



# Guia para Instaladores de Colectores Solares

Aquecimento de Água com Garantia de Qualidade



Iniciativa promovida e financiada por



MINISTÉRIO DA ECONOMIA



# Índice

Iniciativa Pública AQSpp	
	Fichas
Primeiras Indicações e Recomendações	01
Unifilar Genérico de uma Instalação de Colectores Solares	02
Características do Colector	03
Ligação entre Colectores	04 - 05
Ligação entre Baterias de Colectores e Rede de Tubagem	06
Montagem de Baterias de Colectores	07
Acessórios dos Colectores Solares	08
Inclinação e Orientação dos Colectores	09 - 10
Sombreamento e Distância entre Fileiras de Colectores	11
Estrutura de Suporte	12
Vaso de Expansão	13
Bomba de Circulação	14
Comando Diferencial	15
Permutador de Calor	16 - 17
Válvula de Segurança	18
Válvula de Retenção	19
Válvula de Passagem	20
Válvula de Três Vias	21
Válvula Misturadora Termostática	22
Depósito de Acumulação	23 - 24
Ligação com o Equipamento de Energia de Apoio	25 - 27
Enchimento do Circuito Primário	28 - 29
Verificação do Funcionamento Global do Sistema	30
Acabamentos Finais	31
Preparação e Programação de Obra	32
Monitorização	33
Soldadura e Brasagem de Tubos de Cobre e Acessórios	34 - 38

## Iniciativa Pública A QSpP

água  
quente  
solar

Em finais de 2001, através da Resolução do Conselho de Ministros nº 154/2001, de 19 de Outubro, foi lançado o programa Eficiência Energética e Energias Endógenas, Programa E4, o qual reúne um conjunto de medidas para melhorar a eficiência energética e o aproveitamento das energias renováveis em Portugal, entre as quais a promoção do recurso a colectores solares para aquecimento de água, quer nos sectores residencial e serviços, quer na indústria: programa Água Quente Solar para Portugal (AQSpP).

Para implementar este programa e aumentar a contribuição dos colectores solares para aquecimento de água, o POE - Programa Operacional da Economia, actual PRIME - Programa de Incentivos à Modernização da Economia, aprovou a iniciativa pública IP-AQSpP promovida pela Direcção Geral de Geologia e Energia (DGGE), potenciando sinergias entre várias instituições com vista à sua concretização: a Agência para a Energia (ADENE), o Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), a Sociedade Portuguesa de Energia Solar (SPES) e a Associação Portuguesa da Indústria Solar (APISOLAR).

O objectivo específico do sub-programa AQSpP é a criação de um mercado sustentável de energia solar, com ênfase na vertente "Garantia da Qualidade", de cerca de 150 000 m<sup>2</sup> de colectores por ano, que poderá conduzir a uma meta da ordem de 1 milhão de m<sup>2</sup> de colectores instalados e operacionais até 2010.

Para contribuir para a sustentabilidade do mercado e uma nova imagem do produto, os profissionais credenciados do sector só instalam equipamentos certificados e oferecem garantias de 6 anos, contra todos os defeitos de fabrico e de instalação, incluindo a manutenção dos equipamentos instalados durante o mesmo período. Esta brochura pretende servir como guia de informação básica para o instalador(a) e a sua formação técnica, contribuindo para a garantia de qualidade das instalações solares térmicas.

> O instalador(a) de colectores solares deverá frequentar um curso de formação que lhe confira um certificado de aptidão profissional (CAP). Para além de adquirir vantagem concorrencial, com a frequência do curso o instalador(a), poderá adquirir conhecimentos que lhe permitam evitar situações de avaria que apenas representarão prejuízos e descrédito no mercado.

> As instalações de colectores solares térmicos podem classificar-se em três categorias consoante a área de captação ( $A_{col}$ ):

### 1. Instalações de pequena dimensão - $A_{col} \leq 10 \text{ m}^2$

- É o caso dos sistemas do tipo KIT, que são habitualmente fornecidos com um esquema de montagem e com todos os componentes necessários para a sua instalação. Quando houver dúvida, o instalador(a) não deverá proceder à montagem sem primeiro contactar o fornecedor.
- Caso opte por fazer uma instalação recorrendo a componentes de diferentes fornecedores, o instalador(a) deverá procurar apoio junto do fornecedor dos colectores solares, no sentido de garantir uma montagem correcta. É indispensável saber quais os limites das temperaturas e pressões de trabalho no sistema, de forma a assegurar, junto dos respectivos fornecedores, que cada componente e / ou acessório é o indicado para utilizar na instalação. É habitual este tipo de apoio, estando a maioria dos fornecedores preparados para o prestar [fichas 16 a 27].

### 2. Instalações de média dimensão - $10 \text{ m}^2 < A_{col} < 100 \text{ m}^2$

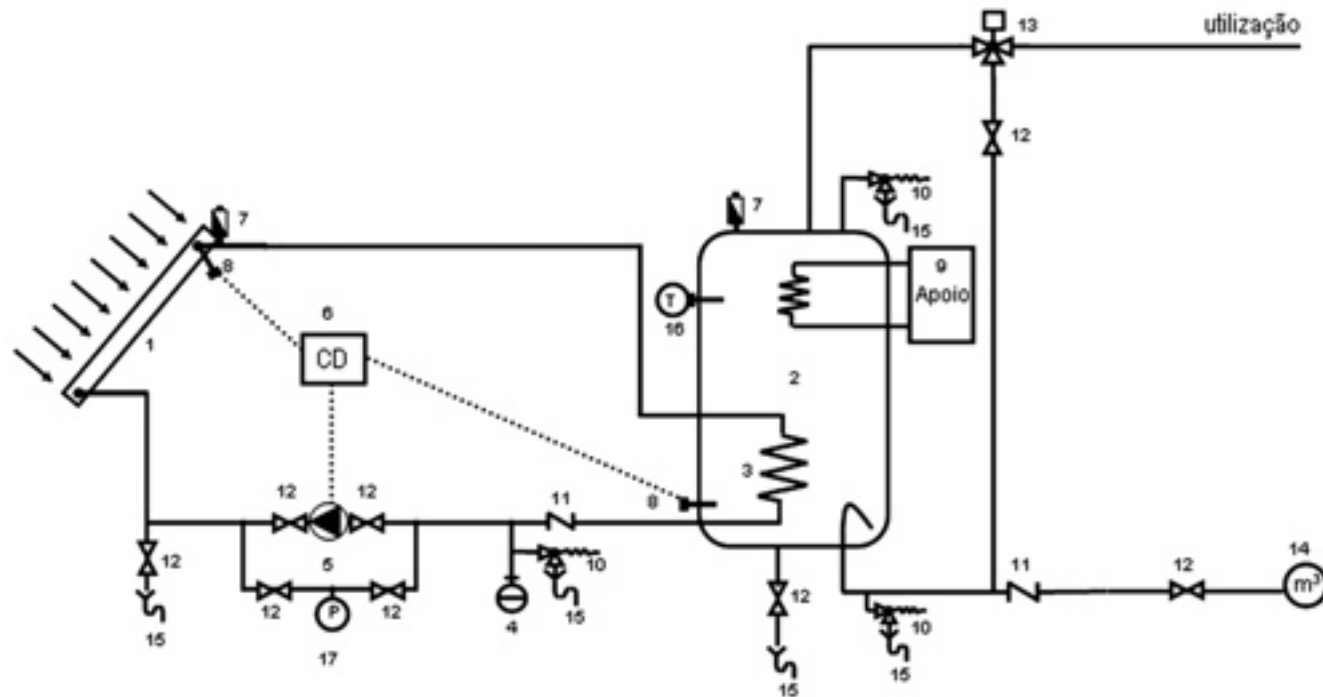
- É indispensável um projecto, devendo o instalador(a) estar habilitado a interpretá-lo por forma a executá-lo correctamente.
- Aconselha-se a instalação de um conjunto de acessórios que permitam, em qualquer altura, a monitorização do sistema [ficha 33].

