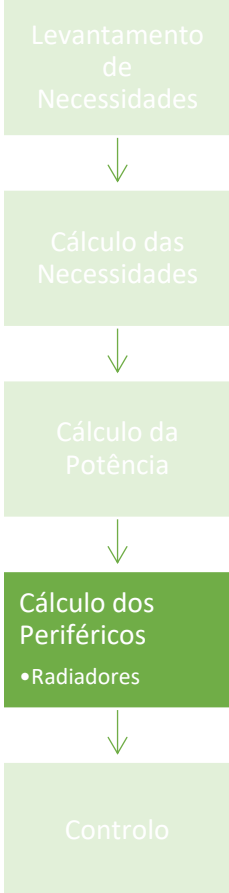


MÚLTIPLAS DIVISÕES  
AQUECIMENTO CENTRAL

A chaminé é o único periférico comum dos dois sistemas de aquecimento, sendo que todos os restantes dizem respeito ao aquecimento central.



# Radiadores



- A potência dissipada num sistema de aquecimento central a radiadores está limitada não só à **potência da fonte térmica**, mas também à **capacidade de dissipação dos radiadores**.
- A potência dissipada nos radiadores **depende essencialmente do  $\Delta T$  (diferencial térmico)**, mas também da distância entre eixos do radiador e material e pode ser encontrada nos catálogos do fabricante.
- **A temperatura de avanço** da fonte térmica é fator decisivo para a potência dissipada, uma vez que está **diretamente relacionada com o  $\Delta T$**  (diferencial térmico).
- Deve ter-se no máximo **12 elementos por radiador**.
- Acima dos 10 elementos deve efetuar-se a instalação com **retorno invertido**.



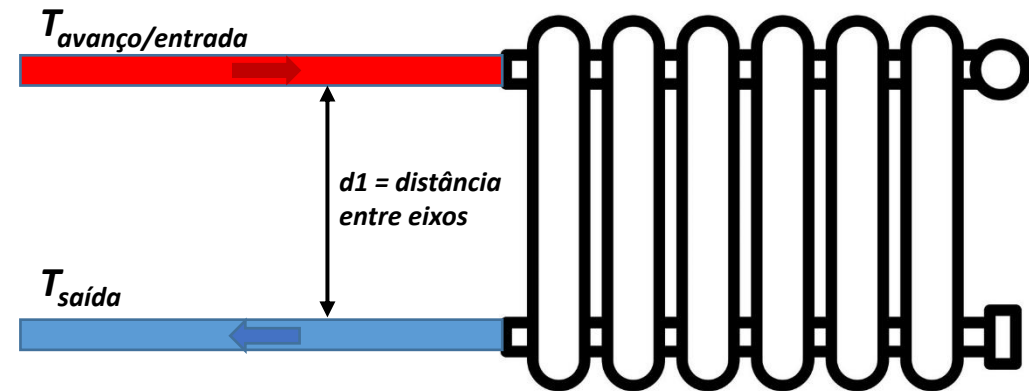
# Cálculo dos Radiadores

O  $\Delta T$  (diferencial de temperatura) é **definido de acordo com a Normativa Europeia EN 442**, sendo calculado da seguinte forma:

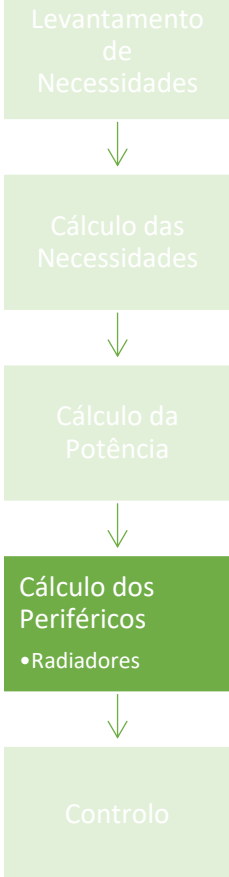
$$\Delta T_{EN\ 442} = T_{média_{radiador}} - T_{ambiente}$$

Em que:

$$T_{média_{radiador}} = \frac{T_{entrada} + T_{saída}}{2}$$



- A temperatura de entrada é a temperatura de avanço da fonte térmica, e varia consoante a potência do equipamento.
- A temperatura de saída pode considerar-se 10°C inferior à temperatura de entrada.



# Cálculo dos Radiadores

Exemplo de ficha técnica de um radiador:

Modelo		300	400	500	600	700	800	
Emissão	UNI 6514/87 (emissão $\Delta 60^\circ$ )	Watt	104	129	154	177	199	220
	EN 442 (emissão $\Delta 50^\circ$ )	Watt	82	102	121	139	156	172
Exponencial	"n"*		1,29	1,3	1,32	1,33	1,33	1,34
Dimensões	Altura (h2)	mm	378	478	578	678	778	878
	Profundidade (p)	mm	85	85	85	85	85	85
	Entre-eixos (h1)	mm	300	400	500	600	700	800

\*A exponencial "n" permite calcular a emissão de qualquer emissor de calor, para diferenças de temperatura diferentes das condições de ensaio.

Ex.: Emissão EL 600 (40°) = Emissão EL 600 (60°) x (40/60) n = 177 x (0,6667) 1,33 = 103 Watt

Nota: a emissão e a exponencial "n" são valores característicos de cada modelo de radiador, devendo ser consultados na tabela de dados técnicos,

- Para um  $\Delta T$  de 60°C, de acordo com uma temperatura ambiente de 20°C, necessito de uma temperatura de avanço de 85°C. Valor muito elevado, neste caso é aconselhável aumentar o nº de elementos e baixar a temperatura de avanço, aumentando a eficiência do sistema.
- Para um  $\Delta T$  não explícito no catálogo do fabricante, os mesmos disponibilizam uma fórmula de cálculo da potência para o  $\Delta T$  desejado. \*

Levantamento de Necessidades



Cálculo das Necessidades



Cálculo da Potência



Cálculo dos Periféricos  
• Radiadores



Controlo

# Cálculo dos Radiadores

**Exemplo 3** – Temos água com uma temperatura de avanço de 70°C e uma temperatura de saída de 60°C. A temperatura ambiente é de 20°C. Os radiadores são de 600 mm entre eixos. Qual a potência que podemos dissipar por elemento de radiador, de acordo com a seguinte ficha técnica?

Modelo		300	400	500	600	700	800	
Emissão	UNI 6514/87 (emissão Δ 60°)	Watt	104	129	154	177	199	220
	EN 442 (emissão Δ 50°)	Watt	82	102	121	139	156	172
Exponencial	"n"		1,29	1,3	1,32	1,33	1,33	1,34
Dimensões	Altura (h2)	mm	378	478	578	678	778	878
	Profundidade (p)	mm	85	85	85	85	85	85
	Entre-eixos (h1)	mm	300	400	500	600	700	800

\*A exponencial "n" permite calcular a emissão de qualquer emissor de calor, para diferenças de temperatura diferentes das condições de ensaio.  
Ex.: Emissão EL 600 (40°) = Emissão EL 600 (60°) x (40/60)<sup>n</sup> = 177 x (0,6667)<sup>1,33</sup> = 103 Watt

**Nota:** a emissão e a exponencial "n" são valores característicos de cada modelo de radiador, devendo ser consultados na tabela de dados técnicos.

**Solução:**

1º Passo:  $T_{média} = (70+60)/2 = 65°C$

2º Passo:  $\Delta T = 65°C - 20°C = 45°C$

3º Passo: Como o  $\Delta T$  de 45°C não está dentro das condições de ensaio do fabricante, deve ser calculado consoante a sua fórmula de cálculo. Para 600 mm entre eixos, a exponencial "n" é de 1,33, logo a Emissão EL 600 (45 °C) =  $177 * ((45/60)^{1,33}) = 121W$

Levantamento de Necessidades



Cálculo das Necessidades



Cálculo da Potência



Cálculo dos Periféricos  
• Radiadores



Controlo

# Cálculo dos Radiadores

**Exemplo 4** – De acordo com o exemplo anterior, para a potência calculada de 121 W por cada elemento de radiador, quantos elementos e radiadores devemos colocar para aquecer um volume de 500 m<sup>3</sup> de uma casa nova e bem isolada?



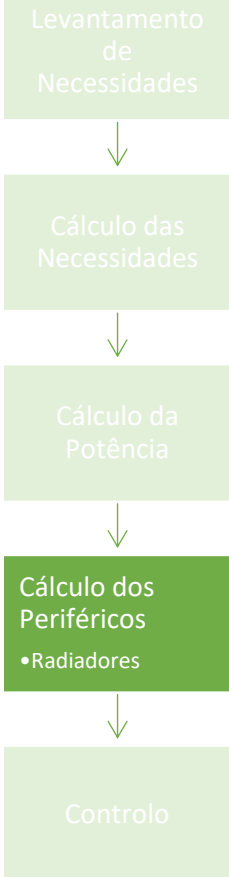
  
**ISOLAMENTO ALTO**  
Casas novas ou no Litoral  
Coef. Térmico = 36 W/m<sup>3</sup>

**Solução:**

1º Passo: Potência Instalação = Volume x Coef. Térmico = 500 m<sup>3</sup> x 36 w/m<sup>3</sup> x 1.15 = 20 700 W = 20,7 kW

2º Passo: Nº de elementos = Potência Instalação / Potência Elemento = 20 700 W / 121 W = 171 elementos.

3º Passo: Nº máximo de elementos/radiador = 12. Logo, 171 / 12 = 15 radiadores no mínimo.



# Tubagem

Perdas de carga, tubagem de água

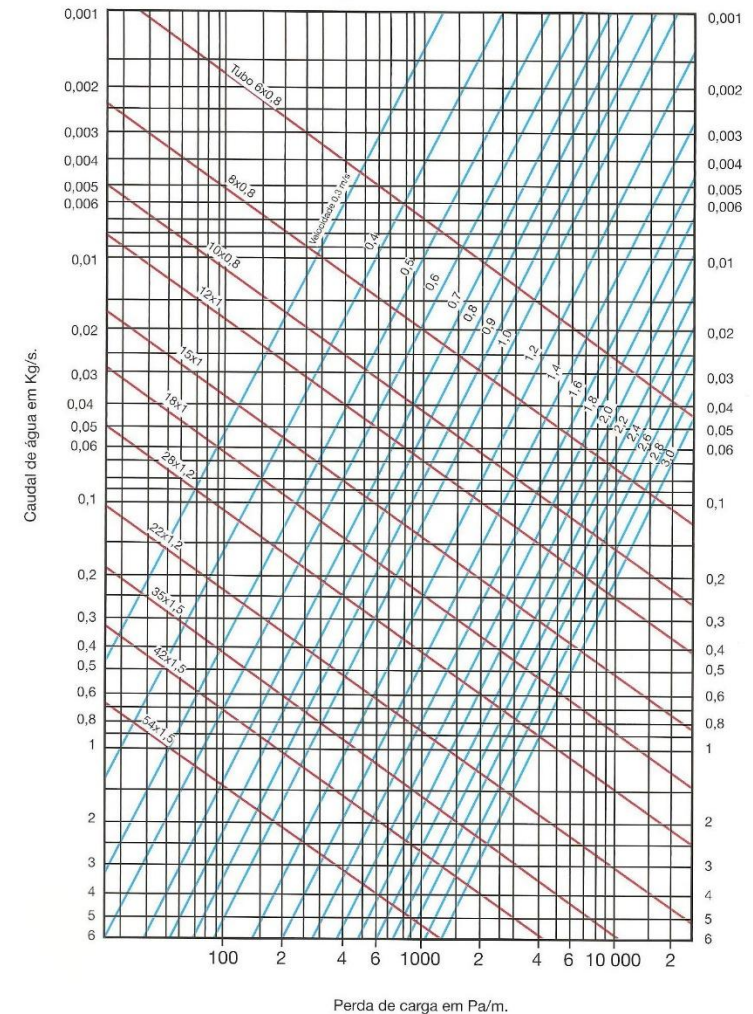
- Em aquecimento central e para efeitos de cálculo do caudal de água, são recomendados diferenciais de temperatura ( $\Delta T$ ) entre a ida e o retorno de 10°C. Para calcular o caudal de um determinado ramal utilizamos a **equação do calor sensível**:

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c_p \times \Delta T$$

↓ **POTÊNCIA**   
 ↓ **CAUDAL**   
 ↓ **CALOR ESPECÍFICO**   
 ↓ **DELTA T**

- Em sistemas de aquecimento central a biomassa, o cobre é um material recomendado para a distribuição de calor, visto que é termorresistente, fácil de trabalhar e nobre (face ao potencial de redução).
- A tubagem deve ser dimensionada em função do caudal, tendo em conta valores limite recomendados de perdas de carga (300 Pa/m) e de velocidade da água (1 m/s - especialmente em tubagens metálicas).

Tubagem de cobre



Nota: Estas curvas são orientativas e são dadas para uma pré-seleção rápida, mas não substituem as indicações do fabricante da tubagem.

# Tubagem

De forma mais intuitiva é possível recorrer a tabelas heurísticas:

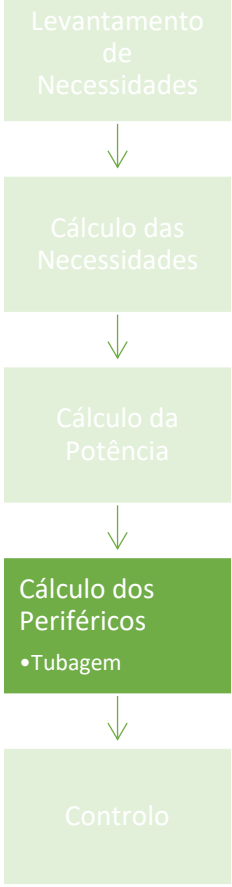
Diâmetro exterior da tubagem	Tipo de tubagem		
	Cobre (mm)	PEX (mm)	Aço (polegada)
	12	12	3/8"
	15	16	1/2"
	18	20	3/4"
	22	25	1"
	28	32	1 1/4"
	35	40	1 1/2"
	42	50	1 1/2" a 2"
	54	63	2"

Intervalo de potência que cada diâmetro tem capacidade de satisfazer.							
kW				kcal			
Até			1,74	Até			1500
De	1,74	a	3,6	De	1500	a	3100
De	3,6	a	5,8	De	3100	a	5000
De	5,80	a	11	De	5000	a	9500
De	11	a	20,5	De	9500	a	17600
De	20,5	a	38,4	De	17600	a	33000
De	38,4	a	60	De	33000	a	51820
De	60	a	90	De	51820	a	77400

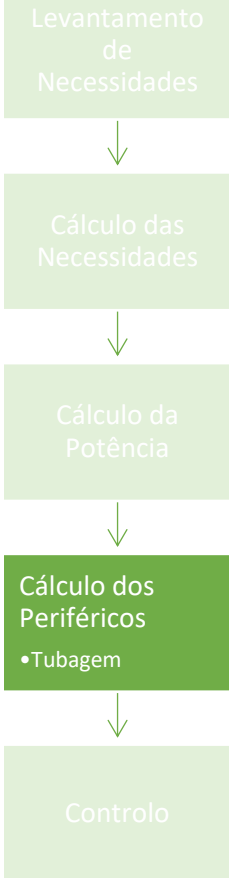
Nota: O diâmetro de cada ramal de tubagem é dimensionado de acordo com a potência instalada nos radiadores/toalheiros nesse ramal.

No sentido de calcular a perda de carga total a vencer é essencial que sejam calculadas as perdas de carga em todos os acidentes de percurso (ex: válvulas, curvas, serpentinas, entre outros). De forma grosseira, podemos considerar um incremento de 30% nas perdas de carga calculadas por metro.



© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

# Cálculo da Tubagem



**Exemplo 5** – Calcule o caudal necessário ao fornecimento de 20,7 kW à instalação?

(Cp, água = 4,184 Kj/kg°C ; ΔT = 10°C)

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c_p \times \Delta T$$

**Solução:**

1º Passo:  $20,7 \text{ kW} = \dot{m} \times (4,184 \text{ Kj/kg}^\circ\text{C}) \times 10^\circ\text{C} \Leftrightarrow 20,7 \text{ kW} = \dot{m} \times 41,84 \text{ kJ/kg} \Leftrightarrow \dot{m} = (20,7 \text{ kJ/s}) / (41,84 \text{ kJ/kg}) = 0,5 \text{ kg/s}$

**Exemplo 6** – Para uma velocidade máxima admissível de 1 m/s, qual o diâmetro do tubo a colocar, em mm?

$$\dot{m} = v \times A$$

$$A = \pi \times r^2$$

**Solução:**

1º Passo:  $Q = V \times A \Leftrightarrow 0,5 \text{ kg/s} = 1 \text{ m/s} \times A \Leftrightarrow A = (0,5 \text{ kg/s}) / (1 \text{ m/s}) \times (1\text{m}^3 / 1000 \text{ kg}) = 0,0005 \text{ m}^2$

2º Passo:  $A = \pi \times r^2 \Leftrightarrow 500 \text{ mm}^2 / \pi = r^2 \Leftrightarrow r = 12,616 \text{ mm}$

3º Passo:  $d = 2 \times r = 2 \times 12,616 \text{ mm} = 25 \text{ mm}$

# Cálculo da Tubagem

Perdas de carga, tubagem de água

**Exemplo 7** – Recorrendo ao ábaco, verifique se para o caudal e velocidade pretendidas, se deve manter o diâmetro de tubo do exemplo anterior. Caso deva ser alterado, qual deverá ser o diâmetro a selecionar, e qual a velocidade?

