

Projectos de Energia Solar para Aquecimento de Água

Apresentação : S T Spencer

Temas

- PROJECTO;
- CONCEPÇÃO;
- EXECUÇÃO.
- CONVERSÃO;
- TRANSPORTE;
- ARMAZENAMENTO.

Objectivo

Facultar elementos indispensáveis para:
Elaboração de projectos;
Preparação de caderno de encargos;
Acompanhamento de obra.

A Problemática de Aquecimento de Água

- Falta de preocupações de eficiência e de conservação de energia na concepção dos edifícios e dos sistemas de apoio energéticos;
- Elevadas necessidades de calor para aquecer grandes volumes de ar e/ou água durante todo o ano;
- Elevada taxa de ocupação dos edifícios / recintos;
- Falta de preocupação e hábitos de poupança de energia e de água pelos utilizadores.

Porquê a Solução Solar?

- Reduz os custos de exploração;
- Disponibilidade de espaço para instalação de colectores;
- Transforma o proprietário num pequeno produtor de energia;
- No caso de aquecimento de piscinas trata-se da melhor aplicação de colectores solares;
- No caso de piscinas ao ar livre aumenta o período de utilização;
- Energia renovável, não poluente e inesgotável.

Aplicações Típicas de Energia Solar

1. Produção de águas quentes sanitárias (AQS)

Saúde : Hospitais, Clínicas, Lares para Idosos

Habitação : Individuais e apartamentos multi-familiares

Turismo : Hotéis, Apart-hotéis, Parques de Campismo

Desporto: Piscinas, Ginásios

2. Aquecimento de Piscinas

- Ar livre
- Coberta

3. Aquecimento e Arrefecimento Ambiente

4. Aquecimento de Processos

- Indústria alimentar
- Indústria têxteis
- Miscellaneous: lavagem de viaturas

PROJECTO

Elementos Integrantes de um Projecto

- **Memória descritiva e justificativa**
Objectivos/generalidades, descrição da infra-estrutura, descrição e justificação das soluções adoptadas, caracterização geral do sistema, dados de partida para a base de cálculo.
- **Estruturação, dimensionamento e operacionalidade dos sistemas**
- **Condições técnicas gerais**
Disposições regulamentares, obrigações da entidade instaladora, mapas com prazos de execução, garantias, ensaios, funcionamento e manutenção, recepção da instalação.
- **Condições técnicas especiais**
Dimensionamento e descrição detalhada de todos os componentes que integram a instalação.
- **Mapas de quantidade, medições e orçamento**
- **Peças desenhadas**

Elementos Integrantes de um Projecto

ESTUDO PRÉVIO

1. Caracterização do edifício e da sua envolvente
2. Identificação e caracterização das necessidades (AQS, AC, Piscina)
3. Escolha da energia de apoio
- 4 - CÁLCULO TÉRMICO PRÉVIO
5. Implantação / Estudo de sombras / área disponível
6. Integração arquitectónica
7. Inclinação óptima/ inclinação escolhida
8. Determinação da área instalável
- 9 -ESTRATÉGIAS DE FUNCIONAMENTO (PRIORIDADE AO SOL)
10. Escolha do(s) depósito(s) de acumulação
11. Escolha do(s) depósito(s) de apoio
12. Esquema unifilar
13. Desenho do "Lay-out" do sistema
14. Cálculo térmico final e Valia ambiental

Elementos Integrantes de um Projecto



DIMENSIONAMENTO

1. Associação dos colectores
2. Dimensionamento do primário
3. Caudal do circuito primário
4. Cálculo de perdas de carga
5. Escolha da bomba
6. Escolha da pressão do primário e definição dos equipamentos de segurança
7. Determinação do conteúdo do primário
8. Tipo de circuito secundário
9. Dimensionamento do permutador
10. Dimensionamento dos vasos de expansão (primário e secundário).
11. Escolha do sistema de controlo (termostato diferencial, automático,...)
- 12 -ESTRUTURA DE SUPORTE DOS COLECTORES e Depósitos
13. Suporte de canalizações
14. Liras de dilatação ou outros sistemas
15. Atravessamentos de placas e telhados
16. Isolamento térmico (materiais, compatibilidade c/ temperaturas, etc...)
17. Quadro com os modos de funcionamento
18. Monitorização permanente/esporádica