### 3. Instalações de grande dimensão - $A_{col} > 100 \text{ m}^2$

- É indispensável um projecto, devendo o instalador(a) estar habilitado a interpretá-lo por forma a executá-lo correctamente.
- Aconselha-se a instalação de acessórios e equipamentos que permitam a monitorização permanente do sistema [ficha 33].

## Unifilar Genérico de uma Instalação de Colectores Solares

água  
quente  
solar



1\_colector solar; 2\_depósito de acumulação; 3\_permutador de calor; 4\_vaso de expansão; 5\_bomba circuladora;  
6\_comando diferencial; 7\_purgador de ar; 8\_sonda de temperatura; 9\_energia de apoio; 10\_válvula de segurança;  
11\_válvula de retenção; 12\_válvula de passagem; 13\_válvula misturadora; 14\_contador de água; 15\_esgoto sifonado  
16\_termómetro; 17\_manómetro

## Características do Colector

É possível prever o comportamento térmico de um colector solar a partir das **características obtidas em ensaios** (Rendimento Óptico -  $F'\eta_0$  e Factor de Perdas -  $F'U_L$ ). Estes valores têm de ser fornecidos pelo fabricante.

A tabela apresenta 4 exemplos do comportamento térmico dos colectores mais comuns, e pode ajudar a prever o comportamento térmico de um outro colector. Basta situá-lo na tabela, de acordo com as suas características próprias ( $F'\eta_0$ ,  $F'U_L$ ,  $A_{col}$ ).

Tipo de colector	Sem cobertura	Preto baço	Selectivo	CPC
Rendimento óptico ( $F'\eta_0$ )	0,9	0,75	0,75	0,70
Factor de perdas ( $F'U_L$ ) ( $W/^\circ C m^2$ )	20	8,5	5,3	3,4
Temperatura de estagnação ( $^\circ C$ )	65	108	162	226
Caudal recomendado ( $kg/hm^2$ )	172	73	46	29
Área de cobertura transparente ( $A_{col}$ ) ( $m^2$ )	2	2	2	2
Temperatura de entrada ( $T_{in}$ ) ( $^\circ C$ )	25,0   40,0	25,0   40,0	25,0   40,0	25,0   40,0
Temperatura de saída ( $T_{out}$ ) ( $^\circ C$ )	28,8   42,4	32,9   46,5	37,9   51,5	44,3   57,8

**Nota:** para obter estes valores, considerou-se: fluido com 20% de anti-congelante; temperatura ambiente  $20^\circ C$ ; radiação solar  $1\ 000\ W/m^2$ .

## Ligação entre Colectores (1/2)

Os esquemas de ligação entre colectores apresentam as seguintes **vantagens** e **inconvenientes**:

### > Ligação em série



baixo custo

instalação simples

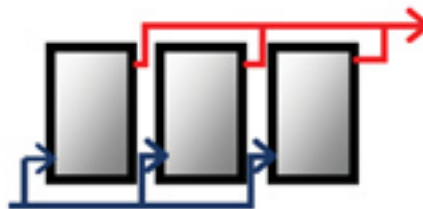
qualquer colector (1)

nº colectores máx.  
(contacte o fornecedor)

menor rendimento

maior perda de carga

### > Ligação em paralelo



custo mais elevado

instalação menos simples

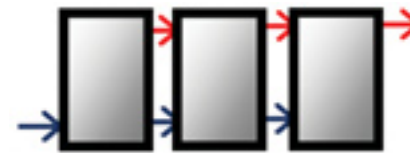
qualquer colector (1)

maior número de colectores (2)

maior rendimento

menor perda de carga

### > Ligação em paralelo de canais



baixo custo

instalação simples

só é possível em colectores  
com 4 entradas

máximo aconselhável  
4 colectores

maior rendimento

menor perda de carga

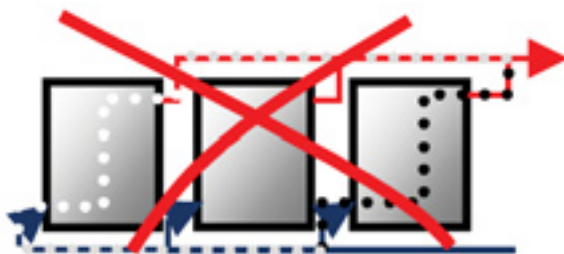
**Nota (1):** existem colectores com entrada e saída apenas no topo ou na parte inferior. O esquema de ligação em série e em paralelo é semelhante ao que se apresenta acima embora não seja possível a ligação em paralelo de canais.

**Nota (2):** o custo deste tipo de ligação e o equilíbrio hidráulico condicionarão o número máximo de colectores do projecto.

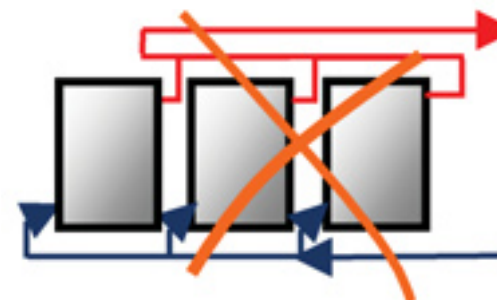
## Ligação entre Colectores (2/2)

O esquema de ligação entre colectores deve assegurar o equilíbrio hidráulico do circuito, para otimizar o rendimento global:

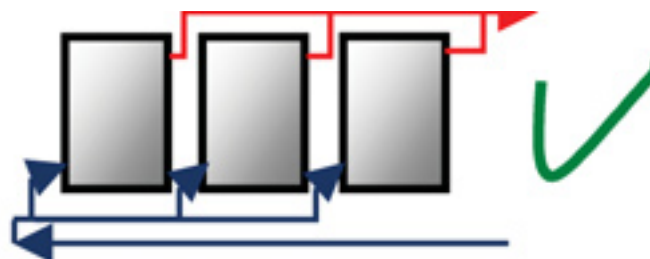
> circuito não equilibrado hidraulicamente



> retorno invertido



> alimentação invertida  
(menores perdas térmicas na rede de tubagem)





## Ligação entre Baterias de Colectores e Rede de Tubagem

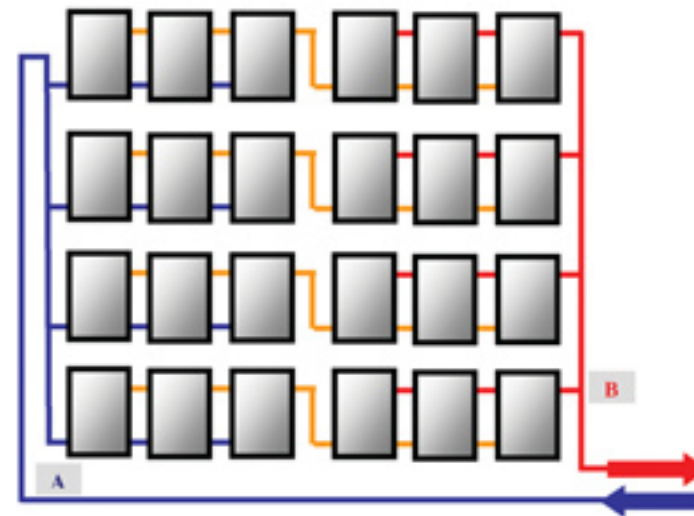
> Em instalações de maior dimensão pode optar-se, quando possível, por ligações em paralelo de canais e / ou em série entre colectores pertencentes a um mesmo grupo (bateria), sem prejudicar o bom funcionamento do sistema. O equilíbrio hidráulico é conseguido, como mostra o exemplo, através das ligações (alimentação invertida) entre baterias.