(material: cobre; caudal = 0,5 kg/s; velocidade máx: 1 m/s; Pa/m máxima: 300 Pa/m)

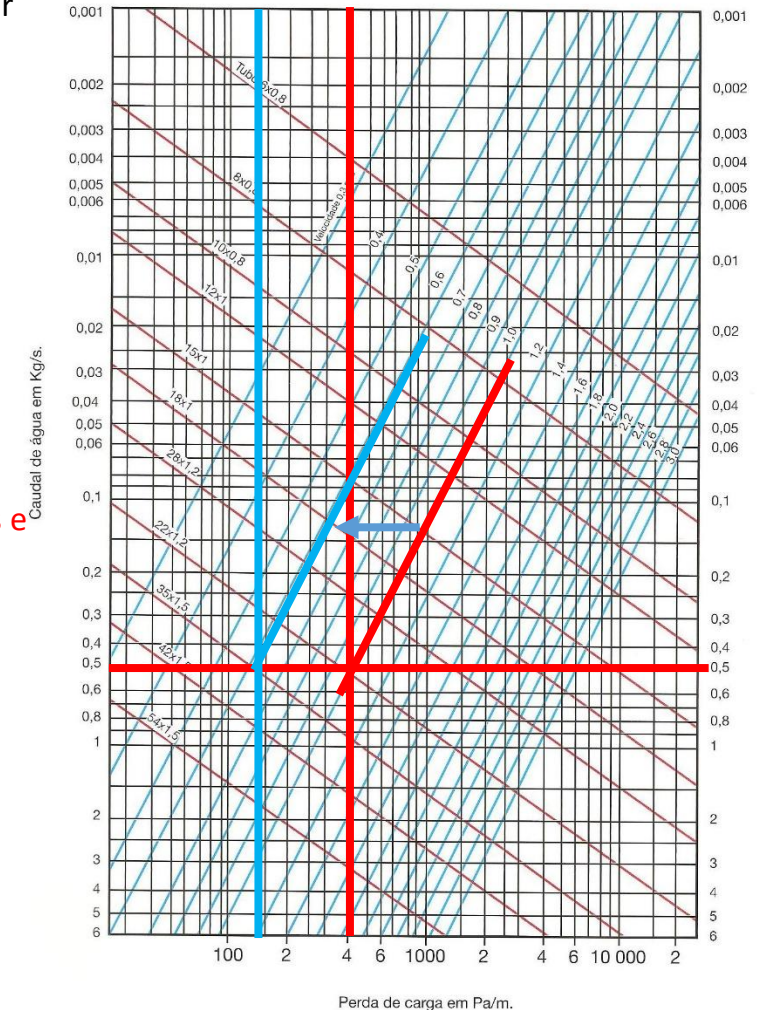
**Solução:**

Tubo = 35mm  
Velocidade = 0,6 m/s  
Pa/m = 140 Pa/m

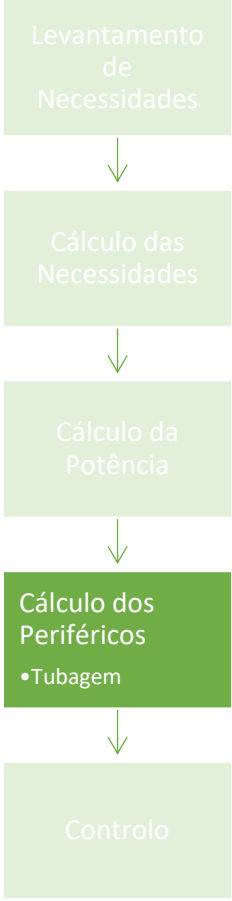
Podia ter sido selecionado o tubo de 25mm, no entanto iríamos ter uma velocidade de 1m/s e uma perda de carga de 400Pa /m (fora do admissível).

É melhor escolher o tubo do diâmetro seguinte (35mm) pois a perda de carga reduz-se para mais de metade e a velocidade para 0,6 m/s. Apesar do caudal ser o mesmo, não vamos necessitar de uma bomba tão potente e não teremos ruído na instalação.

Tubagem de cobre



Nota: Estas curvas são orientativas e são dadas para uma pré-seleção rápida, mas não substituem as indicações do fabricante da tubagem.



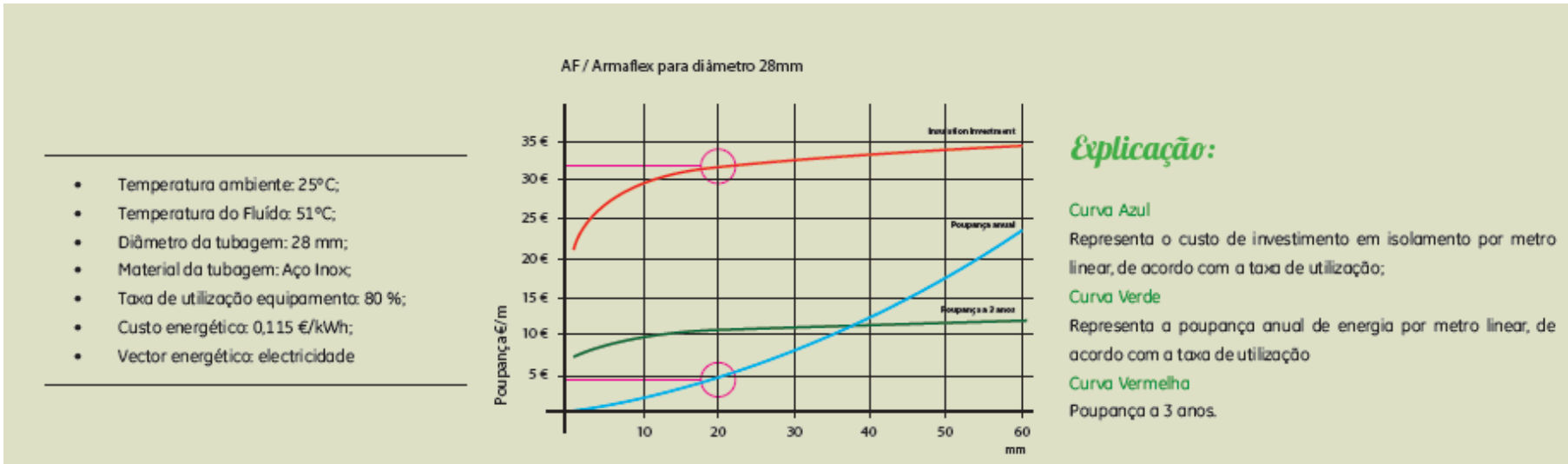
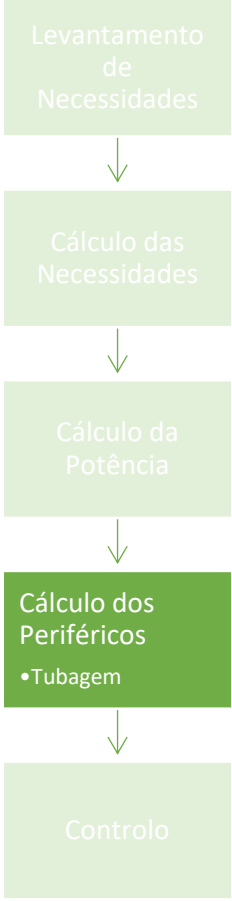
© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

# Isolamento

- O **isolamento térmico** da tubagem é um elemento essencial para garantir uma **maior eficiência térmica** e **diminuir fenómenos de condensação** que podem originar a médio prazo corrosão e desgaste prematuro dos componentes dos equipamentos a biomassa.
- A tabela ao lado (fonte: antigo RSECE), define qual deve ser o isolamento da tubagem em função da temperatura do fluido.

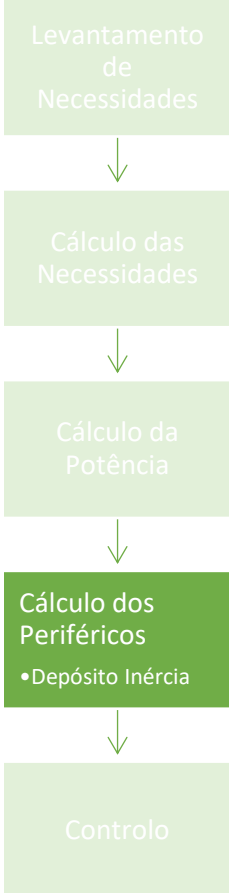
Diâmetro exterior (em milímetros)	Temperatura do fluido (em graus centígrados)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D \leq 35$ .....	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$ .....	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$ .....	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$ .....	30	40	50	50
$140 < D$ .....	30	40	50	60

© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

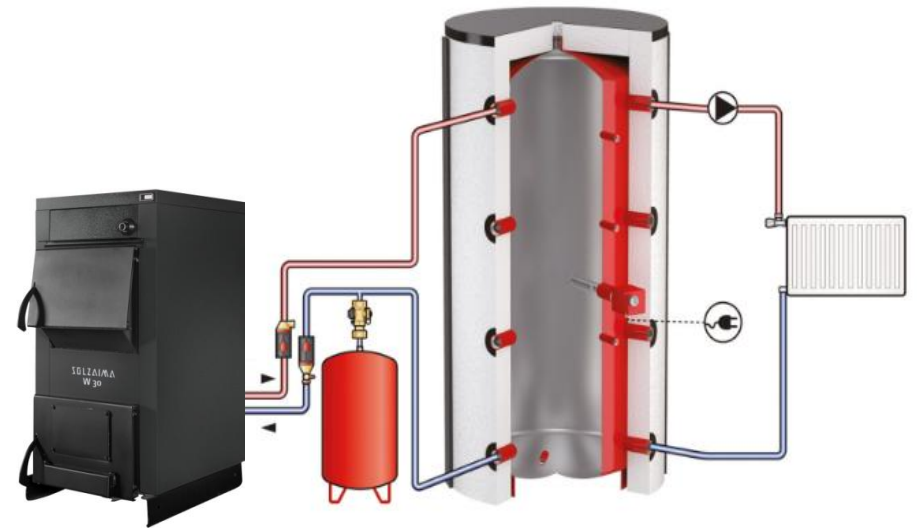


- Temperatura ambiente: 25°C;
- Temperatura do Fluido: 51°C;
- Diâmetro da tubagem: 28 mm;
- Material da tubagem: Aço Inox;
- Taxa de utilização equipamento: 80 %;
- Custo energética: 0,115 €/kWh;
- Vector energética: electricidade

# Depósito de Inércia

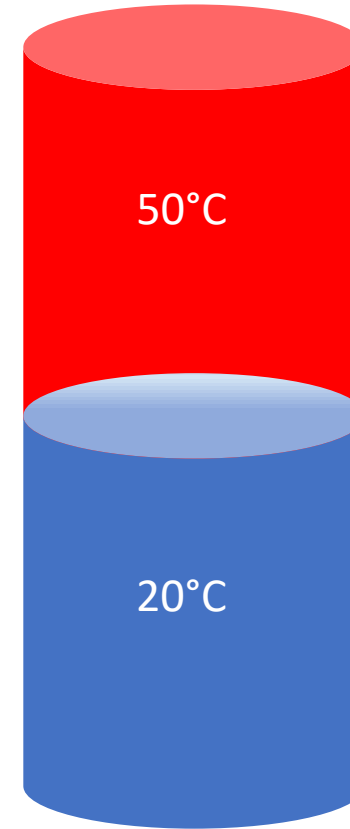
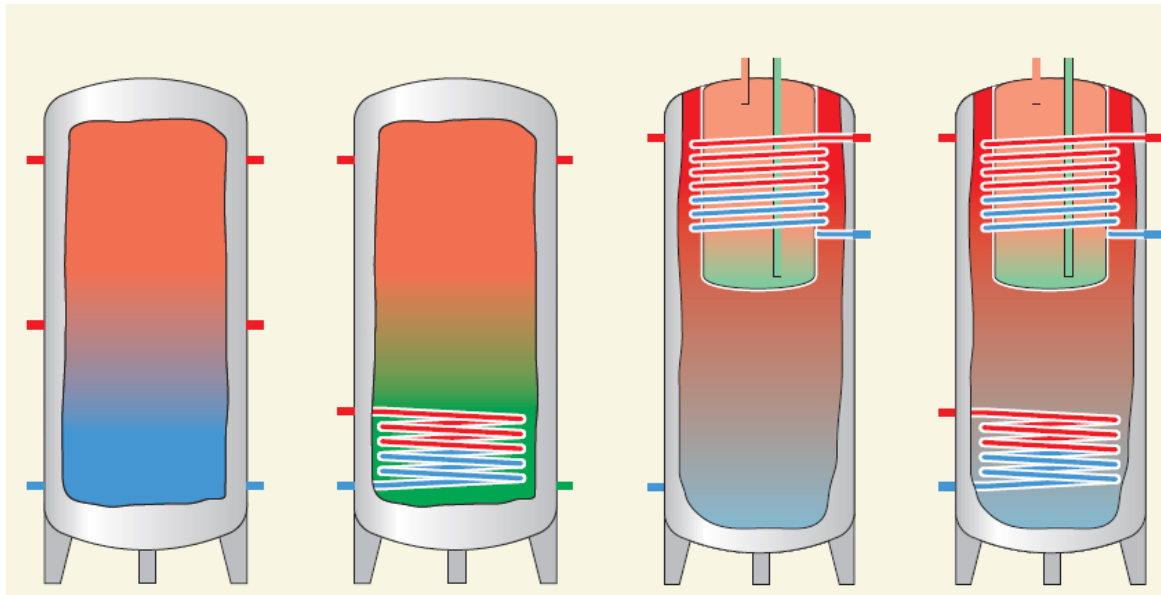


- Permite armazenar energia, o que **diminui a inércia** do sistema de aquecimento.
- Promove uma **poupança energética** significativa ao armazenar a energia em excesso que já não é necessária.
- Contribui para regimes de funcionamento ideais que **umentam a eficiência, produtividade e saúde da fonte térmica e instalação**, reduzindo ciclos de on/off.
- **Oferece segurança à instalação** contra excessos de temperatura, em caso de não dissipação de energia (ex: radiadores fechados).
- **Elimina problemas associados a um sobredimensionamento da fonte térmica** em relação à instalação, criando uma separação dos circuitos.
- Ajuda a evitar condensações nas caldeiras e permite compatibilizar soluções de fontes térmicas distintas.
- Os sistemas de aquecimento a lenha beneficiam muito do seu uso, e **deve ser obrigatória a sua colocação**.



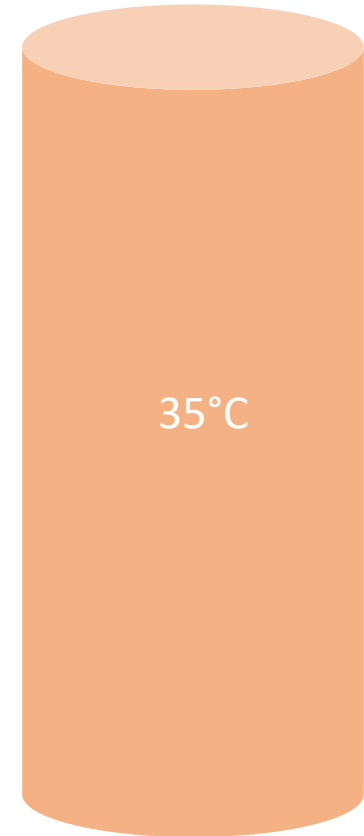
# Depósito de Inércia

- A **estratificação** é bastante importante para a satisfação do cliente. De acordo com o exemplo ao lado, ainda que a energia contida nos 2 depósitos seja a mesma, o dono da 1ª instalação fica satisfeito pois tomará vários banhos quentes e o dono da 2ª descontente porque irá ter de utilizar o apoio convencional.
- Existem diversas configurações de depósitos, que variam consoante as necessidades e esquema hidráulico desejado.

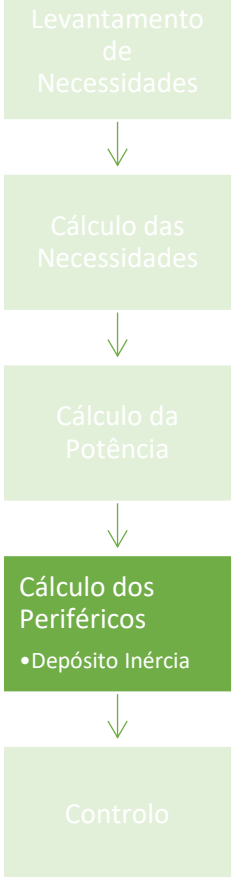


Depósito de Inércia Bem Estratificado

=



Depósito de Inércia Totalmente Misturado



# Cálculo do Depósito de Inércia

O dimensionamento do DI é efetuado a partir da seguinte fórmula, presente na Norma Europeia EN 303-5:

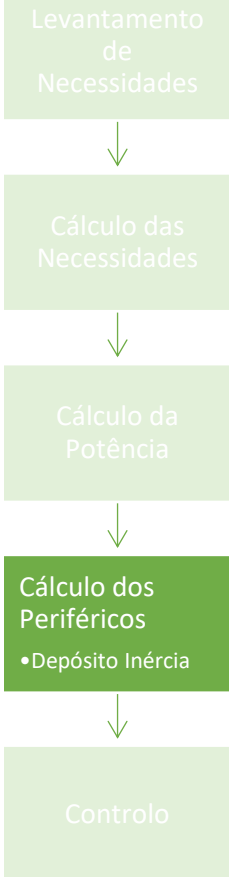
$$VSP = 15 \times TB \times QN \times (1 - 0,3 \times QH / Q_{min}),$$

Em que:

- VSP** = Volume mínimo Depósito de Inércia (L)
- TB** = Tempo de Combustão (h)
- QN** = Potência Nominal (kW)
- QH** = Necessidade da Instalação (kW)
- Q<sub>min</sub>** = Potência Mínima da Fonte Térmica (kW)

Não sabendo a potência mínima do equipamento, considerar **Q<sub>min</sub> = 35% de QN**.