Elementos Integrantes de um Projecto



ARRANQUE e TESTE

- 1 - PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO / TESTE E ARRANQUE
2. Instruções p/ verificação de performances
- 3 - MANUAL DE UTILIZAÇÃO

SEGURANÇA

Levantamento da Situação Existente

- Fazer o(s) desenho do(s) edifício(s), assinalando as suas características principais. Simples esboço mostrando as principais dimensões, orientação, obstáculos, etc .
- Avaliar a disponibilidade da cobertura (estado de conservação, possível sombreamento e acessos). Utilizar bússula, fita métrica e máquina fotográfica.
- Finalmente, o projectista deve investigar se existem requisitos legais ou obstáculos a ultrapassar para a concretização do projecto.

Caderno de Encargos

Descrição Detalhada do Princípio de Funcionamento, Componentes e Produção do Unifilar da Instalação.

Caderno de Encargos

Produção de Mapas de Quantidade, Medição e Orçamento.

Caderno de Encargos

MAPA DE ORÇAMENTO DESIGNAÇÃO	PREÇOS (€)			
	QUANT.	UN.	C. UNIT.	Sub-Total

Seleccção do Adjudicatário

Optar sempre por instalador CERTIFICADO.

Exigir produtos CERTIFICADOS.

Solicitar, por escrito, garantia e esquema de manutenção para a instalação.

Erros Comuns no Desenho de Instalações

- Sobre-dimensionamento: área de colectores e outros componentes.
- Complexidade no dimensionamento.
- Ligação entre colectores (baterias muito diferentes).
- Equilíbrio hidráulico do circuito primário.
- Tubagem e isolamento.
- Sob-dimensionamento: permutador de calor, vaso de expansão.
- Colocação dos sensores de comando.

Utilização de AQS (até 60 °C)

Sector de Saúde

Lar de Idosos : **50 a 70**
 litros/cama.dia

Hospitais : **80 a 100**
 litros/cama.dia

Habitação Multifamiliar

3 pessoas : 96 litros/apt.

3 a 6 pessoas : 144 litros/apt.

+ de 6 pessoas : 180 litros/apt.

Casas Individuais

Média: 50 l/pessoa.dia

Tipo	-	-	T1	T2	T3	T4	T5
Ocupação (pessoas)	1	2	2	2	3	3/4	>5
Consumo (l/dia)	15/30	30/80	50/95	75/115	90/150	100/200	200/300

Hotéis (sem lavandaria)

Categoria	Mar/Montanha	Planície
Sem estrela	60 litros / quarto	45 litros / quarto
*	70 litros / quarto	52 litros / quarto
**	94 litros / quarto	70 litros / quarto
***	127 litros / quarto	94 litros / quarto
****	141 litros / quarto	105 litros / quarto

Hotéis (com lavandaria)

Categoria	Mar/Montanha	Planície
No star	76 litros / quarto	56 litros / quarto
*	88 litros / quarto	65 litros / quarto
**	118 litros / quarto	87 litros / quarto
***	159 litros / quarto	118 litros / quarto
****	177 litros / quarto	131 litros / quarto

Restaurantes

Fast-food :	8 litros/refeição
Tradicional :	10 litros/refeição
	15 litros/refeição
Pequeno Almoço :	2 litros/refeição

Outros Equipamentos

Campismo :	60 litros/lugar
Quartéis :	30 litros/pessoa
Escolas com Int :	22 litros/pessoa
Escola Quarto Individual:	50 litros/quarto
Escola : Só refeição	5 litros /aluno

Equipamentos Desportivos

Ginásios : **30 litros/pess.**
Fut, rugby: +50%

Piscinas Públicas
piscinas: 10 litros/banhista

Recomendações

Sempre que possível, instalar contador de água à entrada do depósito de água quente e registar diariamente os consumos;

Proceder com registos diários de número de utilizadores dos recintos;

Recolher facturas mensais de combustível utilizado pelos aparelhos de aquecimento de água;

Aquecimento de Processos

- Recolher Dados
 - Características das cargas térmica
 - Tipo de combustível, custos associados
 - Estimativa da eficiência do sistema instalado
- Obter um esquema geral de todos os processos e avaliar a viabilidade do acoplamento do sistema solar térmico a um ou mais processos industriais.
- Identificar possíveis medidas de recuperação de calor prioritárias na indústria em avaliação (medidas já aplicadas, estado de conservação do isolamento, processos em que a HR não é economicamente viável).