> No caso de existirem baterias diferentes (diferente número de colectores), o caudal em cada uma delas tem que ser ajustado para o valor recomendado (por m<sup>2</sup>) [ficha 3], por forma a que a temperatura de saída seja igual em todas.

### Equilíbrio Hidráulico

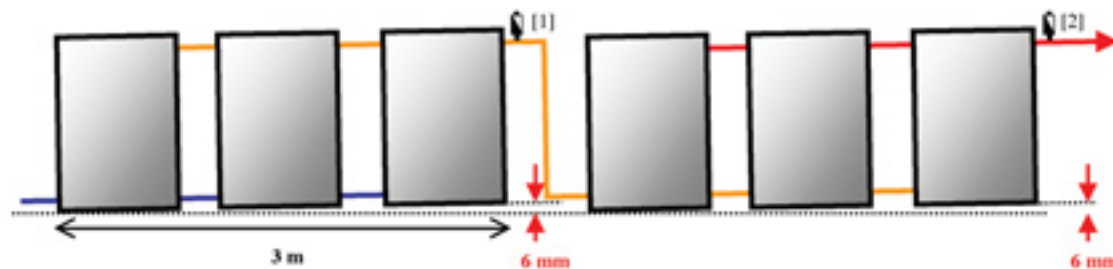
- A** - A última bateria de colectores a ser alimentada
- B** - É a primeira bateria a devolver o fluido (quente)

**Importante:**  
Em caso de dúvida **contacte o fornecedor**



## Montagem de Baterias de Colectores

- > No enchimento de um circuito hidráulico, entra sempre ar que se encontra dissolvido na água. A existência de bolsas de ar ao longo da rede de tubagem e colectores pode impedir a circulação do fluido e, conseqüentemente o funcionamento do sistema.
- > É recomendável montar as fileiras de colectores com uma ligeira inclinação (levantar aproximadamente 2 mm por cada metro de comprimento), como mostra o exemplo da figura, para facilitar a saída dessas bolsas de ar, aquando do enchimento do circuito.
- > Sempre que haja uma descida na rede de tubagem [1], e à saída de uma bateria de colectores (antes da ligação à rede de tubagem principal) [2], é indispensável a colocação de purgadores de ar [ficha 8].



## Acessórios dos Colectores Solares

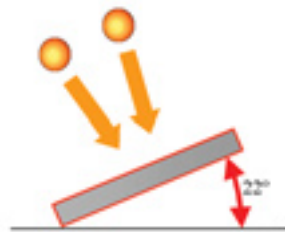
Ao escolher e montar os acessórios nos colectores ter em atenção:

- > a sonda de temperatura tem de ficar mesmo dentro da saída do colector, e bem justa à bainha do acessório, como mostra a figura;
- > o tipo de purgador utilizado depende da temperatura de funcionamento do sistema. Nos sistemas em que a temperatura não ultrapassa os 150°C, para facilitar a purga, podem utilizar-se purgadores de ar automáticos, precedidos de uma válvula de corte, que deve ser fechada quando não houver mais ar no circuito. Por outro lado, nos sistemas que atingem temperaturas superiores a 150°C, apenas podem ser utilizados purgadores manuais (sem manípulo), adequados para a temperatura máxima prevista.

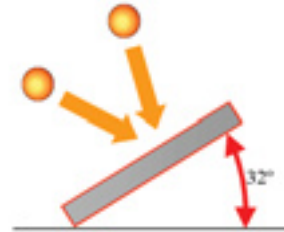


## Inclinação e Orientação dos Colectores (1/2)

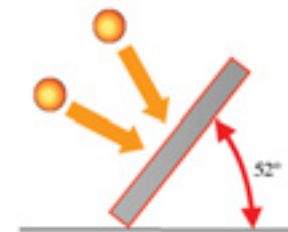
- > **A inclinação ideal** [ficha 10] com que devem ser montados os colectores solares, depende da localização geográfica (latitude) e do período do ano de maior consumo de água quente (utilização mais concentrada).
- > Por exemplo, se a instalação tem como objectivo produzir água quente sanitária (AQS) para uma residência de utilização permanente, **a inclinação ideal** [ficha 10] deve permitir captar a maior quantidade de energia durante todo o ano.
- > Um exemplo diferente é o caso de um hotel de temporada que pode estar completo no semestre de Verão (Abril a Setembro) e menos ocupado no semestre de Inverno (Outubro a Março) ou vice-versa. Neste caso, **a inclinação ideal** [ficha 10] deverá permitir captar a maior quantidade de energia na temporada de maior utilização.
- > As figuras mostram a variação da altura do sol nos 3 períodos referidos e a respectiva inclinação recomendada em Faro.



Exemplo  
Faro - Semestre Verão



Exemplo  
Faro - Todo o ano



Exemplo  
Faro - Semestre Inverno

## Inclinação e Orientação dos Colectores (2/2)

- > A tabela apresenta a regra para obter a **inclinação ideal**, e dá exemplos para diferentes períodos de maior consumo de água quente, em três localizações geográficas com diferentes latitudes.
- > Atenção aos sistemas em termossifão: alguns podem não funcionar com inclinações inferiores a 15°.
- > Há sistemas em monobloco (colector com depósito acoplado) com limitação da inclinação máxima. Informe-se com o fornecedor.
- > A orientação ideal para os colectores solares é o Sul geográfico (5° a Oeste do Sul magnético).
- > Por vezes, por razões estéticas e / ou de segurança, é preferível assumir desvios à inclinação e / ou orientação ideais. Por exemplo, um colector instalado sobre o telhado, com a mesma inclinação, pode produzir menor impacto visual estético.
- > Desvios até 20° para Este ou Oeste na orientação e / ou até  $\pm 15^\circ$  na inclinação não prejudicam mais do que 5% na captação. Em caso de desvios superiores contacte o fornecedor.
- > Devido às neblinas matinais (muito prováveis no litoral), se houver necessidade de fazer um desvio na orientação, é preferível fazê-lo na direcção oeste para retardar um pouco a captação.

Período de Maior Consumo	INCLINAÇÃO IDEAL		
	Todo o ano	Semestre de Verão	Semestre de Inverno
<b>Localização Geográfica (Latitude)</b>	Latitude - 5°	Latitude - 15°	Latitude + 15°
Bragança (41,84° N)	37°	27°	57°
Lisboa (39,06° N)	34°	24°	54°
Faro (37,47° N)	32°	22°	52°

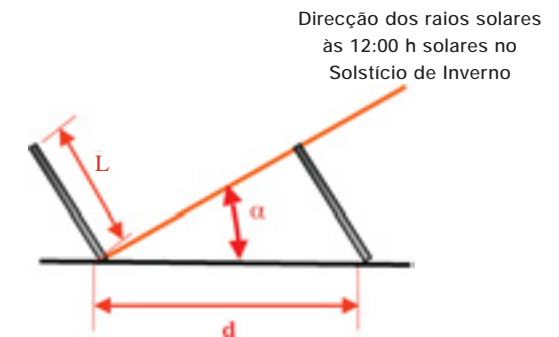
← Regra

## Sombreamento e Distância entre Fileiras de Colectores

> De uma forma geral os colectores solares devem ser montados num local livre de sombras. O instalador(a) deverá ter em consideração não só os obstáculos existentes como também os que estão previstos para o futuro, tais como, por exemplo: edifícios próximos, chaminés, caixas de ascensores e árvores.