Se apenas se conhecer a potência da fonte térmica, considerar para a lenha valores entre 50 a 70 L/kW<sub>nominal</sub> e para o pellet entre 25 a 30 L/kW<sub>nominal</sub> (Depende da inércia térmica da instalação e das estruturas de isolamento)



# Cálculo do Depósito de Inércia

**Exemplo 6** – Um cliente tem uma caldeira de 30 kW e necessidades térmicas de 20 kW. O tempo máximo de combustão é de cerca de 5 horas. Qual o volume do depósito de inércia ?

$$VSP = 15 \times TB \times QN \times (1 - 0,3 \frac{QH}{Q_{min}}),$$

**VSP** = Volume mínimo Depósito de Inércia (L)

**TB** = Tempo de Combustão (h)

**QN** = Potência Nominal (kW)

**QH** = Necessidade da Instalação (kW)

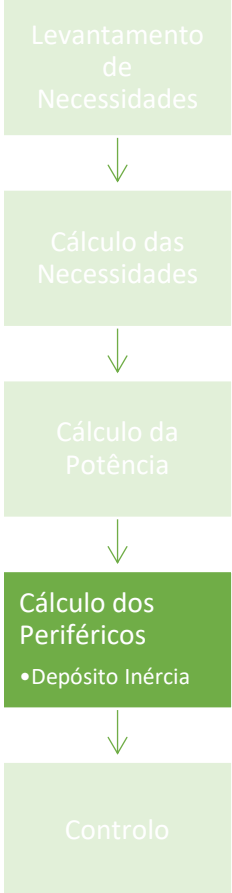
**Q<sub>min</sub>** = Potência Mínima da Fonte Térmica (kW)

**Solução:**

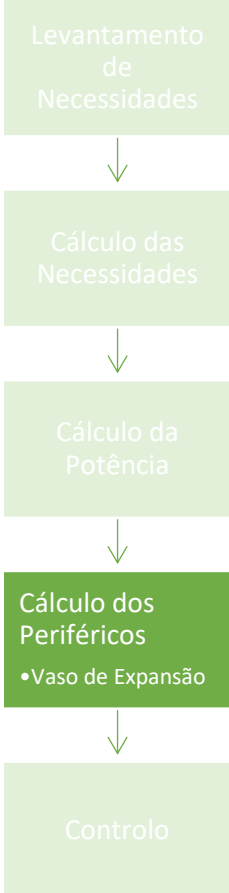
1º Passo: TB = 5h ; QN = 30kW ; QH = 20 kW ; Qmin = 0,35 X 30 kW = 10,5 kW

5º Passo: VSP = 964 L

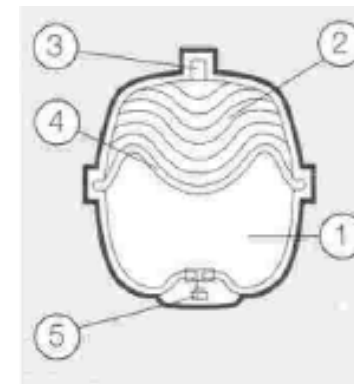
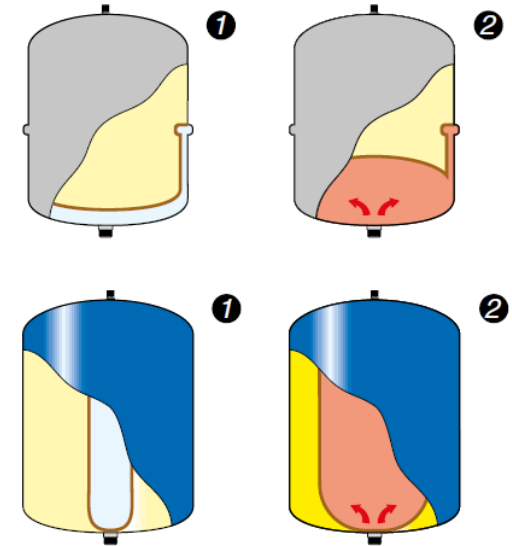
O cliente deve colocar um depósito de inércia igual ou superior a 964 litros!



# Vaso de Expansão



- O vaso de expansão é um **elemento obrigatório** numa instalação de aquecimento central.
- Tem como função **absorver os aumentos de pressão** na instalação que ocorrem quando a água aquece e expande.
- É composto por um contentor fechado, dividido em duas partes por uma membrana que faz a separação entre a água da instalação e o ar pressurizado.
- **Deve ser colocado no retorno**, onde a temperatura da água é menor, de forma a aumentar a sua longevidade.
- É recomendável **verificar a pressão** do ar no vaso de expansão **pelo menos uma vez por ano**.
- Eventuais vazamentos de ar e até mesmo o rompimento da membrana podem anular ou diminuir a capacidade de proteção do vaso.



- 1- Câmara de Azoto
- 2- Câmara de Expansão da Água
- 3- Ligação à Instalação
- 4- Membrana Elástica
- 5- Válvula de Enchimento

# Cálculo do Vaso de Expansão

$$\text{Volume nominal } V_n = V \times \frac{(P_e+1)}{(P_e+1)-(P_o+1)} ; \text{ Volume de expansão } V = V_V + V_D$$

Em que:

- $V_D$  = Volume total de expansão

$V_D = \xi \times VA$ , em que  $\xi$  é o coeficiente de expansão

- $V_V$  = Volume de protecção do sistema contra sub-pressurização

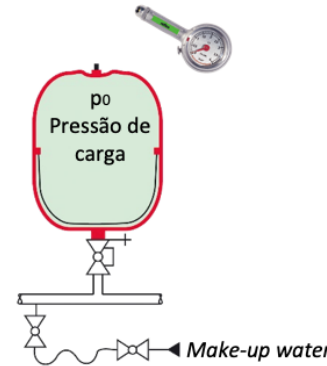
$V_V = 0,5\%VA$ , mas nunca menos de 3L

- $VA$  = Volume do sistema (Se não existir informação contamos com  $20 \text{ l/kW} = VA$ )

1 Pressão de carga

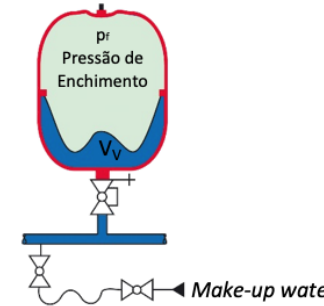
2 Pressão de Enchimento

3 Pressão Final



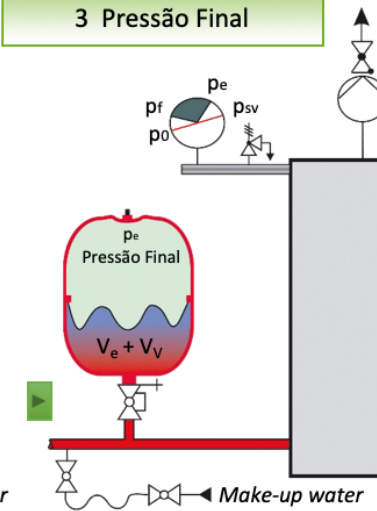
Pressão de carga (gas)  $p_0$  Tem de ser efectuada com o vaso de expansão fora do sistema

Pre-set pressure  
 $p_0 = \text{static pressure (0,1bar/m)} + 0.2 \text{ bar}$   
 + evaporation pressure ( a  $T > 100 \text{ }^\circ\text{C}$ )  
 $p_0 > 1 \text{ bar (recommended)}$



O Volume de reserva  $V_V$  é colocado para o interior do vaso de expansão durante a operação de enchimento e depois da desgasificação do sistema a frio.

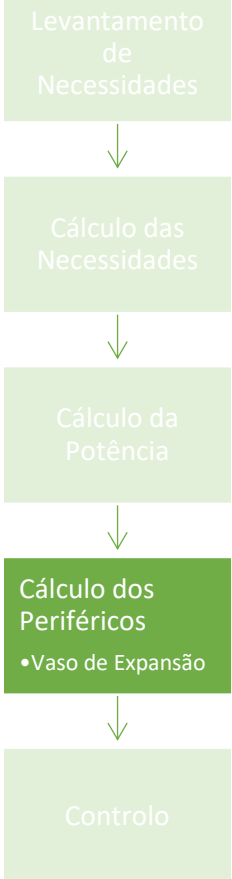
Pressão de enchimento  
 $p_f = p_0 + 0.3 \text{ bar}$



À temperatura e caudal máximo com o sistema completo em trabalho atinge-se a pressão final  $p_e$ .

Pressão final  
 $p_e = p_{sv} - 0.5 \text{ bar, for } p_{sv} < 5 \text{ bar}$   
 $p_e = 0.9 \times p_{sv}$  , for  $p_{sv} > 5 \text{ bar}$

**Volume de reserva do vaso de expansão será a diferença entre o volume comercial do vaso escolhido e o volume efectivo calculado.**



# Coeficiente de Expansão

Pure water without antifreeze additive

t / °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	105	110	120	130	140	150	160
n / % (+10°C of t)		0	0.13	0.37	0.72	1.15	1.66	2.24	2.88	3.58	4.34	4.74	5.15	6.03	6.96	7.96	9.03	10.20
p <sub>e</sub> / bar		-0.99	-0.98	-0.96	-0.93	-0.88	-0.80	-0.69	-0.53	-0.30	0.01	0.21	0.43	0.98	1.70	2.61	3.76	5.18
Δn (t <sub>r</sub> )								0	0.64	1.34	2.10	2.50	2.91	3.79				
ρ / kg/m <sup>3</sup>	1000	1000	998	996	992	988	983	978	972	965	958	955	951	943	935	926	917	907

Water with antifreeze additive\* 20% (vol.)

Lowest permissible system temperature -10°C

t / °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	105	110	120	130	140	150	160
n* / % (-10°C of t)	0.07	0.26	0.54	0.90	1.33	1.83	2.37	2.95	3.57	4.23	4.92	---	5.64	6.40	7.19	8.02	8.89	9.79
p <sub>e</sub> * / bar						-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	---	0.33	0.85	1.52	2.38	3.47	4.38
ρ / kg/m <sup>3</sup>	1039	1037	1035	1031	1026	1022	1016	1010	1004	998	991	---	985	978	970	963	955	947

Water with antifreeze additive\* 34% (vol.)

Lowest permissible system temperature -20°C

t / °C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	105	110	120	130	140	150	160
n* / % (-20°C of t)	0.35	0.66	1.04	1.49	1.99	2.53	3.11	3.71	4.35	5.01	5.68	---	6.39	7.11	7.85	8.62	9.41	10.2
p <sub>e</sub> * / bar						-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-0.1	---	0.23	0.70	1.33	2.13	3.15	4.41
ρ / kg/m <sup>3</sup>	1066	1063	1059	1054	1049	1043	1037	1031	1025	1019	1012	---	1005	999	992	985	978	970

n - Percentage expansion for water based on a minimum system temperature of +10°C (generally filling water)

n\* - Percentage expansion for water with antifreeze additive\* based on a minimum system temperature of -10°C or -20°C

Δv - Percentage expansion for water for calculation of temperature layer containers between 70°C and max. return temperature

p<sub>e</sub> - Evaporation pressure for water relative to atmosphere

p<sub>e</sub>\* - Evaporation pressure for water with antifreeze additive

ρ - Density

\* - Antifreeze Antifrogen N; when using other antifreeze additives, the relevant properties must be obtained from the manufacturer

Levantamento de Necessidades



Cálculo das Necessidades



Cálculo da Potência



Cálculo dos Periféricos  
• Vaso de Expansão



Controlo

# Cálculo do Vaso de Expansão

**Exemplo 7** – Um cliente tem uma caldeira de 20 kW e pretende ajuda no dimensionamento de um vaso de expansão para a sua instalação. Não se sabe o volume de água da instalação e a altura manométrica da instalação é de 9 metros. A válvula de segurança da instalação abre aos 3 bar e a temperatura máxima de operação é de 70°C. A água não tem glicol.

$$\text{Volume nominal } V_n = V \times \frac{(P_e+1)}{(P_e+1)-(P_o+1)} ; \text{ Volume de expansão } V = V_V + V_D$$

Solução:

$$V_a = 20 \text{ kW} \times 20 \text{ (L/kW)} = 400 \text{ L}$$

Altura man = 8 m

Temp. Máx. 70°C = ( $\xi = 2,24\%$ )

$$P_o = 9 + 0,2 \text{ bar} = 1,1 \text{ bar}$$

$$P_f = P_o + 0,3 \text{ bar} = 1,4 \text{ bar}$$

$$P_e = P_{SV} - 0,5 \text{ bar} = 2,5 \text{ bar}$$

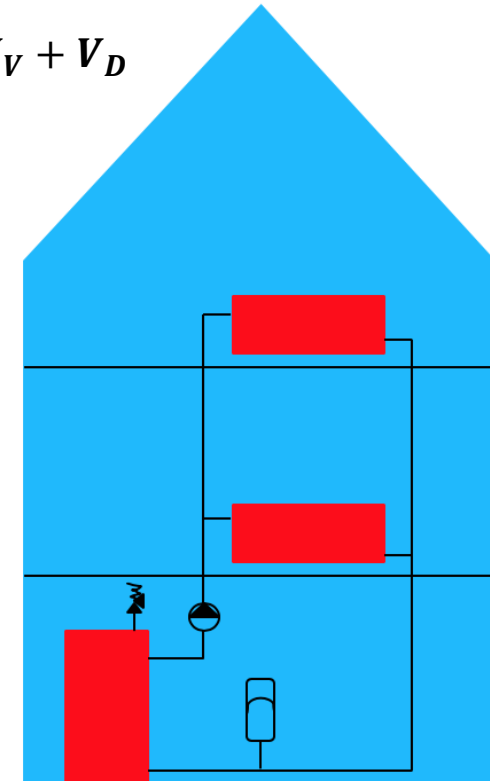
$$V_D = 400 \text{ L} \times 0,0224 = 8,96 \text{ L}$$

$$V_V = 400 \text{ L} \times 0,005 = 2 \text{ L, passa a 3 L}$$

$$V = (8,96+3) = 11,96 \text{ L} \rightarrow \text{Expansão de 11,96 L}$$

$$V_n = V / ((2,5+1)/((2,5+1)-(1,1+1))) = 29,9 \text{ L}$$

O volume do vaso de expansão deve ser no mínimo de 30 L!



Levantamento  
de  
Necessidades

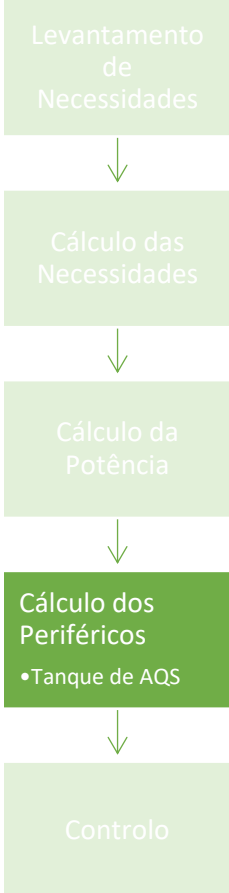
Cálculo das  
Necessidades

Cálculo da  
Potência

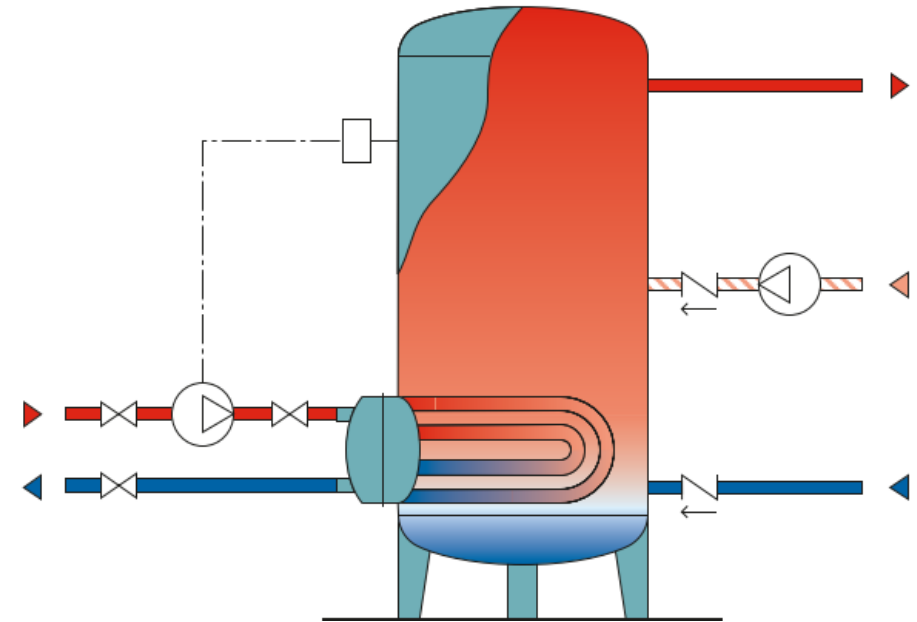
Cálculo dos  
Periféricos  
•Vaso de Expansão

Controlo

# Tanque de AQS



- Tem como função **acumular água para fins sanitários** a uma temperatura pré-definida pelo cliente.
- A água do tanque de AQS **não se mistura com a água do sistema de aquecimento**, sendo aquecida através de uma serpentina.
- Deve ser calculado de acordo com o **número de utilizadores, consumo de água quente em período de ponta e temperaturas de utilização e alimentação**.
- É geralmente uma boa solução **armazenar água a 60°C** para evitar fenómenos de corrosão, proliferação de bactérias e limitar as dimensões do tanque.
- Para o dimensionamento do Tanque de AQS é necessário determinar o **Volume e a Superfície da Serpentina**.
- O incorreto dimensionamento do tanque AQS pode acarretar problemas de **sobreaquecimento na caldeira** e colocar em causa o aquecimento central da habitação.