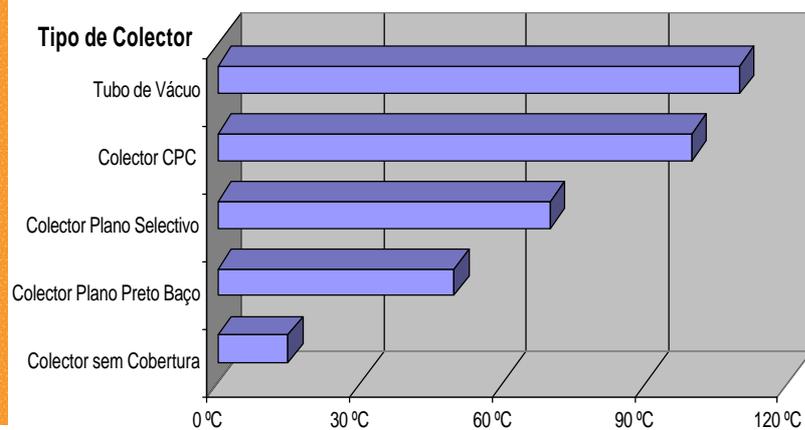
Oportunidades de Aplicação de Colectores Solares - Indústria

- Estimar a “*temperatura mínima disponível*” após a (hipotética) aplicação de todas as medidas realísticas de recuperação de calor. Se esta temperatura for igual, por exemplo, a 80 °C não faz sentido a aplicação de colectores solares. Por outro lado, se for 50 °C, então existe um potencial concreto para a instalação de colectores solares.
- Pré aquecimento de água a partir de valores muito baixas de temperaturas. No entanto, os casos na indústria em que as medidas de recuperação de calor (HR) não podem ser aplicadas são raros.
- Situações em que água quente, em vez de vapor, é directamente utilizada no processo, fazendo com que a “carga disponível para o solar” seja realmente igual à carga total da indústria.

Dimensionamento

- Dados de utilização / Perfil do consumo
- Temperatura da água da rede
- Temperatura da água de utilização
- Características do armazenamento
- Dados de radiação solar do lugar
- Rendimento óptico do colector
- Coefficiente de perdas
- Disponibilidade de espaço para implantação de colectores

Seleccção do Equipamento



DIMENSIONAMENTO DE TUBAGENS

Transporte de Energia

Dimensionamento da rede tubagem.

- Rendimento do colector
- Coeficiente de perdas
- Área de captação
- Caudal recomendado
- Velocidade recomendada
- Caudal total

$$M_{\text{recom}} = \frac{10 * F'UL * 3600}{C_p} \quad [\text{kg/h/m}^2]$$

$$M_{\text{TOTAL}} = M_{\text{recom}} * \text{Área de Captação} \quad [\text{kg/h}]$$

$$\text{Caudal} = \text{Pi} * \frac{(D_i : 1000)^2}{4} * v * 3600 * 1000 \quad [\text{kg/h}]$$

Cálculo das perdas de carga na rede tubagem.

Cálculo das perdas de carga singulares.

Transporte de Energia

Cobre - Amplamente utilizado em todo o tipo de instalações por ser tecnicamente adequado e economicamente competitivo.

Aço negro - Pode ser utilizado no circuito primário, mas só é aconselhado para grandes caudais. A sua manipulação e montagem é mais complicada que no caso do cobre e necessita ser pintado na parte externa para o proteger da corrosão.

Aço galvanizado - Não pode ser usado no circuito primário já que com temperaturas superiores a 65° C o zinco sofre corrosões. A sua utilização tem vindo a diminuir, pois com o aumento do custo da mão de obra deixa de ser competitivo.