> No caso de várias fileiras de colectores, deverá garantir-se que estas não projectam sombra umas sobre as outras. Para isso, o instalador(a) deverá respeitar uma distância entre fileiras. A tabela indica qual a distância mínima entre fileiras de colectores ( $L = 2$  m), a instalar numa cobertura em terraço, para as inclinações dos exemplos apresentados na ficha 10. Se respeitar esta distância (colectores com 2 m de comprimento) não terá problemas.

	d - distância mínima entre fileiras (m)		
	Período de utilização da instalação solar		
Localização (Latitude)	Todo o ano	Semestre de Verão	Semestre de Inverno
Bragança (41,84° N)	4,2	2,6	4,7
Lisboa (39,06° N)	3,8	2,5	4,3
Faro (37,47° N)	3,6	2,4	4,1



## Estrutura de Suporte

Ao montar a estrutura de suporte o instalador(a) deverá ter em consideração os seguintes aspectos:

- > não debilitar de forma alguma a estrutura do telhado. Verificar bem o estado de conservação das coberturas (em especial as mais antigas), que podem não estar aptas para suportar o peso de um sistema solar;
- > no caso de sistemas monobloco, não esquecer a carga adicional da massa de água correspondente ao volume do depósito;
- > garantir a perfeita impermeabilização dos furos feitos em lajes e em telhas. O instalador(a) não deverá esquecer que eventuais problemas que surjam, após a montagem do sistema, ser-lhe-ão atribuídos;
- > a estrutura de suporte não pode impedir o escoamento correcto da água da chuva. Especial atenção para o caso de coberturas com telhas planas;
- > devem utilizar-se parafusos, porcas e anilhas em aço inoxidável;
- > proteger a estrutura metálica da corrosão;
- > garantir a resistência da estrutura à acção do vento e à acção sísmica;
- > fixar a estrutura de suporte a sapatas de betão, nos casos em que a superfície de instalação é terra.



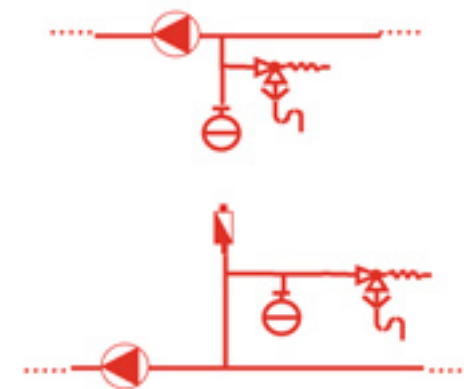
## Vaso de Expansão

Um fluido dilata (aumenta o volume) quando é aquecido. Num circuito solar (fechado), é o vaso de expansão que permite compensar essa dilatação, impedindo que a válvula de segurança descarregue. Em condições normais de funcionamento, a válvula de segurança do circuito primário não deve actuar. Se isso acontece é sinal de que existe alguma anomalia. O vaso de expansão já vem de fábrica com uma pré-carga. No entanto, a pressão de carga deverá ser rectificadada, de modo a que seja igual a dois terços da pressão do circuito primário (a frio e com a bomba de circulação parada - pressões absolutas). No quadro é apresentado um exemplo. O vaso de expansão deverá ser montado de acordo com uma das duas alternativas apresentadas.

	Pressão (bar)	
	P <sub>relativa</sub>	P <sub>absoluta</sub>
Pressão no circuito - P <sub>circ.</sub>	3,0	4,0 <sup>1</sup>
Pressão no vaso de expansão vindo de fábrica	1,5 <sup>1</sup>	2,5
Pressão necessária no vaso de expansão - P <sub>v.e.</sub>	1,7	2,7 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Para o caso de um vaso de expansão de 50 litros

<sup>2</sup>  $P_{v.e.} = \frac{2}{3} \leftrightarrow P_{circ.}$  (dois terços da pressão absoluta do circuito primário)



desmontado



a frio com a  
bomba parada



com o fluido  
quente





## Bomba de Circulação

Instala-se em linha com a tubagem:

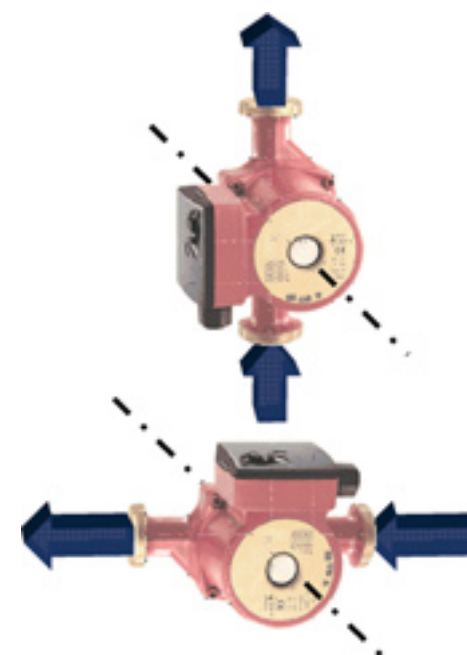
- > na horizontal ou na vertical **mas ...**  
... **sempre** com o eixo do motor na horizontal.
- ... **sempre** com a caixa de ligações eléctricas acessível (para cima ou para o lado).

Respeitar o sentido de fluxo indicado na própria bomba

Instala-se na parte mais baixa do circuito hidráulico:

- > no tubo de ida para os colectores (circuito primário);
- > no tubo de ida para o permutador (circuito secundário);
- > sempre entre válvulas de seccionamento sem manípulo.

Atenção à temperatura limite de funcionamento. Verificar qual a temperatura máxima de funcionamento do sistema.



## CD

## Comando Diferencial

O comando diferencial analisa a diferença de temperaturas entre o ponto mais quente e o ponto mais frio do sistema solar térmico fazendo accionar ou parar a bomba de circulação.

Existem comandos com mais funções, para utilização em sistemas com múltipla aplicação, como é o caso de AQS juntamente com o aquecimento de uma piscina ou de um piso radiante. Para esses casos, consulte o fornecedor do equipamento, por forma a garantir o correcto funcionamento do sistema.

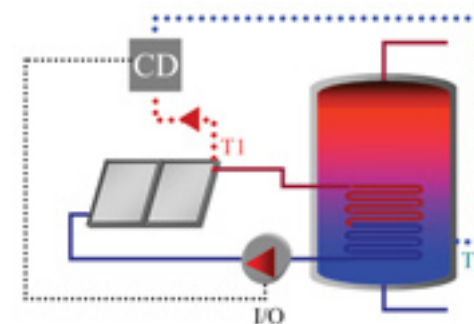
A figura seguinte mostra o esquema de ligações mais simples, assim como a regulação de temperatura recomendada.

$\Delta T$  arranque

$$T1 - T2 > 5 \text{ a } 6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$\Delta T$  paragem

$$T1 - T2 < 2 \text{ } ^\circ\text{C}$$





## Permutador de Calor (1/2)

água  
quente  
solar

> Recomenda-se uma potência de permuta de  $750 \text{ W/m}^2$  de área de captação.

> A eficácia do permutador deve ser tanto maior quanto possível para que o fluido térmico regresse aos colectores com uma temperatura baixa, não prejudicando o rendimento da instalação.

> O permutador de calor pode ser interno (quando está dentro do depósito) ou externo (quando está fora do depósito).

> Os permutadores internos podem ser, por exemplo, de camisa ou de serpentina, como mostram as figuras.