# Cálculo do Tanque de AQS

Para **Calcular o Volume** é necessário determinar:

- $C$  = Consumo de água quente no período de ponta (litros)  $\longrightarrow$  considerar **260l** para habitações com 1 WC  
considerar **340l** para habitações com 2 WC

- $Q_t$  = Calor total necessário para aquecer a água no período de ponta (kcal)

$$Q_t = C \times (t_u - t_f)$$

$t_u$  = temperatura de utilização (considerar **40°C**)

$t_f$  = temperatura de alimentação da água fria (considerar **10°C**)

- $Q_h$  = Potência que deve ser cedida à água tendo em conta os períodos de pré-aquecimento e de ponta (kcal/h)

$$Q_h = \frac{Q_t}{t_{pr} + t_{pu}}$$

$t_{pr}$  = período de pré-aquecimento (considerar **2h**)

$t_{pu}$  = período de ponta (considerar **1,5h**)

- $Q_a$  = Calor a acumular na fase de pré-aquecimento (kcal)

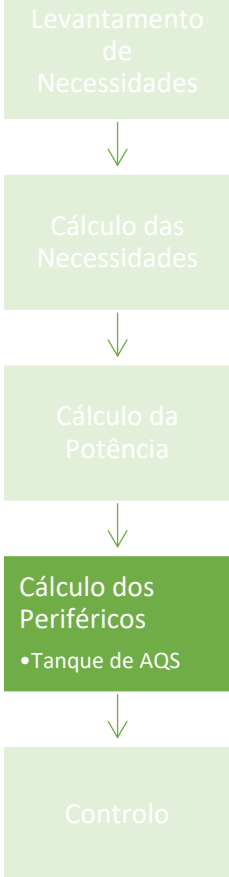
$$Q_a = Q_h \times t_{pr}$$

- $V$  = Volume do Tanque de AQS (litros)

$$V = \frac{Q_a}{t_a - t_f}$$

$Q_a$  = Calor a acumular na fase de pré aquecimento

$t_a$  = temperatura da água armazenada (considerar **60°C**)



# Cálculo do Tanque de AQS

Para **Calcular a Superfície da Serpentina** é necessário determinar:

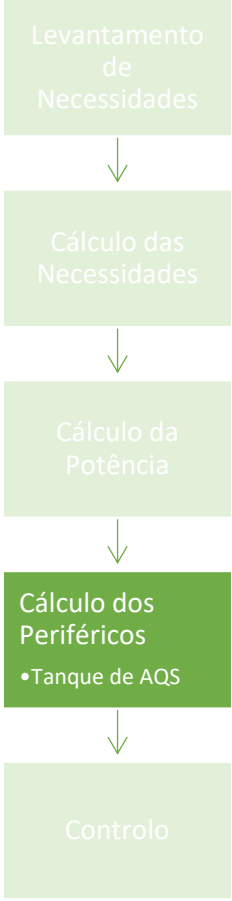
- $T_{ms}$  = Temperatura média da água da caldeira → considerar **65°C**
- $T_m$  = Temperatura média da água do Tanque AQS → considerar **35°C**
- $Q_h$  = Potência que deve ser cedida à água tendo em conta os períodos de pré-aquecimento e de ponta

$$Q_h = \frac{Q_t}{t_{pr} + t_{pu}}$$

→ **t<sub>pr</sub>** = período de pré-aquecimento (considerar **2h**)  
**t<sub>pu</sub>** = período de ponta (considerar **1,5h**)

- $K$  = Coeficiente de troca térmica da serpentina → Considerar **K = 500** para as serpentinas de ferro  
 Considerar **K = 520** para as serpentinas de cobre
- $S$  = Superfície da Serpentina

$$S = \frac{Q_h}{K \times (t_{ms} - t_m)}$$



# Cálculo do Tanque de AQS

**Exemplo 8** – Um cliente pretende ajuda no dimensionamento do tanque de AQS para a sua habitação, que tem 2 WC. Quais deve ser o volume mínimo do tanque AQS e a área da serpentina de cobre?

$t_u = 40^\circ\text{C}$  ;  $t_f = 10^\circ\text{C}$  ;  $t_{pr} = 2\text{h}$  ;  $t_{pu} = 1,5\text{h}$  ;  $t_a = 60^\circ\text{C}$  ;  $t_{ms} = 65^\circ\text{C}$  ;  $t_m = 35^\circ\text{C}$  ;  $K = 520$  (cobre)

$C = 340\text{l}$  = Consumo de 340 litros no período de ponta

**Solução:**

**1º Passo: Determinar o Volume**

$$Q_t = 340 \times (40 - 10) = 10\,200 \text{ Kcal}$$

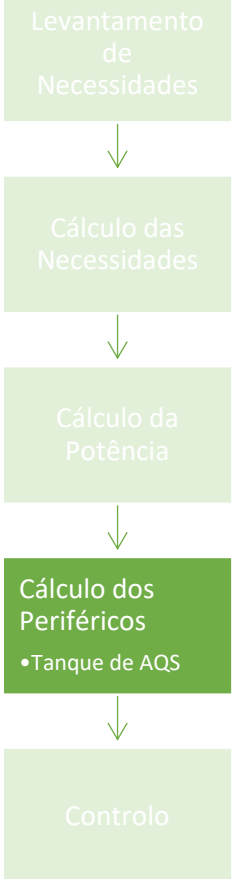
$$Q_h = 10\,200 / (2 + 1,5) = 2\,914 \text{ Kcal/h}$$

$$Q_a = 2\,914 \times 2 = 5\,828 \text{ Kcal}$$

$$V = 5\,828 / (60 - 10) = 116,56 \text{ L}$$

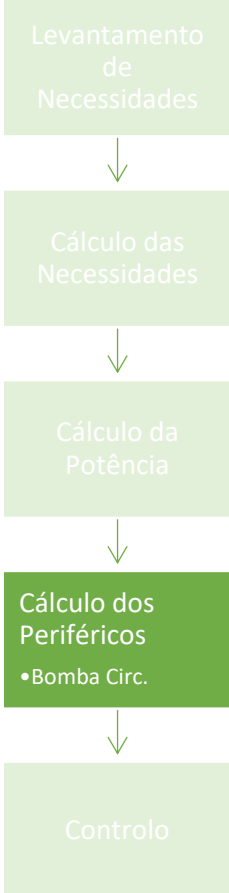
**2º Passo: Determinar a Superfície da Serpentina**

$$S = 2\,914 / ((520 \times (65 - 35))) = 0,187 \text{ m}^2$$



© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

# Bomba Circuladora



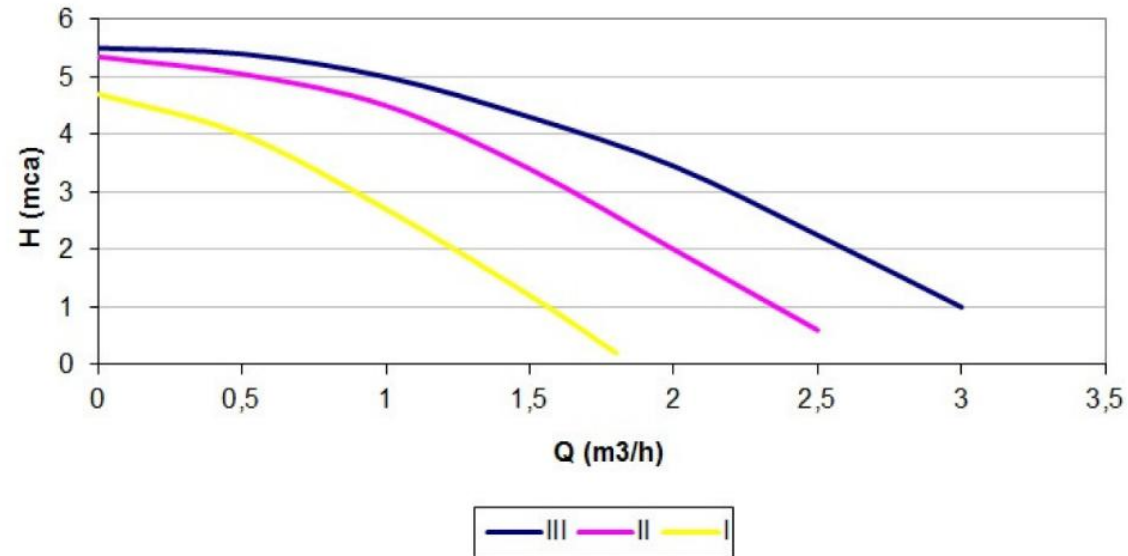
- A bomba circuladora é o componente responsável por fazer circular o fluido numa instalação de aquecimento central.
- Para sistemas de aquecimento central são utilizadas bombas centrífugas.
- O caudal que passa pela bomba deve ser calculado a jusante, no dimensionamento da tubagem, de forma a limitar a velocidade do fluido.
- A bomba circuladora deve ser escolhida para garantir o caudal calculado, em função das perdas de carga do sistema. Quanto maior for a perda de carga do sistema, menor o caudal que a bomba consegue circular.
- O ideal seria utilizar um caudalímetro e ir regulando a velocidade da bomba até atingir o caudal pretendido.



Selecionar a velocidade da bomba consoante o caudal pretendido

# Cálculo de Bomba Circuladora

- Para seleção de uma bomba é essencial analisar a curva Q-h, que relaciona o caudal do fluido com a altura manométrica a vencer, ou perdas de carga.
- Para a seleção da bomba, devemos recorrer à curva Q-h de forma a verificar se consegue atingir o caudal calculado, e para que determinada perda de carga é que o atinge.
- Se a curva Q-h da bomba estiver dentro do range da nossa instalação, é seguro dizer que não iremos ter problemas em transportar o caudal desejado para a perda de carga da instalação.



Curva Q-h

Bomba Grundfos 15-55 CIAO

Levantamento de Necessidades

Cálculo das Necessidades

Cálculo da Potência

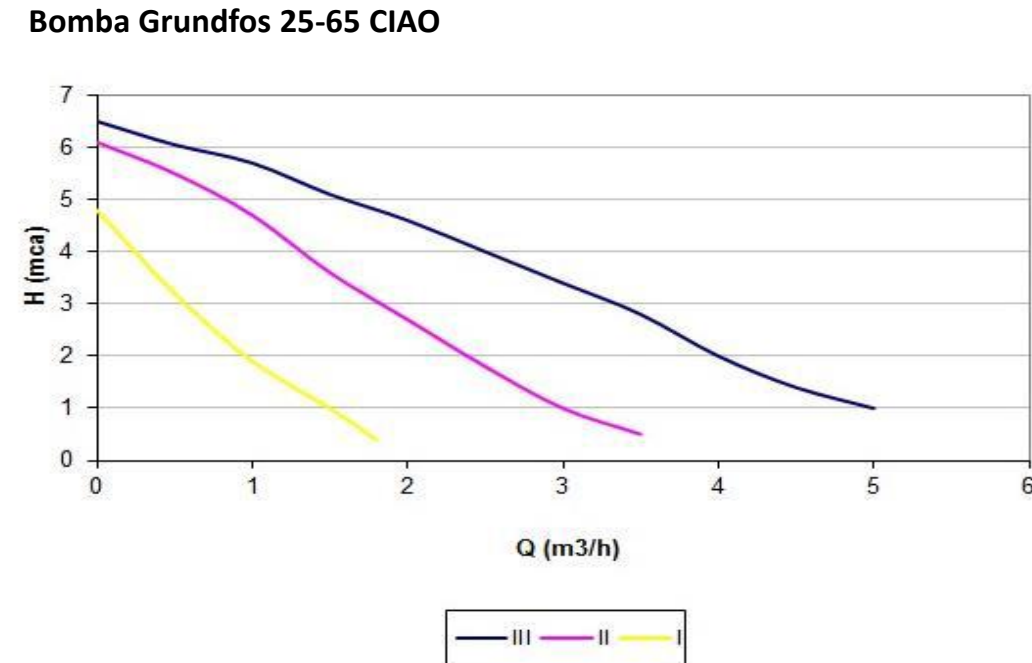
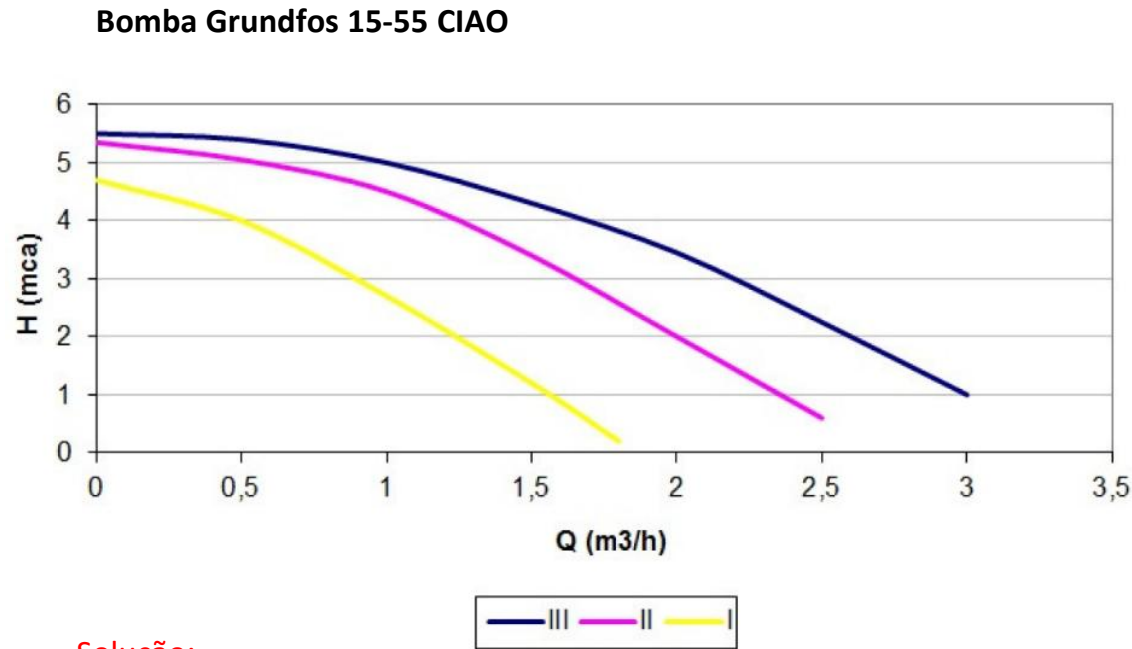
Cálculo dos Periféricos

• Bomba Circ.

Controlo

# Cálculo de Bomba Circuladora

**Exemplo 9** - Considerando um caudal necessário de  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ , as seguintes curvas características de duas bombas distintas e uma perda de carga a vencer na instalação de  $6,5 \text{ mca}$ , que bomba circuladora se deve escolher?



**Solução:**

Não se deve optar por nenhuma das bombas circuladoras, uma vez que nenhuma delas consegue fornecer o caudal desejado para as perdas de carga da instalação.

Levantamento de Necessidades

Cálculo das Necessidades

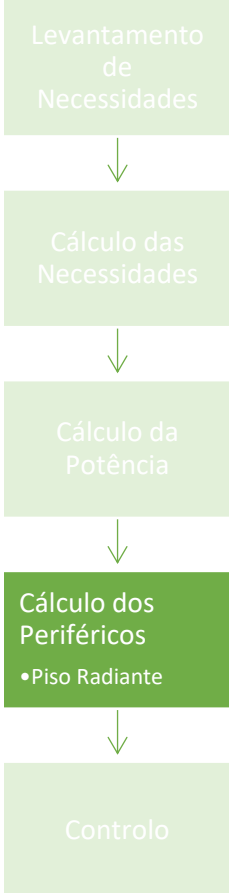
Cálculo da Potência

Cálculo dos Periféricos

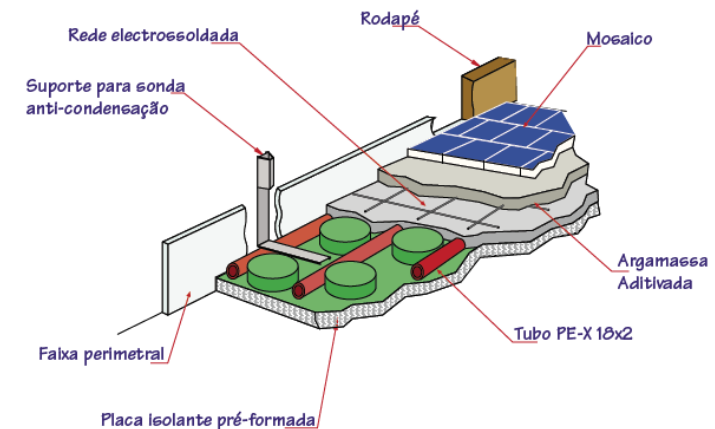
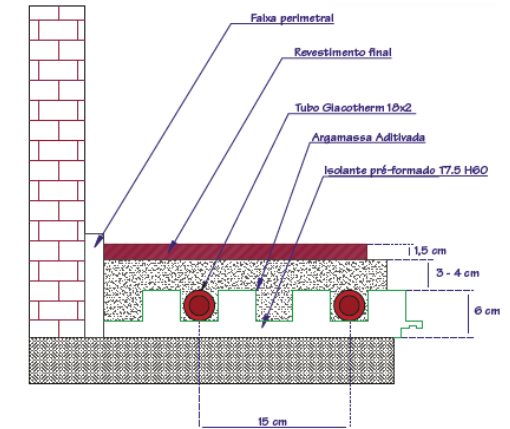
• Bomba Circ.

Controlo

# Piso Radiante



- Oferece melhores condições de **conforto, pouca movimentação do ar** e uma maior **uniformização da temperatura**.
- Funciona a **temperaturas mais baixas** do que um sistema de radiadores (cerca de 30 a 40 °C, dependendo do piso).
- Maior custo inicial do que um sistema de radiadores
- A distância entre tubos é chamada de **passo**. Quando menor o passo, menor temperatura é necessária e maior é a eficiência, mas em contrapartida são necessários mais metros de tubo.
- Cada circuito deve ser fechado com no máximo **120 m de tubo**. O **diâmetro comercial** de tubo mais comum em residências é de **16mm**.
- 1 coletor tem geralmente ligação a **10/12 circuitos**. No mínimo deve haver 1 coletor por piso.
- É possível utilizar em qualquer piso, no entanto aconselham-se pisos em materiais com **boa condutividade térmica** (ex: tijoleira ou granito).