Aço inox - Utilização crescente nos últimos anos, boa resistência à corrosão, fácil de cortar. No entanto, os acessórios (bicones) **NÃO SÃO ADEQUADOS** a temperaturas de sistemas solares térmicos.

Transporte de Energia

A espessura do isolamento mínimo recomendado nas tubagens é de a 25.4 mm de espessura para $k = 0.036 \text{ W / (m}^2 \text{ }^\circ\text{C)}$.

O isolamento aplicado no exterior deve ser mecanicamente protegido das intempéries e da radiação UV.

Table 3-5A(SI Units). Pressure Drop Range per Meter, Copper Water Tube, Type L
(Based on Fluid Velocities of 1.22 and 1.83 m/s)

Nominal pipe size (in.) (mm)	FLOW RATE (L/s)		WATER $\Delta P/m$ (kPa)				50/50 PROPYLENE GLYCOL $\Delta P/m$ (kPa)			
	1.22 m/s	1.83 m/s	37.8°C		65.5°C		37.8°C		65.5°C	
1/2 15	0.18	0.28	1.34	2.09	1.19	2.46	1.98	3.23	1.61	3.27
1 25	0.65	0.97	0.60	1.25	0.54	1.15	0.90	1.77	0.74	1.48
1 1/4 32	0.99	1.48	0.47	0.97	0.43	0.88	0.68	1.37	0.57	1.16
1 1/2 40	1.42	2.10	0.38	0.73	0.35	0.73	0.56	1.12	0.45	0.90
2 50	2.43	3.65	0.27	0.56	0.25	0.52	0.39	0.80	0.32	0.66
2 1/2 65	3.78	5.63	0.21	0.42	0.19	0.41	0.30	0.61	0.25	0.51
3 80	5.36	8.04	0.17	0.34	0.16	0.33	0.24	0.49	0.20	0.41
3 1/2 95	7.25	10.87	0.14	0.29	0.13	0.28	0.20	0.40	0.16	0.34
4 100	9.43	14.13	0.12	0.25	0.11	0.24	0.17	0.34	0.14	0.29
5 125	14.03	22.02	0.09	0.19	0.09	0.18	0.13	0.26	0.11	0.22
6 150	21.12	31.66	0.08	0.16	0.07	0.15	0.10	0.21	0.09	0.18

Table 3-4A(SI Units). Pressure Drop Range per Meter, Steel Pipe, Schedule 40
(Based on Fluid Velocities of 1.22 and 1.83 m/s)

Nominal pipe size (in.) (mm)	FLOW RATE (L/s)		WATER $\Delta P/m$ (kPa)				50/50 PROPYLENE GLYCOL $\Delta P/m$ (kPa)			
	1.22 m/s	1.83 m/s	37.8°C		65.5°C		37.8°C		65.5°C	
1/2 15	0.24	0.36	1.30	2.61	1.23	2.68	1.74	3.66	1.47	3.13
1 25	0.68	1.02	0.73	1.57	0.70	1.52	0.94	1.99	0.81	1.74
2 50	2.64	3.96	0.35	0.77	0.34	0.74	0.42	0.89	0.38	0.81
3 80	5.82	8.72	0.23	0.51	0.22	0.49	0.27	0.57	0.24	0.53
4 100	10.02	15.02	0.17	0.39	0.17	0.38	0.20	0.42	0.18	0.39
5 125	15.75	23.61	0.13	0.31	0.13	0.32	0.15	0.33	0.14	0.31
6 150	22.74	34.09	0.11	0.26	0.11	0.25	0.12	0.27	0.12	0.26

FONTE: Referência nº 3.