### permutador de camisa



utilizado para  
pequenos volumes

pode apresentar  
baixa eficácia (0,35)

### permutador de serpentina



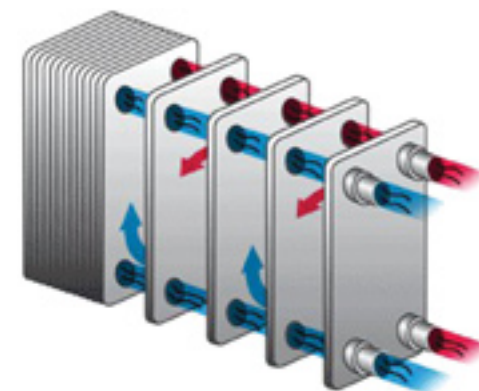
utilizado para pequenos  
e médios volumes de  
armazenamento

pode apresentar eficácias  
relativamente maiores (0,55)



## Permutador de Calor (2/2)

- > Os permutadores externos são, por exemplo, permutadores de placas e podem apresentar algumas vantagens.
- > Têm elevada eficácia (0,75), devido ao funcionamento em contracorrente como mostra a figura.
- > A sua manutenção é mais fácil pois são desmontáveis e de limpeza relativamente simples.
- > São moduláveis, podendo, caso seja necessário, acrescentar-se placas por forma a aumentar a potência.
- > Em instalações com volumes de acumulação maiores que 3 000 litros, recomenda-se a utilização deste tipo de permutador.
- > Necessitam de um bom isolamento térmico (muitas vezes esquecido). Na utilização para o aquecimento de piscinas, deverá escolher-se um permutador de material resistente à corrosão causada pelo tratamento da água.





## Válvula 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 actua deixando escapar fluido, deve ser inferior à pressão que possa suportar o elemento mais delicado do circuito. A tabela apresenta a temperatura de ebulição da água em função da pressão.
- > No circuito primário colocam-se junto ao vaso de expansão [ficha 13].
- > Colocam-se também junto da entrada de água fria dos depósitos de acumulação [ficha 23]. Nos casos em que há mais do que um depósito, o instalador(a) deverá colocar uma válvula de segurança em cada um.
- > Verificar que a válvula está indicada para a temperatura limite de funcionamento.
- > Não pode haver nenhuma válvula entre a válvula de segurança e o circuito ou o depósito a proteger.
- > Devem ser manuseadas periodicamente, em operações de manutenção, para não bloquearem.

Pressão de saturação [bar]	1	1.5	2	3	4	5	6
Temp. de ebulição da água [°C]	100	111.4	120.2	133.5	143.6	151.8	158.8



# Z

## Válvula de Retenção

- > As válvulas de retenção permitem a passagem do fluido num sentido, impedindo-a em sentido contrário.
- > O instalador(a) deverá verificar que as válvulas utilizadas são indicadas para a temperatura limite de funcionamento do circuito.
- > Utilizam-se no circuito primário e na entrada de água fria dos depósitos [ficha 23]. Nos sistemas em termossifão apenas são recomendadas válvulas com perda de carga associada muito baixa. O instalador(a) deverá informar-se com o fornecedor do equipamento, uma vez que esse acessório faz parte do *kit* de montagem.
- > No circuito primário, deverá ser colocada no retorno do fluido, antes do vaso de expansão [ficha 13].
- > A figura apresenta exemplos de válvulas de retenção.



Válvulas de retenção



Válvula de retenção e de fecho



## Válvula de Passagem

> As válvulas de passagem permitem interromper total ou parcialmente a passagem do fluido pelas tubagens.

- As de fecho total servem, por exemplo, para isolar uma parte do sistema para manutenção.
- As de fecho parcial podem servir para produzir uma perda de carga adicional por forma a equilibrar a instalação.

> Para evitar o seu fecho acidental, em certos locais do circuito, estas válvulas não devem ter manípulo (existe a possibilidade de regulação com chave própria).

> O instalador(a) deve verificar se as válvulas de passagem a utilizar são as indicadas para a temperatura limite de funcionamento do sistema.

> As figuras mostram exemplos de válvulas de passagem.



Válvula de macho esférico



Válvula de regulação



## Válvula de Três Vias

As válvulas de três vias:

- > permitem a circulação do fluido por vias alternativas, sendo úteis, por exemplo, nos casos em que os sistemas têm múltiplas aplicações (AQS e piscina ou aquecimento ambiente) [ficha 15], ou quando se pretende fazer um *bypass* a um equipamento de energia de apoio [ficha 25];
- > podem ser automáticas, sendo o seu funcionamento accionado pelo comando diferencial [ficha 15];
- > o instalador(a) deverá verificar a temperatura máxima de funcionamento;
- > as figuras mostram o exemplo de uma válvula de três vias.







## Válvula Misturadora Termostática

> A colocação de uma válvula misturadora termostática, à saída do depósito de acumulação (do qual sai a água quente para o consumo) [ficha 23], permite a mistura de água fria da rede com a água quente do depósito para uma dada temperatura regulada, pretendida para o consumo.

> A sua utilização:

- possibilita a extracção de maiores volumes de água;
- promove a utilização racional de energia;
- pode evitar queimaduras.

> Deverá verificar-se a temperatura limite de funcionamento e a gama de regulação.

> A figura mostra um exemplo de válvula misturadora termostática.

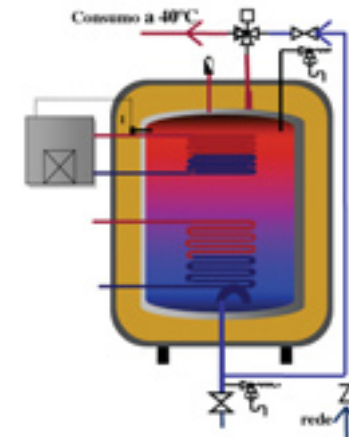


## Depósito de Acumulação (1/2)

- > Ao escolher o depósito deverá ter-se em consideração:
  - o material de que é feito (potabilidade da água e tempo de vida);
  - optar por depósitos verticais, sempre que possível;
  - colocar, de preferência, os depósitos no interior dos espaços;
  - optar pela menor relação possível superfície / volume;
  
- > e exigir:
  - sistema de entrada da água (deflectores);
  - colocação do permutador do circuito solar (baixo).

- > Ao instalar o depósito deverá ter-se em consideração:
  - colocar isolamento a toda a volta e na base;
  - isolar a zona dos pés de apoio;
  - proteger o depósito mecanicamente.

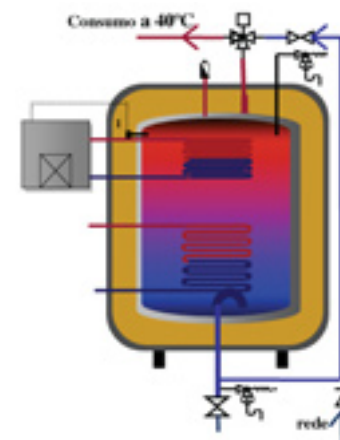
Poderá utilizar manta aramada de lã de rocha com densidade entre 70 e 125 kg/m<sup>3</sup> e espessura a partir de 60 mm, ou equivalente (adequado à temperatura máxima).



## Depósito de Acumulação (2/2)

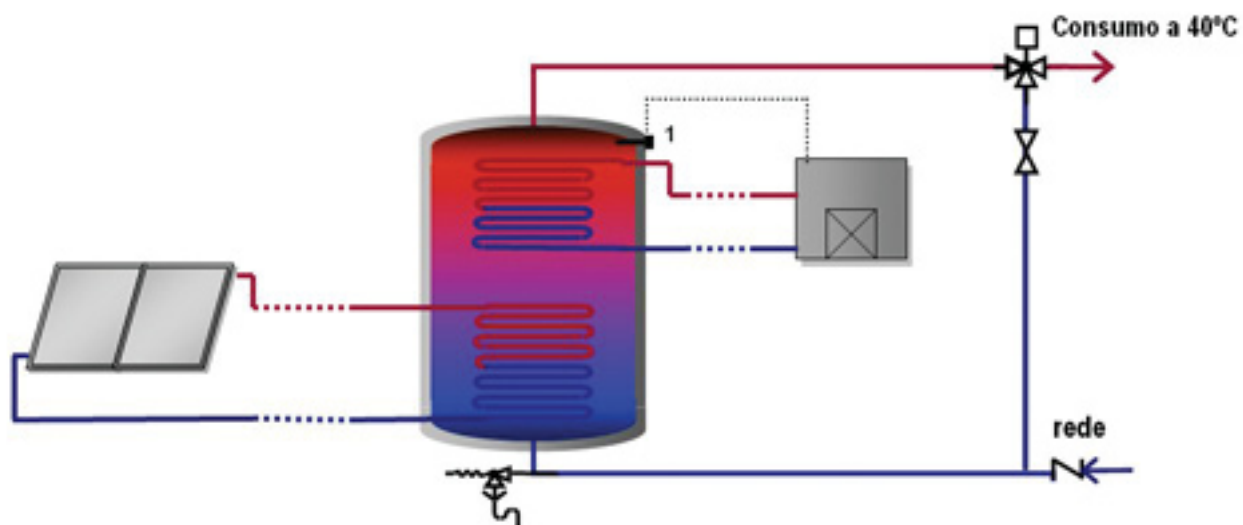
Ao montar os acessórios e elementos de segurança não esquecer:

- > montar válvula de segurança (pressão) na entrada de água fria;
- > montar válvula de segurança (pressão e temperatura) na parte superior;
- > verificar se existe purgador de ar;
- > montar válvula misturadora na saída para o consumo (respeitar sempre as ligações indicadas pelo fabricante);
- > na ligação entre a rede de tubagem e o depósito, utilizar materiais compatíveis para eliminar riscos de corrosão galvânica;
- > garantir que a sonda de temperatura que comanda o funcionamento do equipamento de apoio [1] energético fica bem presa;
- > no caso de apoio eléctrico (que também deverá ser colocado na zona que fica a cerca de 1/3 da zona do depósito), é necessária uma protecção de 30mA e deve usar-se um relógio programador.



## Ligação com o Equipamento de Energia de Apoio (1/3)

No caso de um só depósito com dois permutadores deverá respeitar-se o esquema indicado na figura por forma a promover a estratificação.

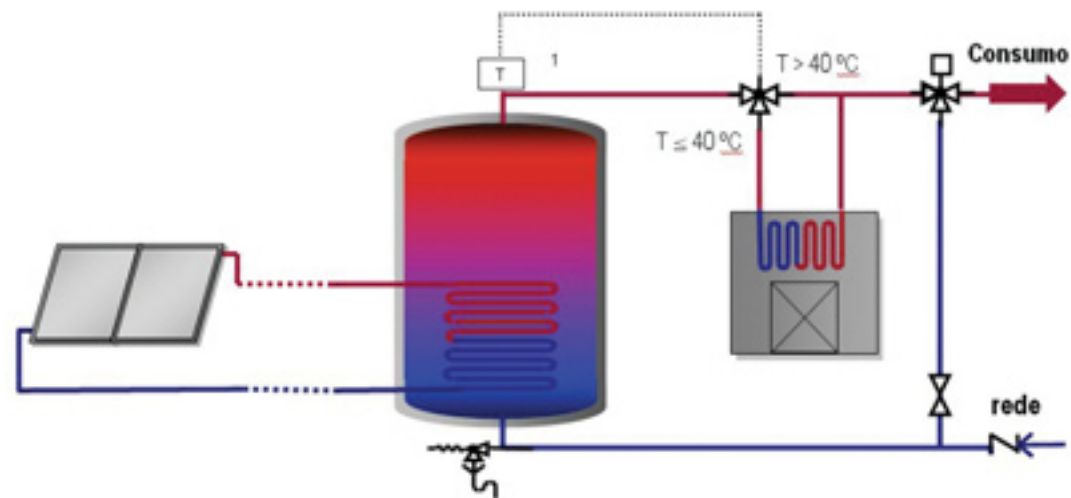


## Ligação com o Equipamento de Energia de Apoio (2/3)

No caso de ligação em série do depósito de acumulação com o equipamento de aquecimento instantâneo, deverá seguir-se o esquema indicado e ter em consideração:

- > só se deve optar por este tipo de ligação se o equipamento de aquecimento instantâneo estiver preparado para receber água quente;
- > deve deixar um *bypass* para que no Verão o depósito solar possa fornecer directamente o consumo (caso seja possível);
- > pode ser colocado um termostato [1], à saída do depósito, para comandar uma válvula de 3 vias motorizada. Se a temperatura for superior a 40°C a válvula comuta para o circuito que vai directamente para o consumo, caso seja menor ou igual a 40°C, comuta para o circuito da caldeira.

**Nota:** para a colocação de todos os dispositivos de segurança ver ficha 2.

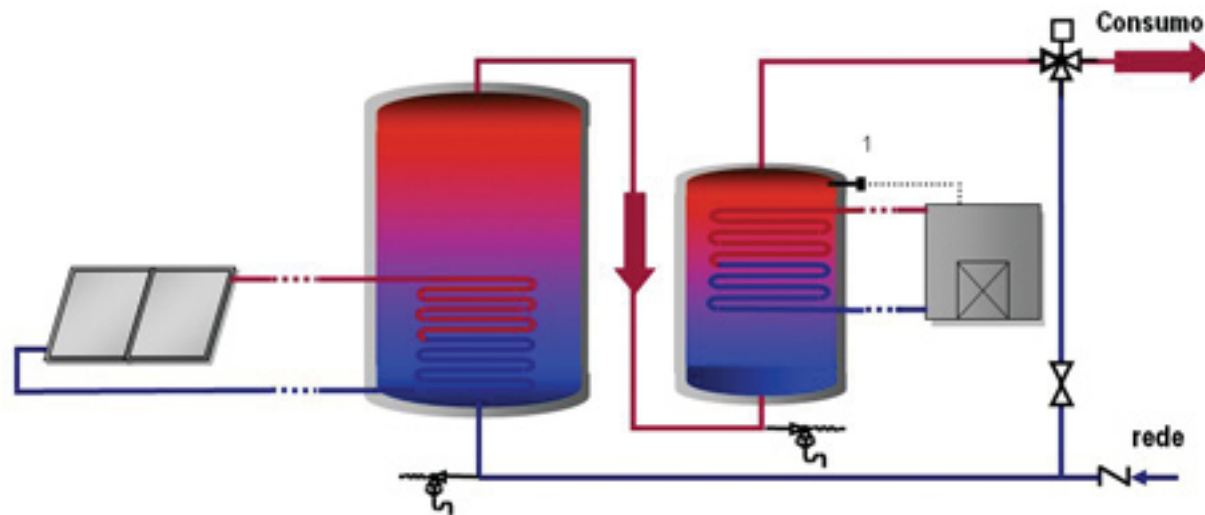


## Ligação com o Equipamento de Energia de Apoio (3/3)

No caso de ligação em série do depósito de acumulação a um depósito com apoio convencional, deverá seguir-se o esquema indicado na figura.

> Neste tipo de ligação deve assegurar-se que o apoio convencional só funciona a partir de um valor mínimo de temperatura, registado no depósito mais pequeno, o que se consegue através de uma sonda de temperatura [1] colocada nesse depósito e ligada ao equipamento de energia de apoio.

**Nota:** para a colocação de todos os dispositivos de segurança ver ficha 2.



## Enchimento do Circuito Primário (1/2)

Após efectuar todas as ligações entre os diversos componentes\* do circuito primário, deverá proceder-se à sua limpeza. Para essa operação, recomenda-se a seguinte sequência:

- > cobrir os colectores solares, de preferência com uma lona reflectora (devem ser cobertos logo que são expostos ao sol);
- > verificar o correcto posicionamento e a correcta localização de todos os componentes;
- > verificar se não ficaram acessórios por apertar;
- > verificar se não há válvulas fechadas inadvertidamente, que impeçam a circulação;
- > abrir os purgadores de ar incluindo o da bomba de circulação;
- > encher lentamente o circuito, da parte inferior para a parte mais alta;
- > fechar todos os purgadores quando começar a sair fluido;
- > deixar circular o fluido por uns minutos para arrastar a sujidade e proceder ao esvaziamento.