# Cálculo do Piso Radiante

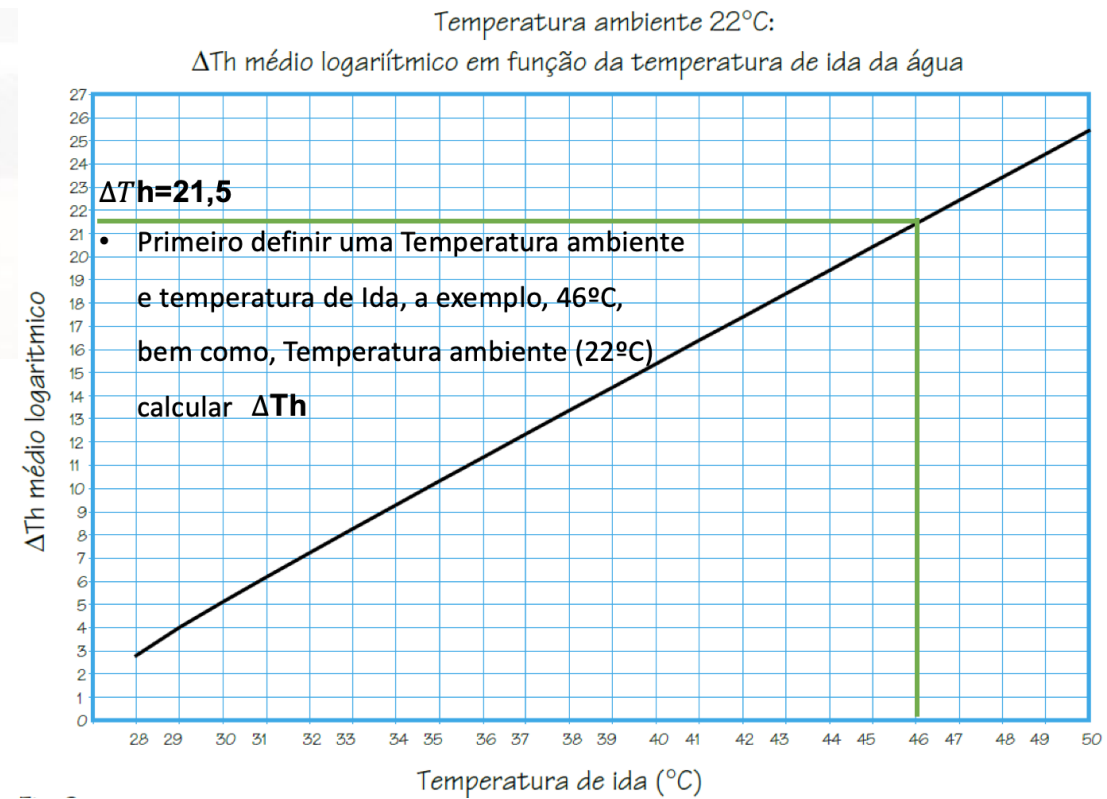
- 1º Passo: Determinar o coeficiente térmico (experimental)

	ISOLAMENTO ALTO Casas novas ou no Litoral.	ISOLAMENTO MÉDIO Casas remodeladas ou no Litoral.	ISOLAMENTO BAIXO Casas antigas, na Montanha ou no Interior.
Para Radiadores:	36W/m³	44W/m³	52W/m³
Para Piso Radiante e Ventiladores:	28W/m³	32W/m³	36W/m³

- 2º Passo: Calcular a potência necessária por m²

(Multiplicar o coeficiente térmico pelo pé direito da divisão)

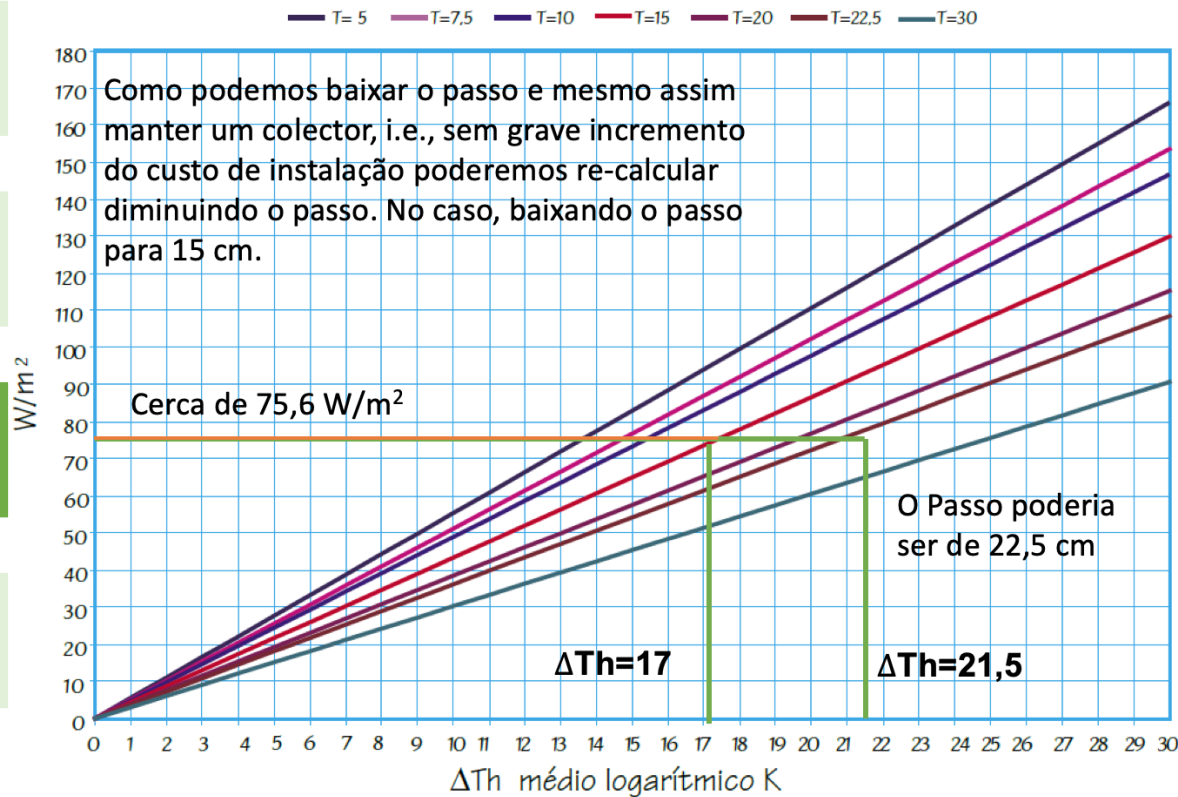
- 3º Passo: Definir uma temperatura ambiente e uma temperatura de ida (Ex: 46°C) para determinar o  $\Delta T$  médio logarítmico. Os gráficos dependem do tipo de piso.



# Cálculo do Piso Radiante

- 4º Passo:** Verificar gráfico do piso escolhido e analisar se é possível baixar o passo mantendo os mesmos coletores, sabendo que cada coletor pode ter no máximo 12 circuitos e que cada circuito deve ter no máximo 120 metros de tubo.

PARQUET: emissão térmica em função do  $\Delta Th$  e do passo entre tubos



$$m \text{ tubo} = [(área da divisão / Passo) + 2 \times distância \text{ ao coletor}] \times 1,1$$

$$N^{\circ} \text{ de circuitos} = m \text{ tubo} / m \text{ máx por circuito (arr. por excesso)}$$

$$N^{\circ} \text{ de coletores} = N^{\circ} \text{ de circuitos} / N^{\circ} \text{ máx circuitos por coletor}$$

**Exemplo:** A divisão tem 120 m<sup>2</sup>, posso aplicar um passo de 15 cm sem aumentar o N<sup>o</sup> de coletores? A distância ao coletor é de 5 metros.

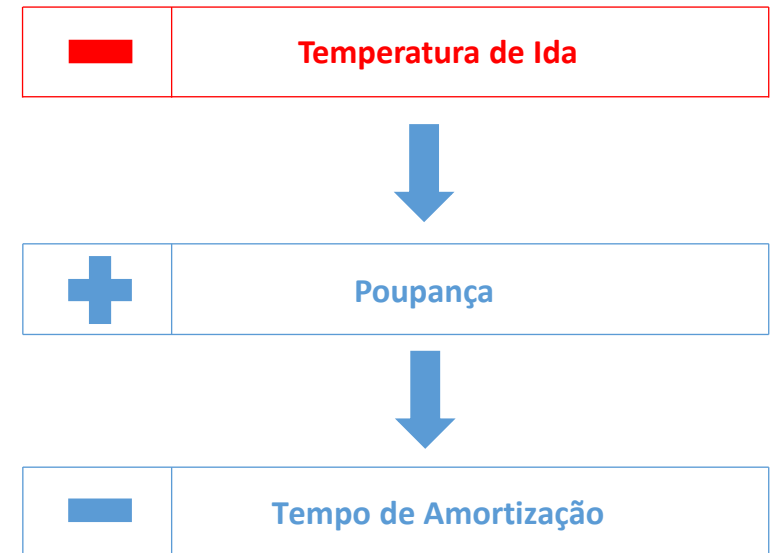
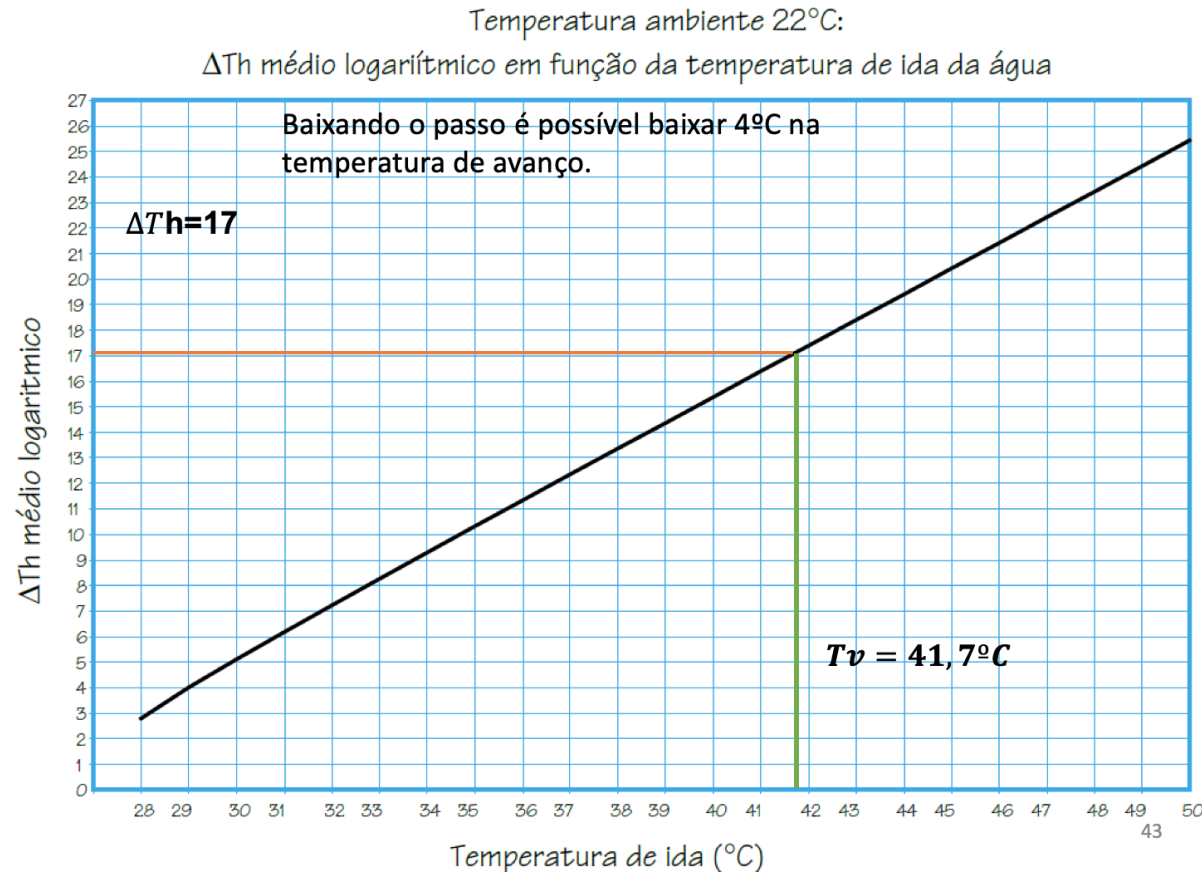
$$m \text{ tubo} = [(120 / 0,15) + 2 \times 5] \times 1,1 = 891 \text{ m}$$

$$N^{\circ} \text{ de circuitos} = 891 / 200 = 4,45 = 8 \text{ circuitos}$$

$$N^{\circ} \text{ de coletores} = 8 / 12 = 0,41 = 1 \text{ coletor}$$

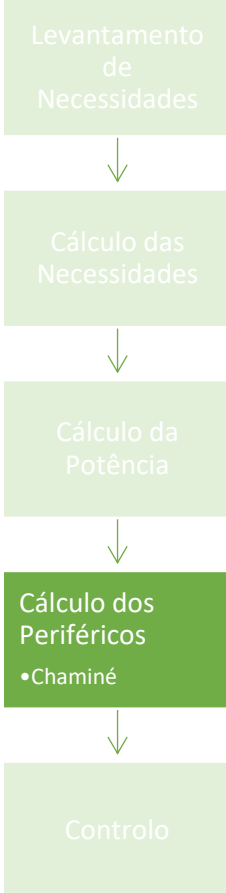
# Cálculo do Piso Radiante

- **5º Passo:** Verificar a nova temperatura de avanço mediante a nova escolha do passo.



Verifica-se que baixando o passo de 22,5 mm para 15 mm é possível manter um coletor e obter uma temperatura de avanço inferior, de 41,7 °C.

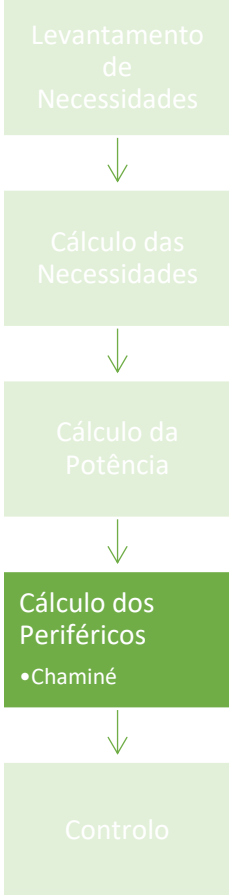
# Chaminé



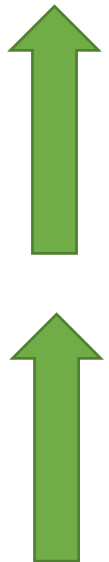
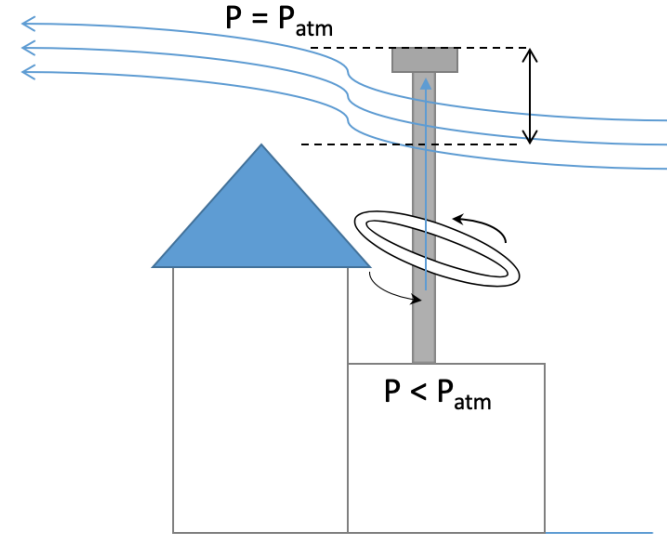
- A chaminé é responsável por **evacuar os gases de combustão** para o exterior, privilegiando a segurança de pessoas, bens e meio ambiente.
- Deve ser capaz de **extrair os gases da combustão sem o auxílio de ventilação mecânica** (ex: quando falha a corrente elétrica num equipamento com extrator).
- Para a chaminé ter uma boa tiragem, os gases de exaustão têm de ter uma **pressão negativa**, ou seja, contra a atmosfera, de modo a serem libertados. A pressão negativa tem o nome de depressão.
- A depressão gerada pela chaminé deve ser suficiente para **vencer todas as perdas de carga** no circuito de ar e gases de combustão.
- Nas fichas técnicas dos equipamentos Solzaima, estão descritos os **valores de depressão mínimos recomendados** para um correto funcionamento.



# Chaminé



- O **Efeito Chaminé** ocorre quando o ar quente sobe naturalmente devido à sua menor densidade em comparação com o ar frio. Quanto maior for a diferença de densidade entre o exterior e o interior, **maior será a tiragem da chaminé**.
- O **Efeito Venturi** ocorre quando o ar ganha velocidade ao passar numa secção estreita, criando uma zona de baixa pressão. Isto acontece quando o ar exterior circula paralelamente à secção da chaminé.