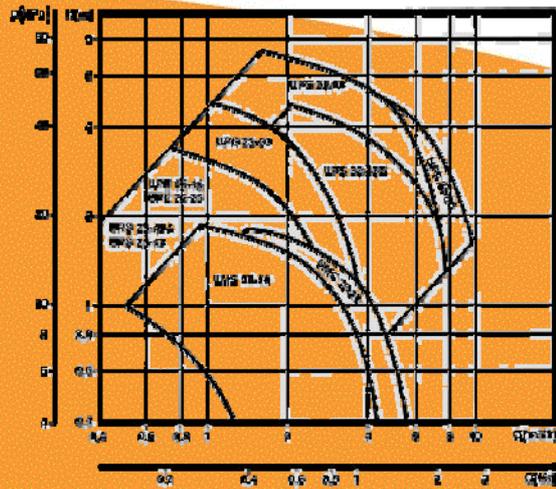
	ACESSÓRIO OU SINGULARIDADE	AP [Pa]	Comp. Equiv. [m]
	1 metro de tubo (4 ϕ = 20 mm / Rug=0 mm / Caudal= 1 m/s / 40 °C)	581	1.0
	Mudança de direcção a 45°	149	0.3
	Mudança de direcção a 90°	198	0.3
	Cotovelos	595	1.0
	Contrações bruscas	298	0.5
	Derivações em T	694	1.2
	Alargamentos bruscos	496	0.9
	Entradas em depósitos	794	1.4
	Saídas de depósitos	395	1.0
	Unões lisas	25	0.0
	Unões diversas	347	0.6
	Válvulas de guilhotina		
	Abertas	248	0.4
	Semi-abertas	2480	4.3
	3/4 fechadas	12400	21.3
	Válvulas de sede		
	Abertas	2976	5.1
	Semi-abertas	17856	30.7
	3/4 fechadas	55553	95.6
	Válvulas de borboleta		
	Abertas	248	0.4
	Semi-abertas	12400	21.3
	3/4 fechadas	124000	213.4
	Válvula de esfera aberta	248	0.4
	Cotovelo de 45°	347	0.6
	Cotovelos 90° raio pequeno	744	1.3
	Cotovelos 90° raio grande	397	0.7
	Contador de Turbina	2480	4.3
	Contrações bruscas 4:1	446	0.8
	Contrações bruscas 2:1	347	0.6
	Contrações bruscas 4:3	248	0.4
	Curva de 90°	198	0.3
	Alargamento brusco 1:4	794	1.4
	Alargamento brusco 1:2	546	0.9
	Alargamento brusco 3:4	248	0.4
	Redução cónica suave	248	0.4
	Válvula de retenção borboleta	4960	8.5
	Válvula de retenção de mola	24800	42.7

FONTE: Referência nº 4.

ELECTRO-CIRCULADORES

Determinadas as condições de serviço, é possível escolher a bomba apropriada, em função:

- do aumento de pressão necessário (perdas de carga e desnível no enchimento)
- e do caudal circulante.



ARMAZENAMENTO

Armazenamento

Armazenar energia calorífica suficiente para satisfazer as necessidades do utilizador durante períodos de ausência ou escassez de radiação solar.

Armazenamento

TIPOLOGIA DE CARGA	ARMAZENAMENTO MÍNIMO
AQS Vivendas	45 a 50 litros/m ² da área de captação
Pré-aquecimento de água para reposição numa caldeira incluída num processo industrial contínuo	35 a 50 litros/m ² da área de captação
AQS hotéis e residências	60 a 90 litros/m ² da área de captação
Aquecimento de água em processos industriais	75 a 150 litros/m ²

Seleccção de Depósitos

O volume óptimo de acumulação depende do tipo de colectores, do local e das características do consumo.

De uma maneira geral o volume de armazenamento é idêntico ao consumo diário. Valores superiores não originam maiores economias.

Se o volume acumulado é menor conseguem-se maiores temperaturas de acumulação mas com um menor rendimento.

Seleccção de Depósitos

O sistema de armazenamento deve garantir prioritariamente o uso da energia solar face à energia convencional.