\* **Nota importante:** o colector deve ser o último componente a ser montado. Caso haja necessidade de tampões em saídas / entradas do colector, estes deverão ser colocados apenas antes da operação de limpeza.

## Enchimento do Circuito Primário (2/2)

Após a limpeza do circuito primário, procede-se ao seu enchimento final e purga, sugerindo-se que esta operação seja efectuada num período de fraca radiação solar e na seguinte sequência:

- > abrir o elemento de purga da bomba de circulação [ficha 14] antes de a colocar em funcionamento;
- > abrir os restantes elementos de purga;
- > comprovar que todas as válvulas de fecho [fichas 19, 20 e 21] estão na sua posição correcta (abertas ou fechadas);
- > proceder ao enchimento do circuito primário (com os colectores tapados) até que saia fluido pelos purgadores de ar (abertos);
- > fechar todos os elementos de purga e pressurizar o circuito a uma pressão igual a 1,5 vezes a pressão nominal;
- > deixar o circuito vedado e controlar a sua pressão passado algum tempo para testar a inexistência de fugas;
- > não havendo fugas, baixar para a pressão nominal;
- > proceder ao isolamento da tubagem somente após confirmar que o circuito é estanque.



## Verificação do Funcionamento Global do Sistema

No caso de um sistema em termosifão:

- > com o sistema a funcionar, verificar, com o auxílio da tabela, se o caudal corresponde ao recomendado;
- > se o caudal for menor, verificar se não há obstruções no circuito (ar, linho em excesso, etc.) e ler novamente as temperaturas;
- > num dia com sol, a temperatura da água do depósito deve atingir 50 a 60 °C ao fim do dia.

No caso de um sistema de média / grande dimensão:

- > verificar o equilíbrio hidráulico / térmico [ficha 6], medindo o caudal para cada bateria de colectores e a temperatura à saída de cada uma delas. A temperatura à saída de cada bateria deve ser aproximadamente a mesma. Caso isso não se verifique, os caudais têm que ser ajustados [ficha 6];
- > com o auxílio da tabela, verificar se o  $\Delta T$  corresponde ao recomendado. Caso não corresponda, tentar ajustar o caudal da bomba de circulação (selector de velocidade) e verificar se não existem obstruções no circuito;
- > uma verificação mais completa pode ser efectuada com a monitorização do sistema [ficha 33].

		Temperatura de ida para os colectores (°C)								
		20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo de colector	Caudal recomendado (kg/hm <sup>2</sup> )	Temperatura à saída dos colectores (°C)								
Sem cobertura	172	23	28	33	38	43	48	53	58	63
Plano preto baço	73	28	33	38	42	47	52	57	62	67
Plano selectivo	46	33	37	42	47	51	56	61	66	70
CPC	29	40	44	49	53	58	62	67	71	76

Ver características dos colectores na tabela da ficha 3

Após o enchimento e purga e depois de verificar que o circuito é estanque:

- > limpar e secar a tubagem de resíduos resultantes da soldadura e outros;
- > proceder ao isolamento da tubagem não esquecendo de utilizar colas adequadas ao material:
  - ligações entre colectores,
  - permutadores externos,
  - base do depósito;
- > aplicar sempre as medidas correctas do isolamento (diâmetro) por forma a ficar justo ao troço a isolar;
- > utilizar protecção mecânica nos troços exteriores, nos troços de transposição de paredes e lajes de cobertura, bem como no depósito de acumulação; Esta protecção impede a deterioração do isolamento térmico e pode ser em alumínio ou em tinta de membrana;
- > garantir que a instalação fica parada pelo menos um dia para assegurar a colagem e endurecimento do adesivo;
- > retirar a lona dos colectores e verificar o funcionamento do sistema [ficha 30].

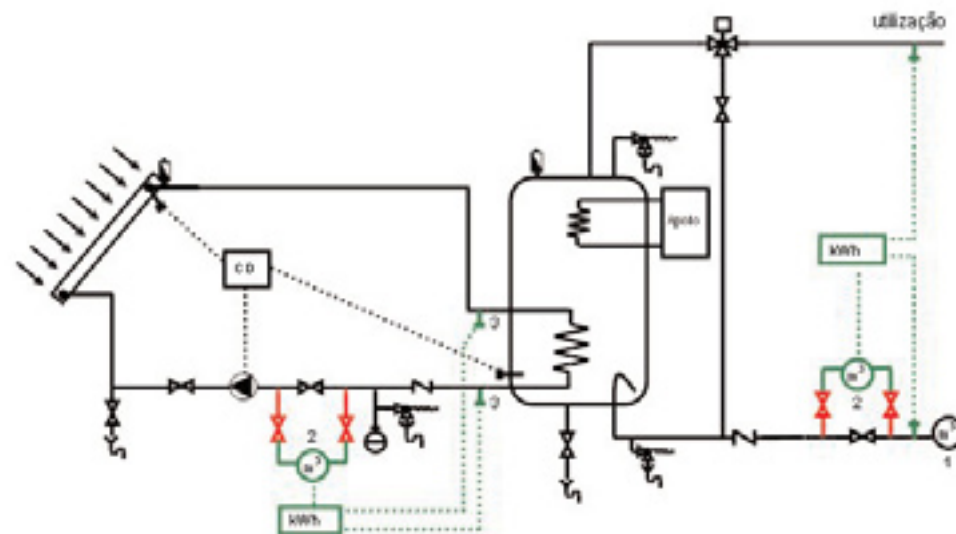
## Preparação e Programação de Obra

Antes de iniciar uma obra o instalador(a) deverá:

- > analisar o projecto e esclarecer, com o projectista, todas as dúvidas;
- > averiguar quais as condições de funcionamento (temperatura, pressão) de cada um dos componentes;
- > visitar o local da obra, tendo em vista o levantamento da situação no terreno, verificando constrangimentos e avaliando os meios de segurança exigidos para a fase de montagem;
- > quando a instalação do sistema solar coincidir com a construção ou renovação do edifício, combinar com os responsáveis da obra a coordenação na montagem de infra-estruturas (rede de tubagem, condutas para sondas, tomadas de electricidade, fixações da estrutura de suporte);
- > rectificar o mapa de medições, de acordo com a visita efectuada, e comunicar ao director técnico do projecto (nas grandes instalações) ou ao projectista, eventuais obstáculos encontrados;
- > aprovisionar os materiais e equipamentos necessários;
- > reunir o equipamento auxiliar de montagem necessário, incluindo os meios que garantam as condições de segurança;
- > preparar a sequência de montagem e a distribuição de tarefas.

## Monitorização

- > Em instalações pequenas, até 10 m<sup>2</sup>, poderá instalar-se um **contador de água [1]**, um termómetro no terço superior do depósito e um manómetro no circuito primário [ficha 2].
- > Em instalações entre 10 e 100 m<sup>2</sup> deverão ser previstos os acessórios necessários para instalação temporária de **sondas de medição de temperatura [3]** e **contadores de água [2]**, em locais estratégicos, como se indica no esquema.
- > Em instalações com mais de 100 m<sup>2</sup> é aconselhável que a monitorização seja permanente, usando um esquema semelhante.



## Soldadura e Brasagem de Tubos de Cobre e Acessórios (1/5)

água  
quente  
solar

A maioria dos instaladores de colectores solares de aquecimento de água utilizam tubos de cobre, em vara nu, de diferentes diâmetros, na concepção da rede de transporte da energia convertida no campo dos colectores. Esta rede deve ser executada observando um conjunto de requisitos mínimos, indispensáveis para uma soldadura com qualidade.