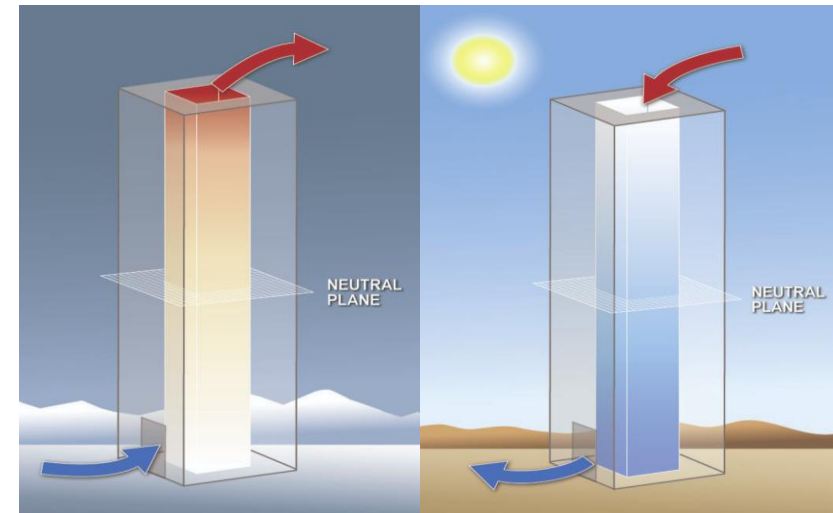


- Temperatura de fumos
- Ventos paralelos à secção
- Altura da chaminé

**+** Tiragem

- Altitude
- Temperatura exterior
- Ventos diretos
- Curvas
- Rugosidade

**-** Tiragem



# Cálculo da Chaminé

- **Cálculo da Secção Útil da Chaminé:**

$$S = \frac{C \times P \times 860}{\sqrt{h}}$$

Onde:

S = Secção da chaminé em cm<sup>2</sup>  
 P = Potência da caldeira em kW  
 C (coeficiente de redução) = 0,03 para lenha e 0,015 para pellets

$$h = H - (0,5 \times n + L)$$

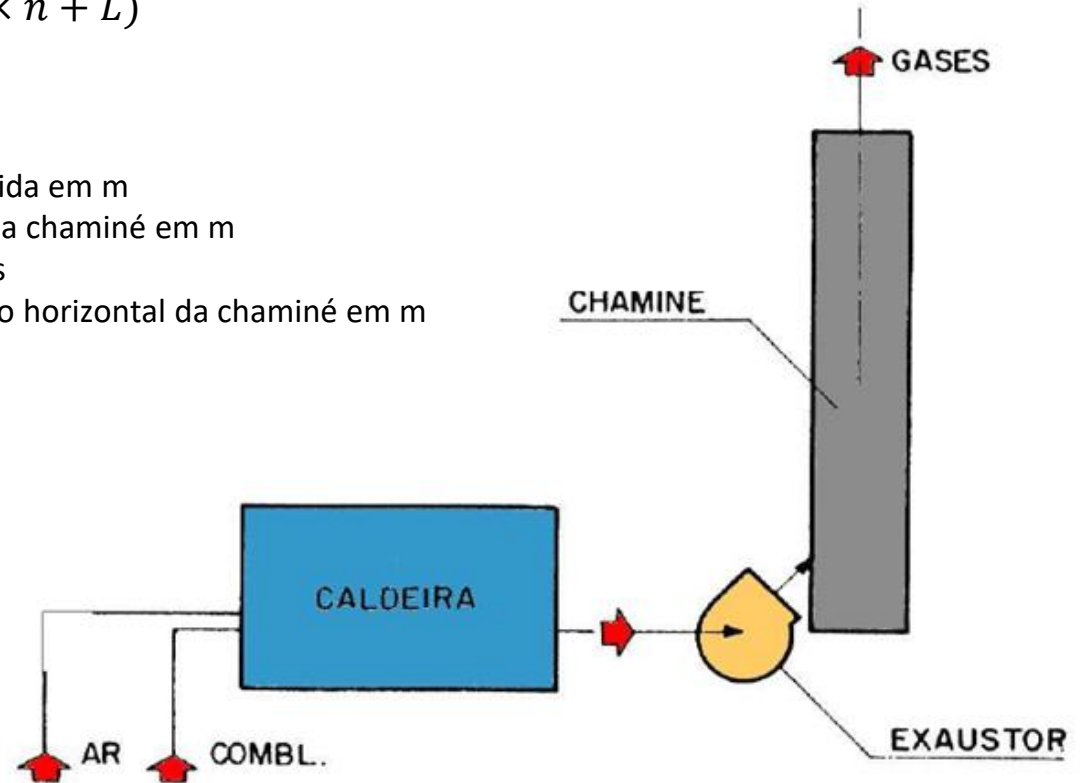
h = altura reduzida em m  
 H = altura real da chaminé em m  
 N = nº de curvas  
 L = comprimento horizontal da chaminé em m

- **Cálculo da Tiragem da Chaminé:**

$$\Delta P = H \times \rho \times \left(1 - \frac{T_o + 273}{T_i + 273}\right) \times g$$

Onde:

$\Delta P$  = depressão ou tiragem da chaminé em Pa  
 H = altura real da chaminé em m  
 $\rho$  = densidade do ar exterior em kg/m<sup>3</sup>  
 To = temperatura exterior em °C  
 Ti = temperatura interna da chaminé em °C  
 g = aceleração da gravidade = 9,8 m/s<sup>2</sup>



# Cálculo da Chaminé

**Exemplo 10** – Uma salamandra a pellets de 9 kW tem uma saída de fumos de 80 mm, sem curvas e um troço horizontal de 50 cm. Qual deve ser a altura total da chaminé para que seja capaz de evacuar os gases e obter a tiragem recomendada de 12Pa ? (considerar  $T_i = 150^\circ\text{C}$  e  $T_o = 5^\circ\text{C}$ ).

**Solução:**

**Cálculo da Secção Útil da Chaminé:**

$$50,2 = \frac{0,015 \times 9 \times 860}{\sqrt{h}}$$

$$5,35 = H - (0,5 \times 0 + 0,5)$$

$$h = 5,35\text{m}$$

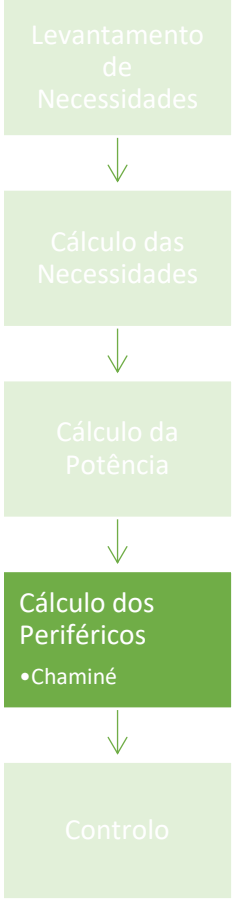
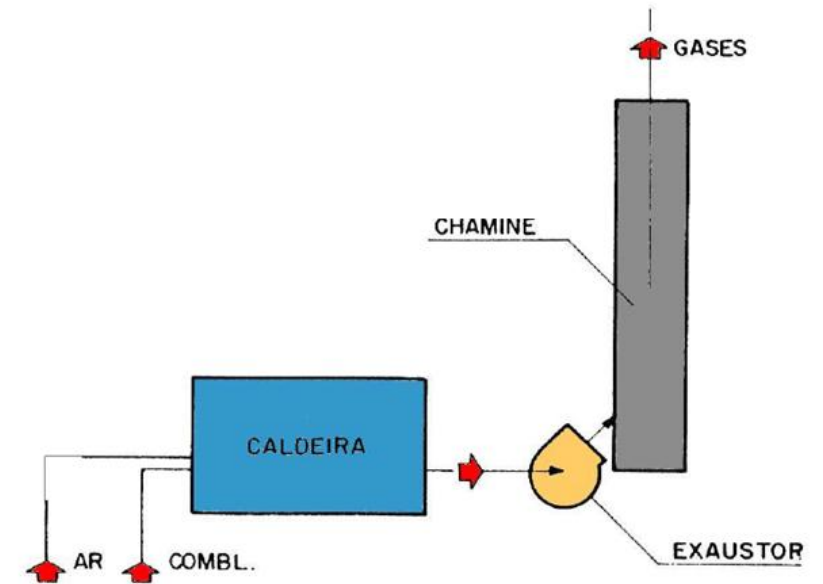
$$H = 6\text{ m}$$

**Cálculo da Tiragem da Chaminé:**

$$\Delta P = 6 \times 1,29 \times \left(1 - \frac{5+273}{150+273}\right) \times 9,81$$

$$\Delta P = 26\text{ Pa}$$

Para estabilizar a tiragem no valor ótimo do fabricante, neste caso 12 Pa, deve ser precavida a instalação de um estabilizador de tiragem.



# Válvulas Anti-Condensação

Levantamento de Necessidades

Cálculo das Necessidades

Cálculo da Potência

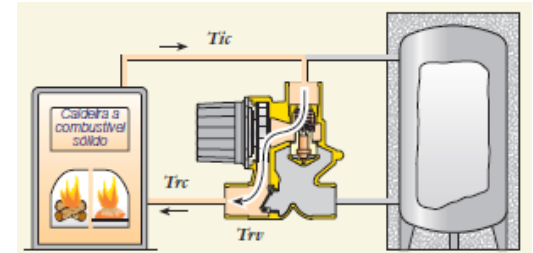
Cálculo dos Periféricos

Controlo  
• Válv. Anti-Cond.

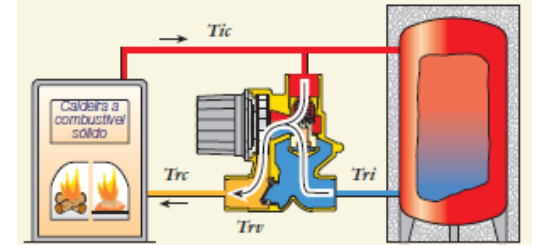
- As válvulas anti-condensação servem para evitar o retorno à caldeira de água a temperaturas demasiado baixas (abaixo dos 55-60°C).
- O retorno da água à caldeira a temperaturas demasiado baixas pode causar choques térmicos e levar à formação de condensações corrosivas.
- As caldeiras automáticas Solzaima (SZM A e SZM A PLUS) e o inserível Atlantic, já possuem válvula anti-condensação incorporada.
- Nos sistemas a lenha, a bomba de circulação deve arrancar no mínimo aos 60 °C e a ida e o retorno devem ser cruzados.



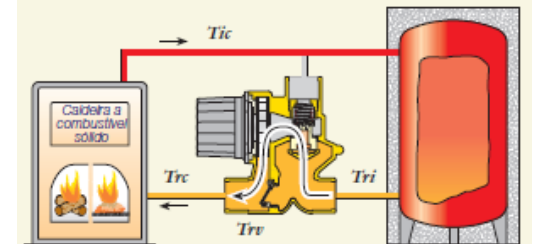
Fase 1



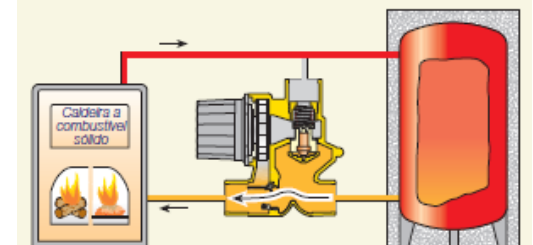
Fase 2



Fase 3



Fase 4

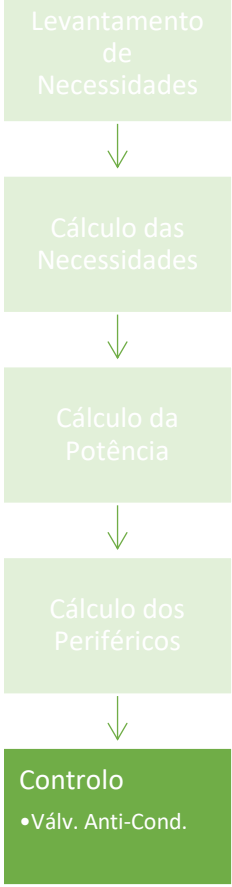
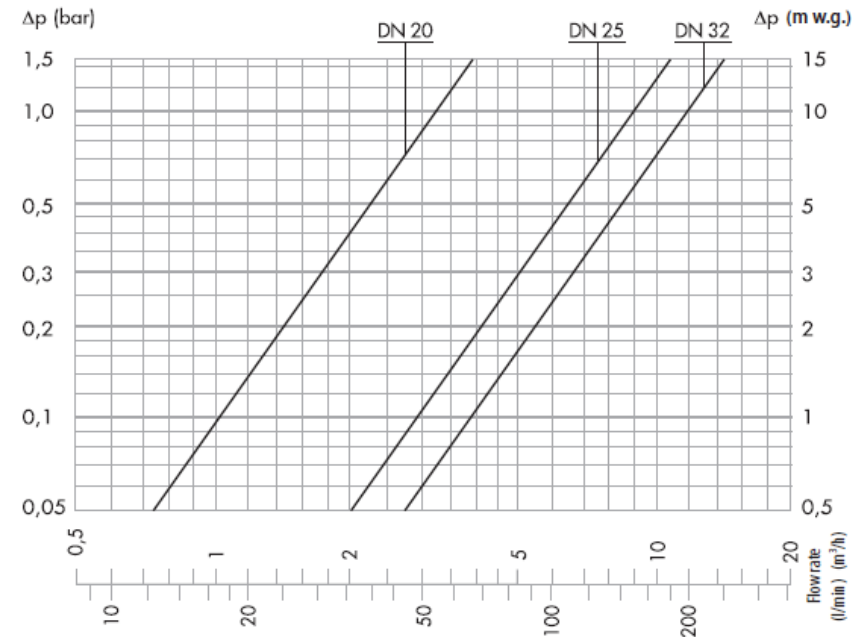


# Kv

- O **Kv** é o **coeficiente de passagem da válvula**, e define-se como o caudal (em m<sup>3</sup>/h) que flui através da válvula numa determinada posição, que exerce uma perda de carga de **1 bar**.
- Deve optar-se sempre por válvulas com um Kv maior, uma vez que permitem maior passagem de caudal para igual perda de carga.

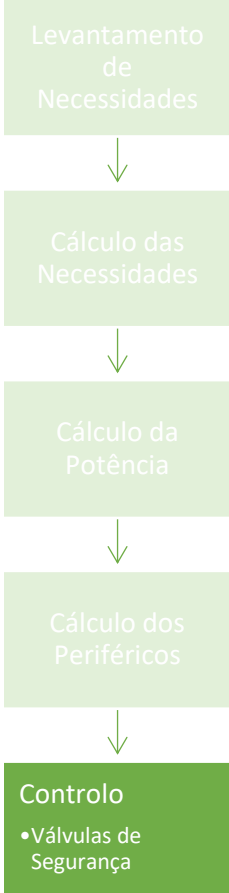
$$Kv = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P_v}}$$

Onde  $\sqrt{\Delta P_v}$  = Perda de carga na válvula e Q = Caudal de água em m<sup>3</sup>/h



© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

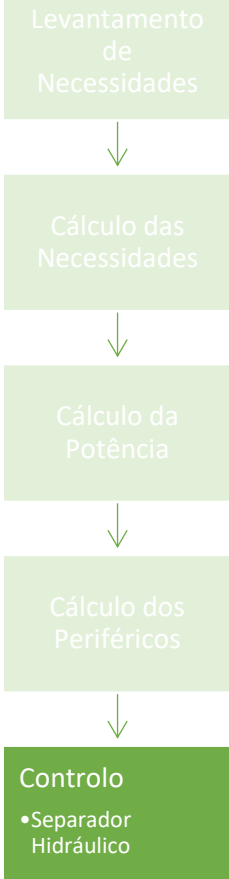
# Válvulas de Segurança



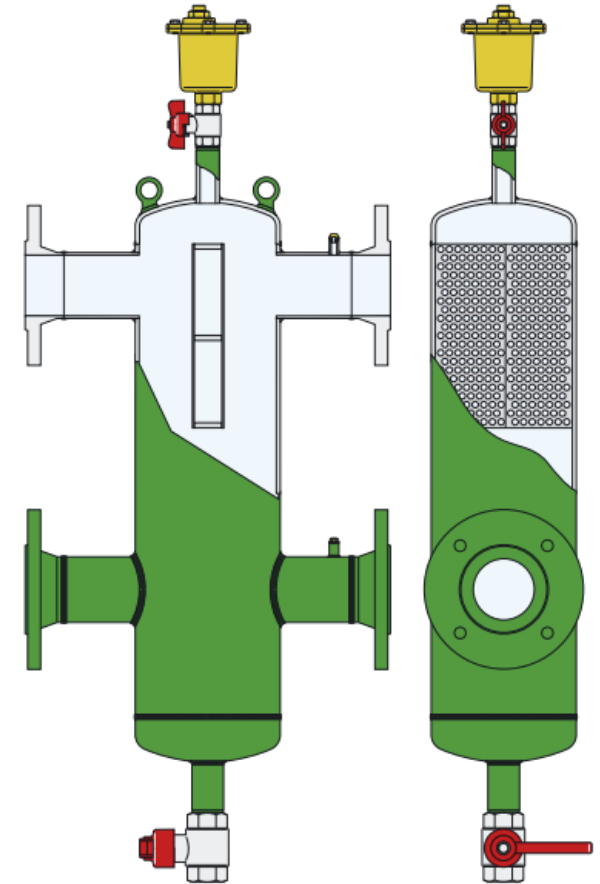
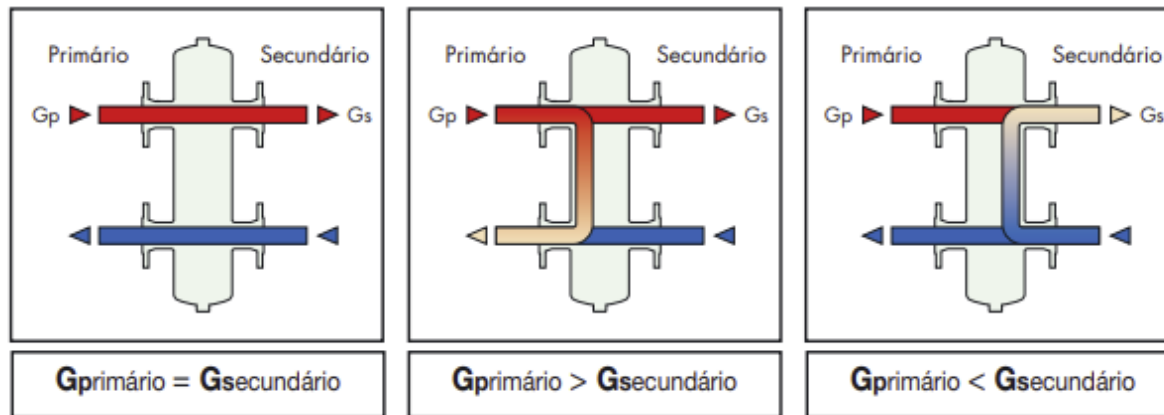
- São obrigatórias em todos os circuitos submetidos a pressão e a variações de temperatura e servem para limitar a pressão nesses mesmos circuitos.
- A pressão de regulação, ou seja, a pressão à qual a válvula atua deixando escapar o fluido, deve ser inferior à pressão limite do elemento mais sensível do circuito.
- No caso dos circuitos primários onde atuam os equipamentos Solzaima, devem ser previstas válvulas de segurança de 3 bar (abrem a 90% da capacidade), visto que, por exemplo, o range de atuação das caldeiras automáticas é de 0,5 a 2,9 bar.
- Não pode haver nenhuma válvula de corte entre a válvula de segurança e o circuito ou depósito a proteger.
- Devem ser manuseadas periodicamente em operações de manutenção para não bloquearem.
- Verificar que a válvula é a indicada para a temperatura limite de funcionamento.
- Nas instalações térmicas a biomassa é aconselhável a instalação de válvulas de descarga térmica VDT (maior caudal, cerca de 2x) . As válvulas TP são para tanques de inércia, ou AQS.



# Separador Hidráulico

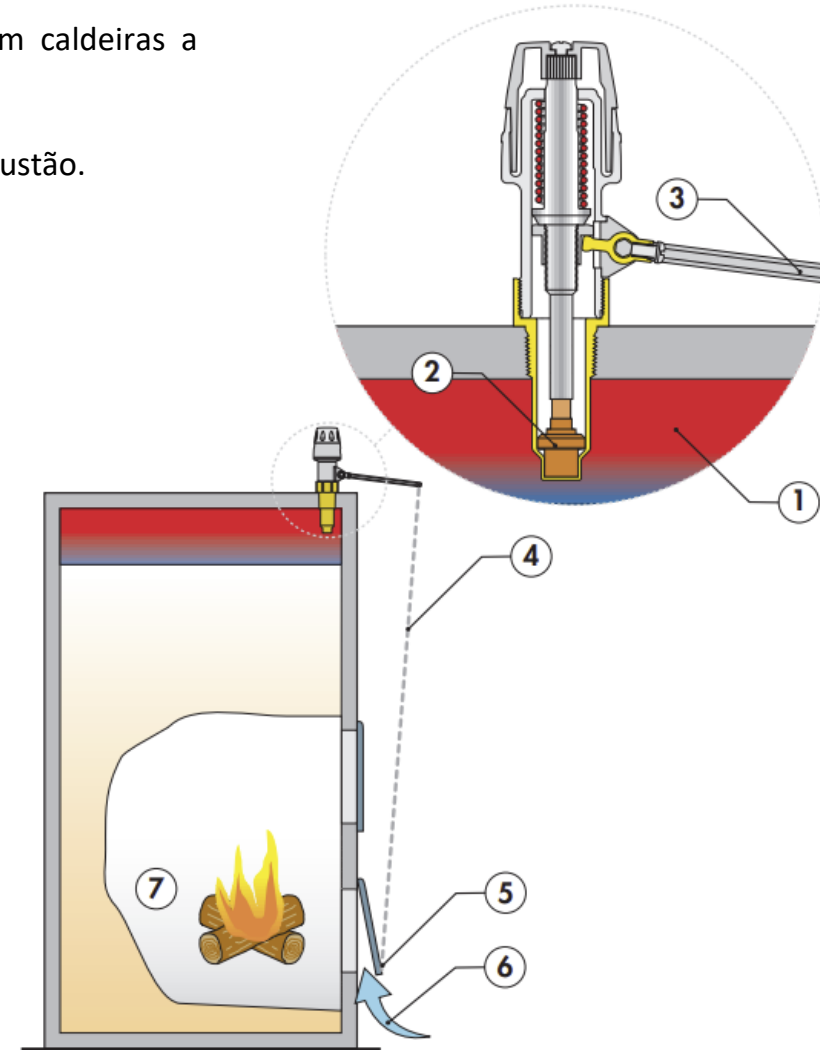


- Deve ser incluído numa instalação se existir um circuito primário de produção com bomba própria e um circuito secundário de utilização com uma ou mais bombas de distribuição, **onde possa haver influência de umas bombas em relação às outras.**
- Permite **tornar os circuitos hidráulicos primário e secundário independentes**, com a criação de uma zona de reduzida perda de carga. **Não pode ser utilizado na substituição do tanque de inércia.**
- O caudal que passa nos respetivos circuitos passa a depender exclusivamente das características das bombas dos mesmos, evitando a influência recíproca devida à sua ligação em série.



# Reguladores de Combustão

- Os reguladores de combustão podem ser utilizados nas instalações com caldeiras a combustível sólido e de tiragem natural.
- Têm a função de modular as entradas de ar regulando desta forma a combustão.
- Devem ser afinados a quente, começando a fechar aos 80°C.



Levantamento  
de  
Necessidades



Cálculo das  
Necessidades



Cálculo da  
Potência



Cálculo dos  
Periféricos



Controlo

- Reguladores de Combustão

# Termostatos



**Cronotermostato (Exemplo)**

Termostato programável para controlar a temperatura ambiente (histerese deve ser  $> 1^{\circ}\text{C}$ )



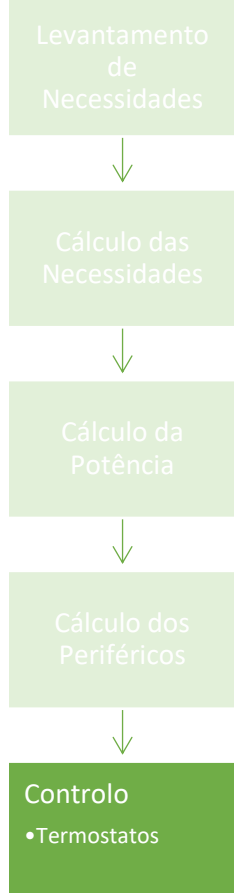
**Termostato diferencial (Exemplo)**

Termostato diferencial para controlar a temperatura de depósito de inércia (histerese deve ser  $> 15^{\circ}\text{C}$ )



**Termostato de Imersão (Exemplo)**

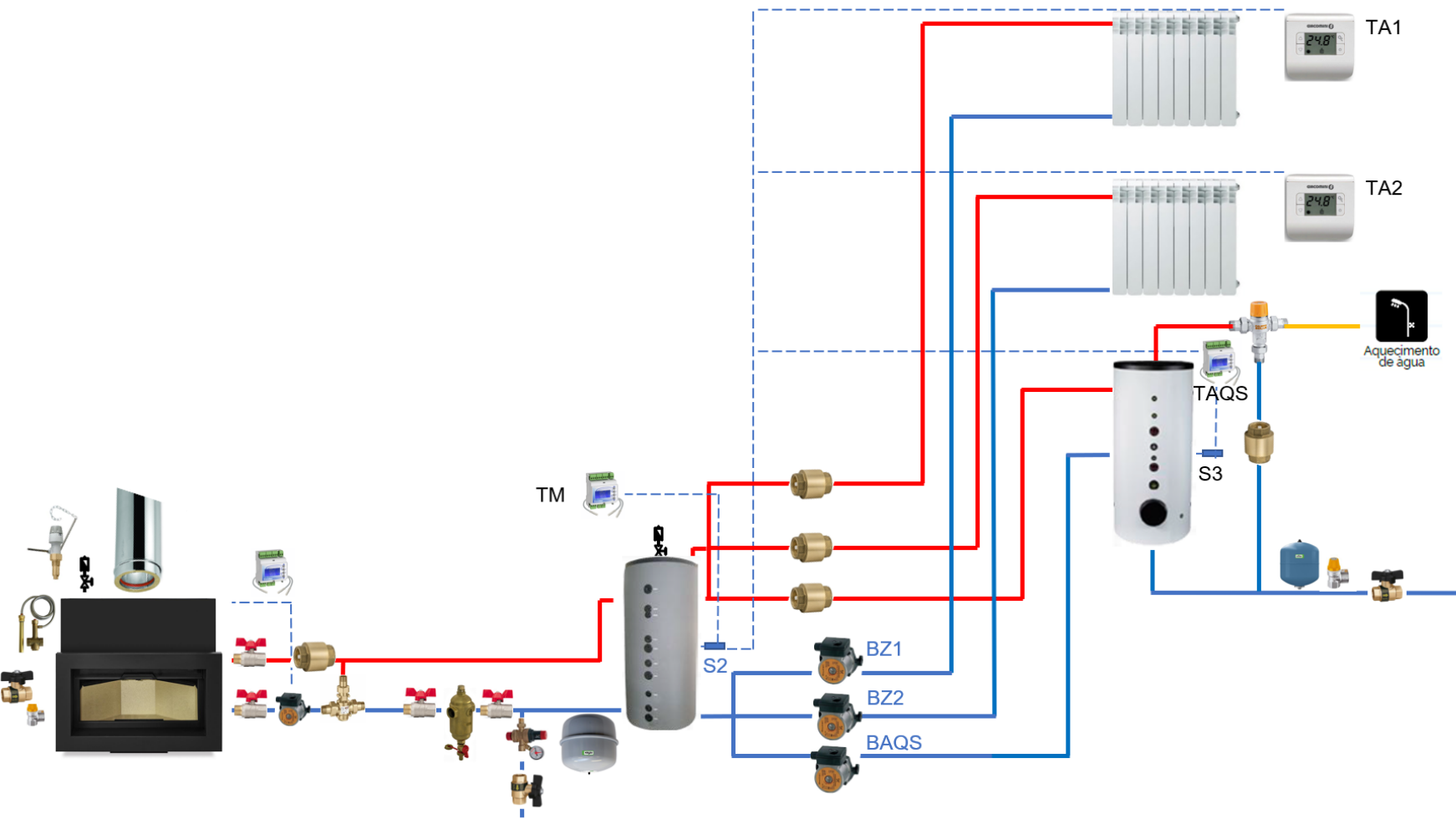
Termostato utilizado em instalações a lenha ou com depósitos de inércia. Deve estar programado para os  $60^{\circ}\text{C}$ , no sentido, de diminuir a probabilidade de condensação.



# Esquema Hidráulico – Lenha

- Levantamento de Necessidades
- ↓
- Cálculo das Necessidades
- ↓
- Cálculo da Potência
- ↓
- Cálculo dos Periféricos
- ↓
- Controlo
  - Esquemas Hidráulicos Lenha

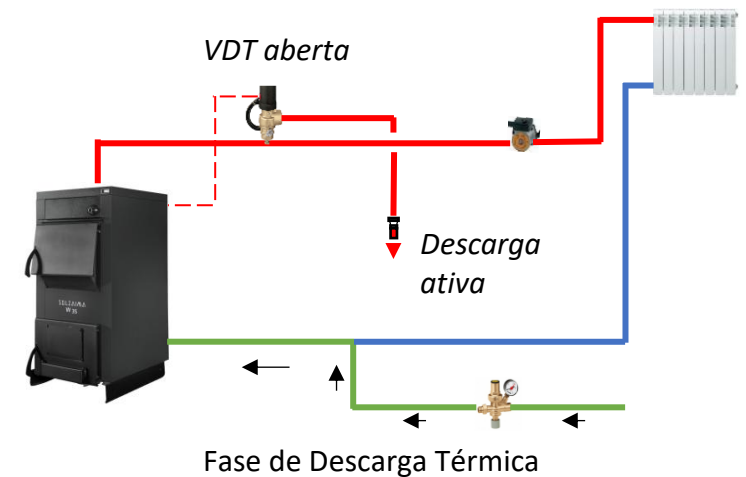
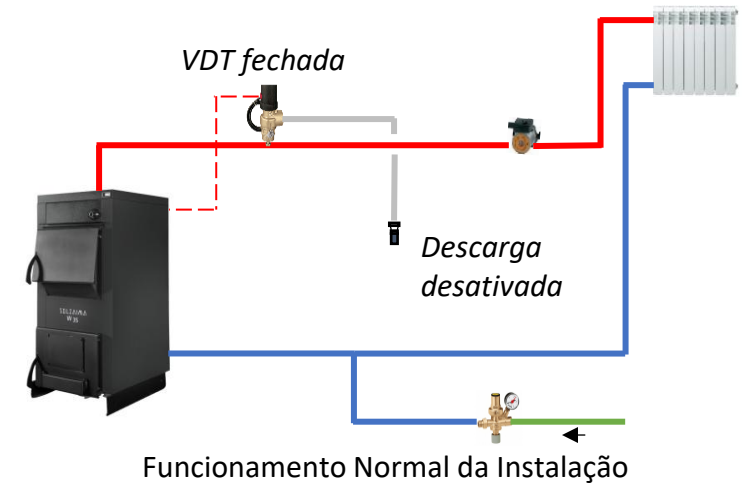
© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt



# Controlo – Família Lenha

**Exemplo de funcionamento incorreto: Caldeira de 35 kW a funcionar direta para radiadores com potência máxima de 25 kW**

1. Cliente efetua carga de lenha próxima da nominal.
2. Bomba começa a circular aos 55°C.
3. Temperatura da água vai aumentando à medida que a energia gerada não é completamente dissipada.
4. Quando chega à temperatura de abertura da VDT, há descarga de água quente e entrada de água fria da rede.
5. Ao fim de algumas utilizações como esta, começa a ser visível creosoto a acumular-se nas paredes da caldeira.
6. O creosoto é um produto da condensação dos gases de combustão, propiciada por variações de temperatura (ex: entrada de água fria).



Levantamento de Necessidades

Cálculo das Necessidades

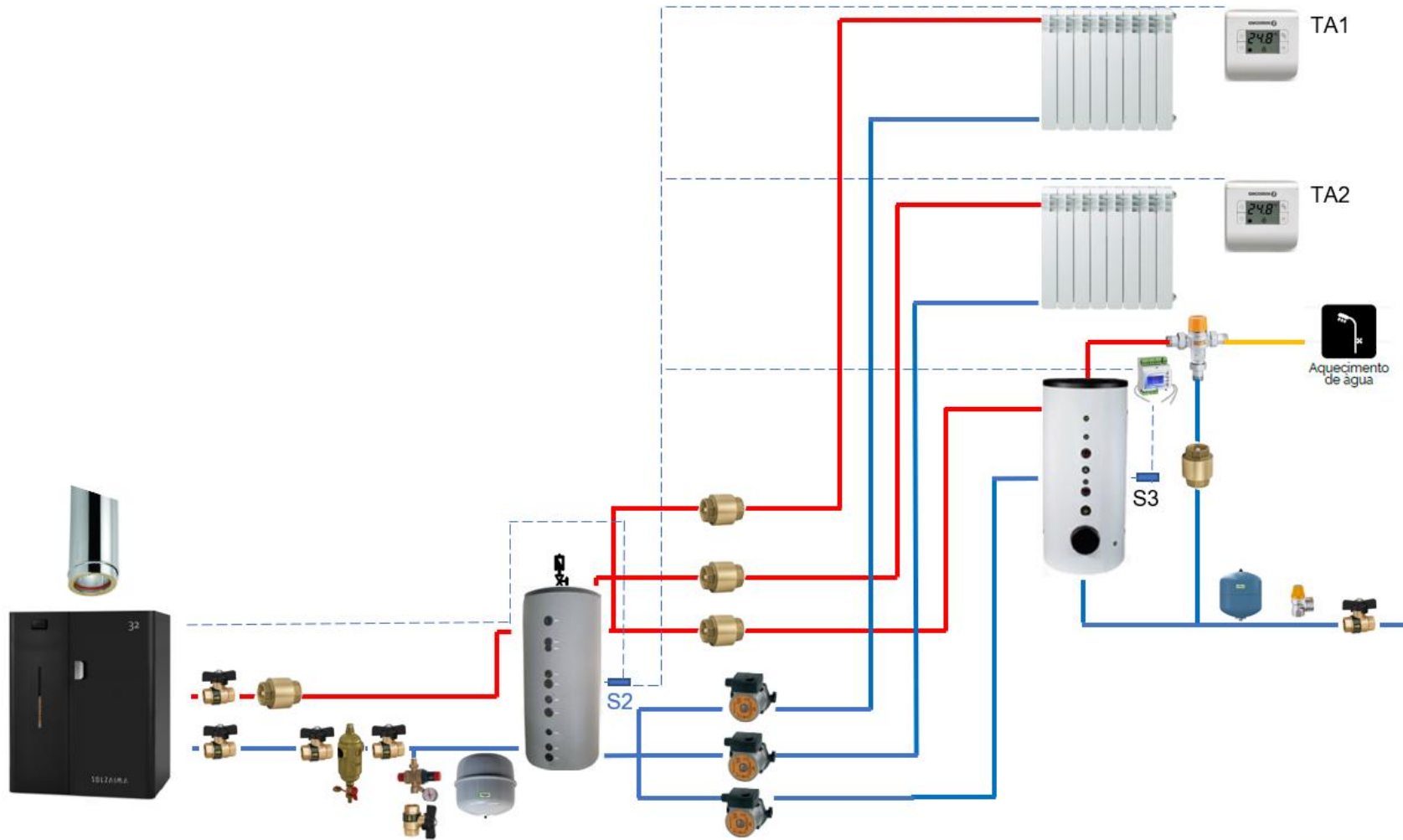
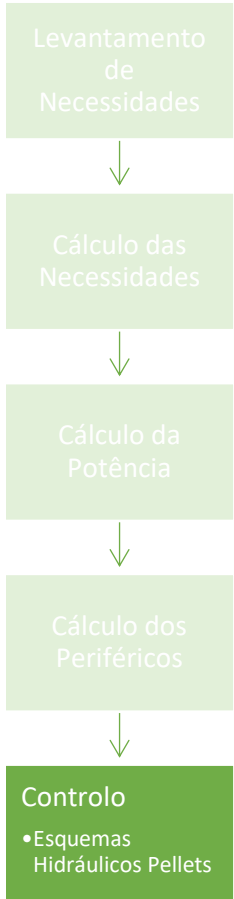
Cálculo da Potência

Cálculo dos Periféricos

Controlo

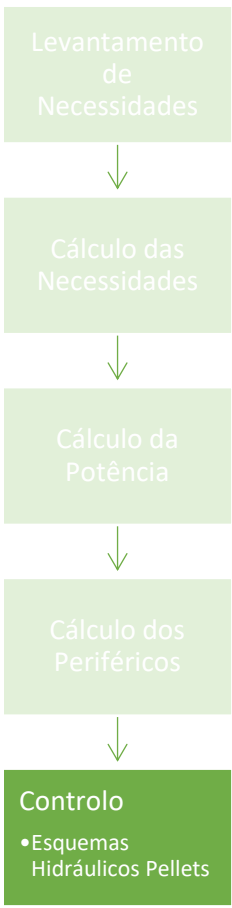
- Esquemas Hidráulicos Pellets

# Esquema Hidráulico – Pellets



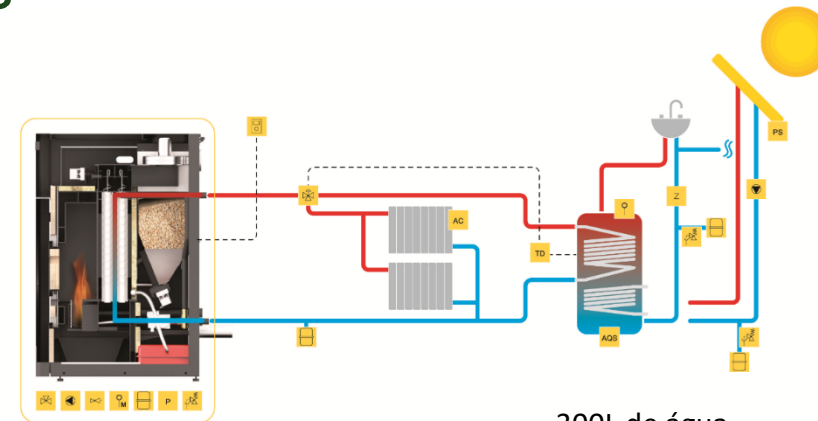
© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

# Controlo – Família Pellets



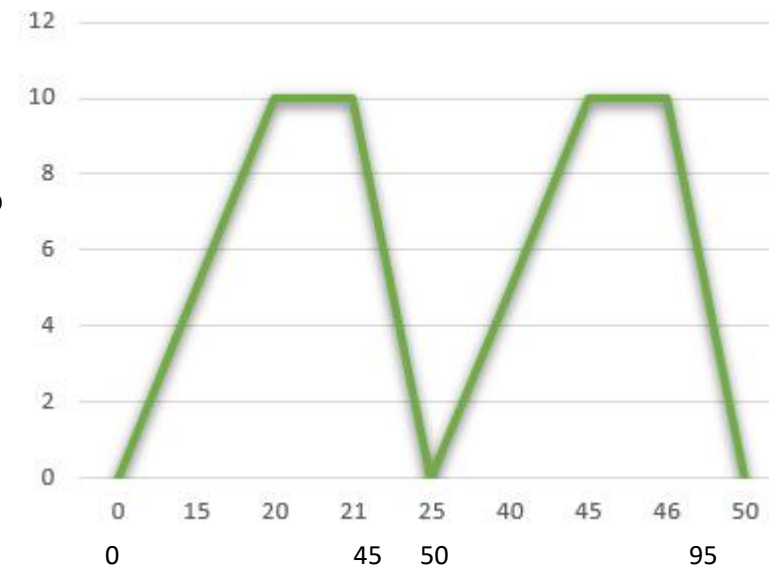
## Exemplo de funcionamento incorreto: AQS com termostato analógico

1. Termostato analógico AQS pede funcionamento aos 62°C.
2. Máquina muda para o estado de acendimento e demora aprox. 15 min a atingir P5.
3. Água sai da caldeira quando  $T > 50^{\circ}\text{C}$ , aprox. 20 min após ordem – início do aquecimento.
4. Admitindo uma perda de 10 °C desde a ordem do termostato analógico, i.e., Temperatura do depósito = 55°C, a Caldeira de 32 kW, à potência mínima (admitindo que começava logo a modelar a 9 kW), teria que aquecer cerca de 4 kWh, o que demoraria aprox. 25 min.
5. Posto isto, poderá acontecer uma de duas situações:
  - a. Atingindo o Set Point do Termoacumulador de 300 L (65°C) o termostato analógico volta a dar ordem para desligar e a máquina desliga-se.
  - b. Atingindo-se o Set Point + Histerese a máquina desliga-se por desativação Hidro.