A soldadura é um processo de junção (união) de metais ou ligas, que se desenvolve a temperatura inferior a 450 °C, designada por **soldadura capilar branda (SCB)**, sendo a **brasagem, soldadura capilar forte (SCF)**, um processo que se desenvolve a temperaturas superiores a 450 °C mas inferior à temperatura de fusão do metal de base que, no caso de cobre, é de 1 088 °C. Na prática, para tubagem de cobre, a maioria das SCB é feita a temperaturas que variam de 177 a 316 °C, enquanto que a SCF acontece a temperaturas que flutuam entre 593 a 816 °C. A diferença entre estes dois processos encontra-se nos metais de enchimento utilizados e na temperatura de solda do processo adoptado. Geralmente, a SCB é utilizada para temperaturas de funcionamento inferiores a 121 °C, enquanto que a SCF é utilizada para temperaturas de funcionamento até 177 °C.

**Nota:** para circuitos primários de sistemas solares recomenda-se a utilização de soldadura capilar forte. Não é recomendada a utilização de metal de enchimento 50-50 estanho-chumbo.

As causas mais comuns de falhas nas soldaduras podem ser atribuídas a um conjunto de factores, incluindo:

- > preparação imprópria antes da soldadura;
- > falta de suportes adequados;
- > incorrecta selecção, controlo e distribuição da fonte de calor durante o processo de solda;
- > utilização inadequada de metal de adição aplicado nas uniões;
- > arrefecimento abrupto de uniões acabadas de soldar;
- > aplicação de acessórios com algum conteúdo de solda.

Aparentemente, a soldadura e a brasagem são operações simples de praticar. No entanto, a omissão ou aplicação incorrecta de uma das fases do processo poderá distinguir uma soldadura bem feita duma falha.

## Soldadura e Brasagem de Tubos de Cobre e Acessórios (2/5)

Em qualquer dos processos, soldadura ou brasagem, a sequência básica dos procedimentos é a mesma, estando a diferença nos desoxidantes (substâncias de limpeza - decapantes) utilizados, no metal de adição seleccionado e na qualidade e quantidade de calor aplicada.

Procedimentos sequenciais para, de uma forma consistente, executar soldadura e brasagem de qualidade:

1. Medição e corte
2. Rebarba interna e externa
3. Limpeza
4. Aplicação de desoxidantes
5. Colocação de acessórios e suporte
6. Limpeza do excesso de desoxidante
7. Aquecimento
8. Aplicação de metal de enchimento
9. Arrefecimento e limpeza

### 1. Medição e corte

É de extrema importância medir correctamente o comprimento de cada segmento de tubo, dado que a falta de rigor na medida afecta a qualidade da união. Se o tubo for curto, não atingirá a base do acessório e, consequentemente, não poderá conseguir-se uma união apropriada. Por outro lado, um tubo com o comprimento superior ao pretendido, introduzirá tensões que afectarão o funcionamento da rede.

Para cortar tubos de cobre deve-se utilizar, de preferência, corta tubos com lâminas de aço, em forma de disco, de aresta fina, para produzir cortes em esquadria, garantindo a não deformação do tubo durante o corte.



### 2. Rebarba interna e externa

A extremidade do tubo cortado deve ser rebarbada até a medida do seu diâmetro interior, removendo, com ferramentas adequadas, as pontas (rebarbas) produzidas durante o corte. A falta de remoção destas pontas interiores pode produzir o fenómeno erosão-corrosão devido a turbulências localizadas e incrementos na velocidade do fluido de circulação no interior do tubo. As pontas exteriores, também produzidas na sequência do corte, podem impedir o correcto assentamento do tubo nos acessórios.

### 3. Limpeza

A limpeza dos óxidos e de outras impurezas da extremidade do tubo e do interior dos acessórios é crucial para permitir uma penetração adequada do metal de adição. Também garante que o metal de adição possa aderir firmemente às peças, produzindo uma soldadura duradoura. Para a limpeza mecânica usam-se escovas calibradas, lixa esmeril muito fina, ou ainda tampões abrasivos adequados. Evitar a modificação excessiva da folga entre o acessório e o tubo.

**ATENÇÃO:** após a limpeza, deve-se evitar todo o tipo de contacto directo com as peças preparadas, para evitar a introdução de impurezas (gorduras das mãos, luvas, panos, etc.).



#### 4. Aplicação de desoxidantes

Utilizar desoxidantes com características para dissolver e remover quaisquer vestígios de óxidos remanescentes e proteger as superfícies preparadas de re-oxidação durante o processo de aquecimento.

O desoxidante deve ser aplicado, utilizando um pincel, numa forma uniforme, tanto na extremidade do tubo como no acessório.

**ATENÇÃO:** o desoxidante não deve ser aplicado com o dedo e a sua aplicação em excesso pode provocar resíduos que aumentam a probabilidade de ocorrência de corrosão.

#### 5. Colocação de acessórios e suporte

Introduzir a extremidade do tubo no acessório e certificar que o tubo esteja bem assente na base deste. Uma ligeira rotação do tubo pode garantir uniformidade na distribuição do desoxidante. Finalmente, apoiar o tubo e o acessório de forma a assegurar um círculo uniforme entre as duas peças. A distância uniforme entre a parede exterior do tubo e o interior do acessório assegura uma boa penetração do metal de enchimento. Por outro lado, o espaço excessivo entre as peças pode eventualmente conduzir a fractura na soldadura quando sujeita a tensão e / ou vibração.

#### 6. Limpeza do excesso de desoxidante

Remover o excesso de desoxidante, no exterior das peças, utilizando um pano seco e sem gorduras antes de iniciar o processo de aquecimento.





### 7. Aquecimento

O aquecimento das peças deve ser perpendicular ao tubo e com uma distribuição uniforme à volta da circunferência do tubo e do acessório, evitando o aquecimento directo do topo da união. Deve-se evitar o sobre-aquecimento das peças que poderá resultar na queima do desoxidante. De preferência, devem ser utilizados maçaricos de oxigénio-acetileno. Também é aceitável a utilização de maçaricos que combinam ar com o acetileno ou ar com o propano. Também se podem utilizar aparelhos de solda eléctricos.



### 8. Aplicação de metal de enchimento

Após o aquecimento, o desoxidante apresenta uma cor transparente. Nesse instante, deve-se aplicar o metal de adição que, devido à temperatura, entra em fusão e penetra no espaço entre as peças. Quando se formar um cordão de soldadura uniforme, do lado do acessório, à volta do tubo, deve-se parar de juntar metal de enchimento. Os metais de enchimento mais adequados para soldar tubos de cobre são: (1) [Cu Ag P] e [Cu P], ligas com conteúdo de fósforo, (2) [Cu Ag Zn Cd] e [Cu Ag Zn], ligas com alto teor de prata. As diferenças residem na temperatura de fusão e na capacidade de penetração (fluidez). Ligas com alto teor de prata, 40 por cento, são recomendadas para sistemas solares.



### 9. Arrefecimento e limpeza

As peças soldadas devem arrefecer naturalmente até atingirem a temperatura do ar ambiente. Após o arrefecimento, deve-se proceder com a limpeza do resíduo desoxidante, utilizando um pano húmido, escova metálica ou água morna. Todo o resíduo deve ser removido para evitar riscos de solidificação temporária do mesmo.

**TÍTULO**

Guia para Instaladores de Colectores Solares

**EDIÇÃO**

DGGE / IP-AQSpP

**DESIGN**

2 & 3 D, Design e Produção, Lda.

**IMPRESSÃO**

Tipografia Peres

**TIRAGEM**

2 000 exemplares

**ISBN**

972-8268-32-7

**DEPÓSITO LEGAL**

????????????????

Lisboa, Abril 2004

Publicação Gratuita

Para mais informações:

[www.aguaquentesolar.com](http://www.aguaquentesolar.com)

## Água Quente Solar para Portugal

Esta brochura é editada no âmbito da Iniciativa Pública "Água Quente Solar para Portugal", promovida pela DGGE para criar um mercado sustentável de colectores solares com garantia de qualidade para o aquecimento de água em Portugal.

Iniciativa executada por