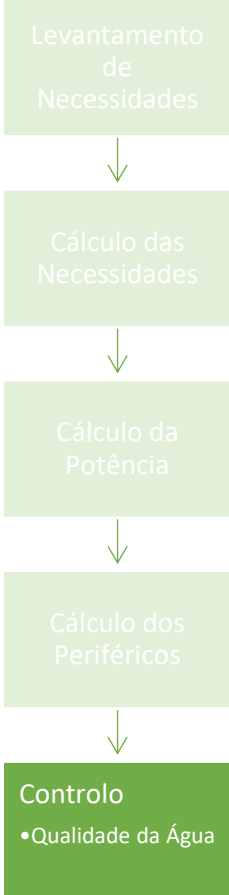


Controlo: Remote  
 Set Point : 70°C  
 Desativação Hidro: ON  
 Histerese: 3 °C  
 Modelação de Bomba: ON

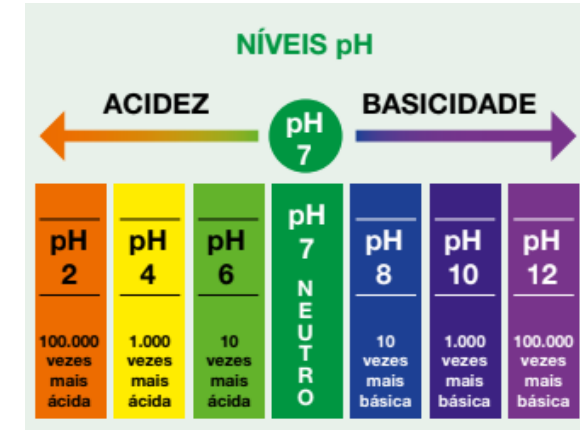
300L de água  
 Set Point = 65°C  
 Histerese: 3°C



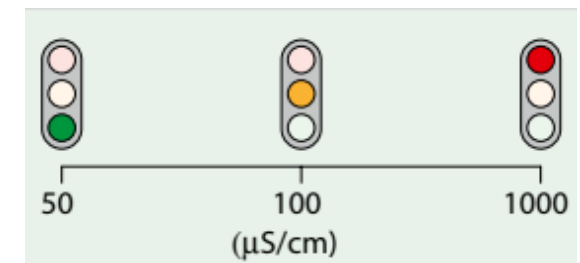
# Propriedades da Água



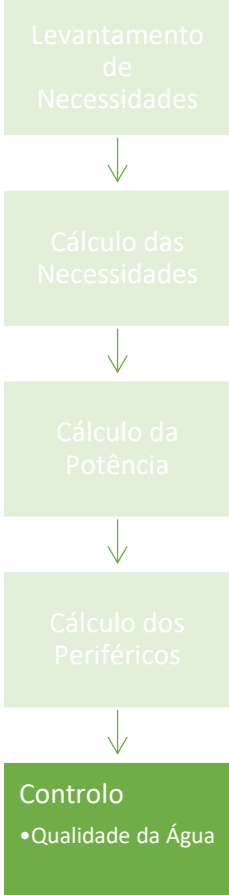
- O **pH** expressa o grau de basicidade ( $\text{pH} > 7$ ) ou acidez ( $\text{pH} < 7$ ) de uma solução aquosa e é um parâmetro base para avaliar a corrosividade. Uma água ácida pode provocar corrosão e uma água básica pode contribuir significativamente para o desenvolvimento de incrustações e para o crescimento microbiológico.
- A **dureza** total expressa a soma de todos os sais de cálcio e magnésio que se encontram dissolvidos na água da instalação e representa-se normalmente em °F (graus franceses). O aumento de temperatura propicia a precipitação dos sais.
- A **condutibilidade elétrica** traduz a quantidade de sais contidos na água e é normalmente expressa em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Elevados níveis de condutibilidade elétrica podem causar corrosão, incrustações ou depósitos.



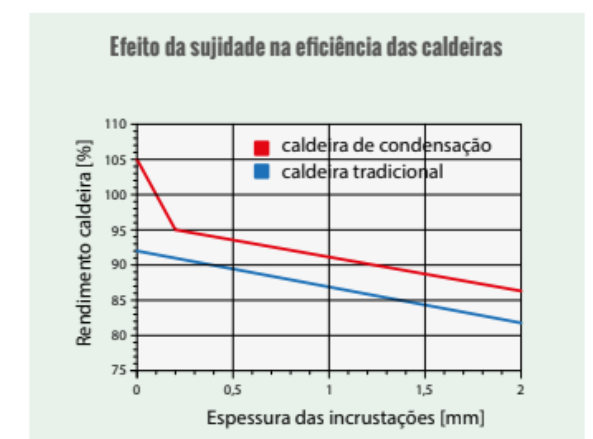
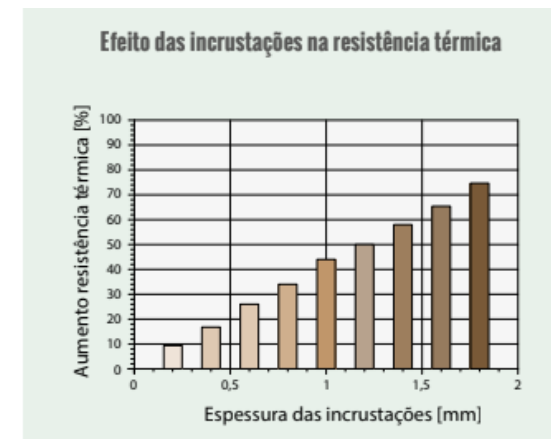
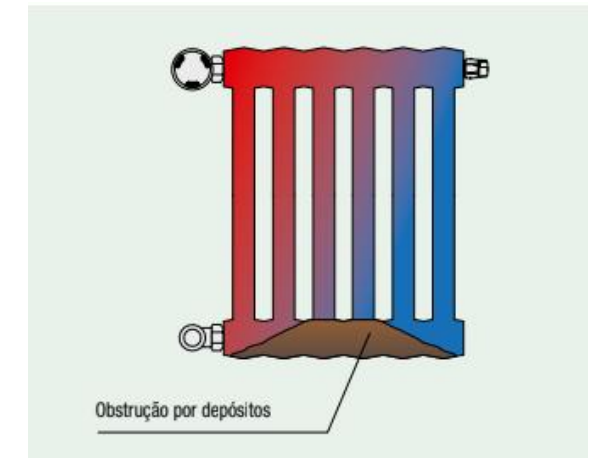
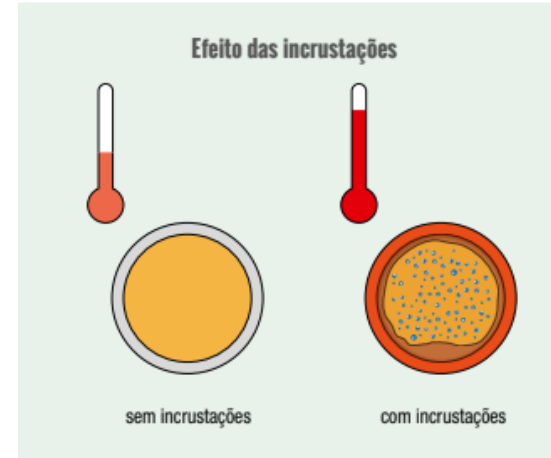
Classificação	Dureza [°f]
Muito macia	0÷8
Macia	8÷15
Pouco dura	15÷20
Dureza média	20÷32
Dura	32÷50
Muito dura	>50



# Incrustações

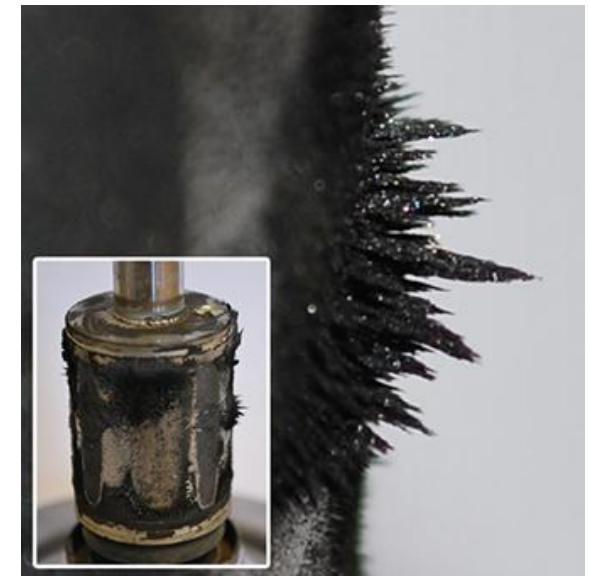
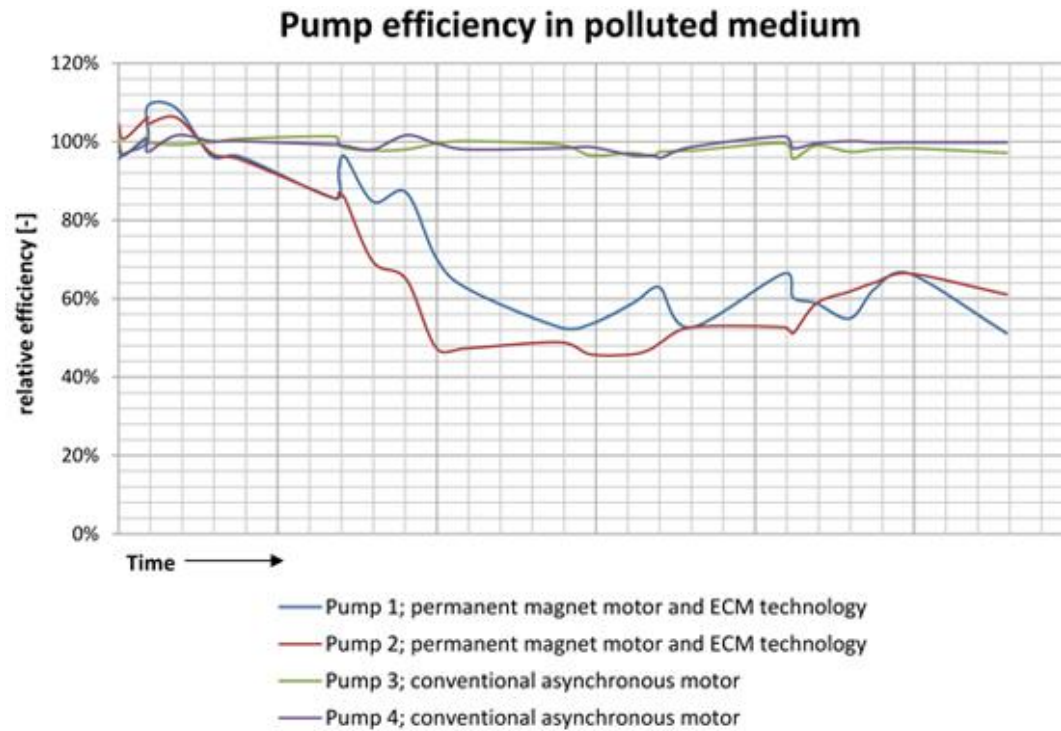
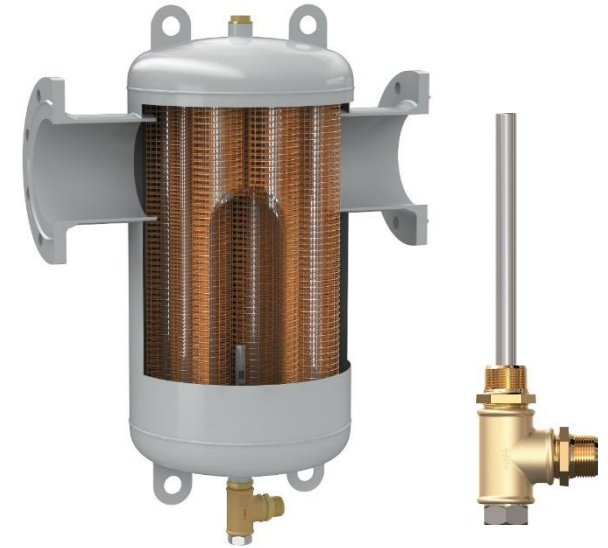


- As **incrustações** criam um aumento da resistência térmica à permuta térmica. Para compensar esta resistência, os sistemas de regulação das caldeiras aumentam a potência do queimador para manter a permuta constante.
- A acumulação de depósitos, poeiras de ferro e magnetite na parte inferior dos emissores de calor, pode causar graves desequilíbrios térmicos, um nível de conforto insuficiente e custos de gestão elevados.
- Uma eventual obstrução pode fechar algumas passagens no interior dos radiadores e evitar que a água quente circule. Como resultado, criam-se zonas frias que já não contribuem para a permuta térmica.

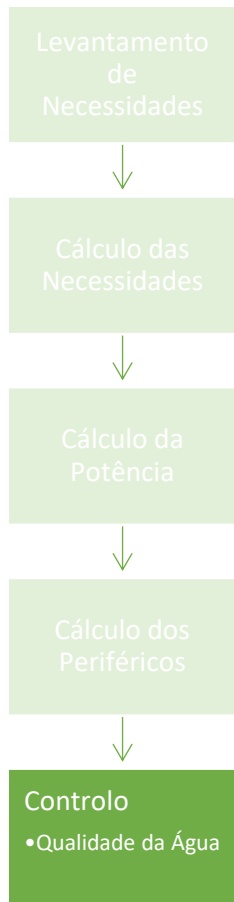


# Partículas Metálicas

- As partículas metálicas (sobretudo ferro) com propriedades magnéticas são uma constante em instalações AC. A instalação de filtros magnéticos é essencial para prevenir avarias em bombas, entupimentos em válvulas anti-condensação, etc.



# Tratamento da Água



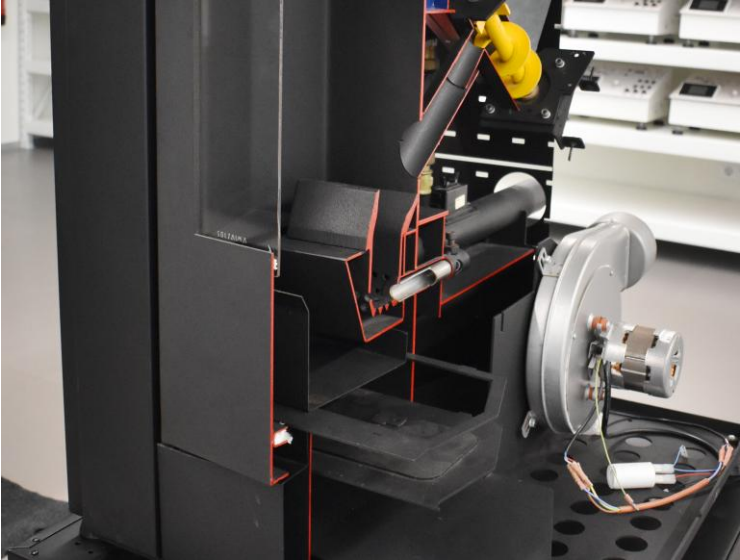
© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

# Componente Prática

Avaliação	Duração	Grupo
Questionário	90 min	Individual



...



© Solzaima Academy. Reprodução Proibida, sem autorização expressa. | www.solzaima.pt

“Mais que formar,  
pretendemos transformar...”



Inscribe-te na nossa Academy e recebe esta formação e outras novidades.



MyClub Fazer parte deste clube é sempre um ponto a seu favor.



Já conheces o nosso Gabinete de Apoio Técnico? Segue o QR e descobre.

SOLZAIMA  
ACADEMY

## Contactos

academy@solzaima.com  
+351 234 650 650

Rua da Cova da Areia (E.M. 605), 695  
3750-071 Aguada de Cima  
Águeda, Aveiro

## Siga-nos!

-  [www.facebook.com/solzaima](http://www.facebook.com/solzaima)
-  [www.instagram.com/solzaima](http://www.instagram.com/solzaima)
-  [www.pinterest.com/solzaima](http://www.pinterest.com/solzaima)
-  [www.youtube.com/channel/UCsICISJO931qXqbt6GIYrDA](http://www.youtube.com/channel/UCsICISJO931qXqbt6GIYrDA)