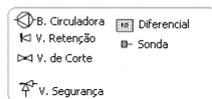
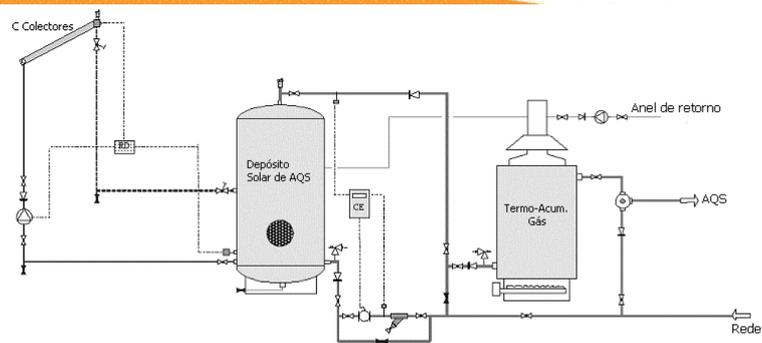
Sempre que possível, separar o depósito acoplado ao sistema solar do depósito ligado ao sistema de apoio.

Procurar depósitos termo-vitrificados ou em aço inox.

O isolamento deve ser completo com espessura mínima de 80 mm, dependendo do material utilizado.

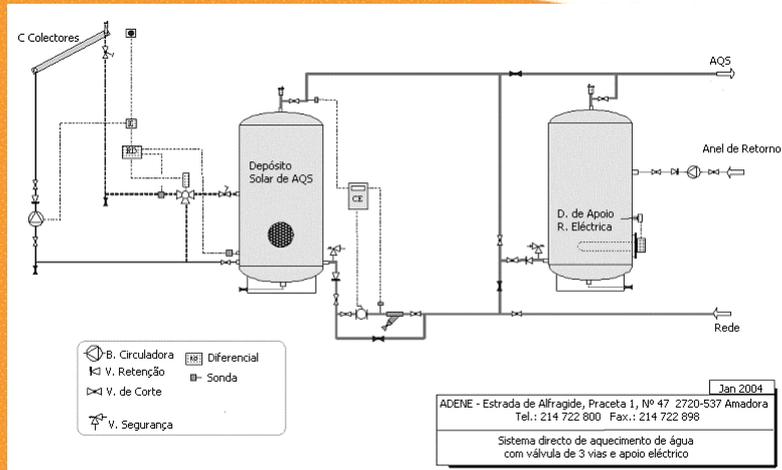
CONCEPÇÃO

Directo simples

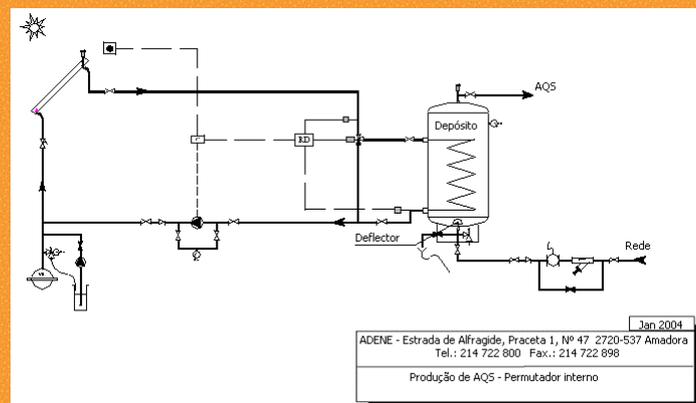


Jan 2004
ADENE - Estrada de Alfragide, Praceta 1, Nº 47. 2720-537 Amadora
Tel.: 214 722 600 Fax.: 214 722 696
Princípio de Funcionamento de um sistema directo de aquecimento de água solar

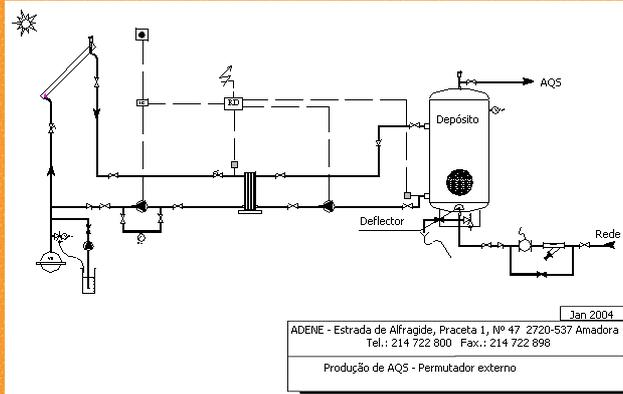
Directo com válvula de 3 vias



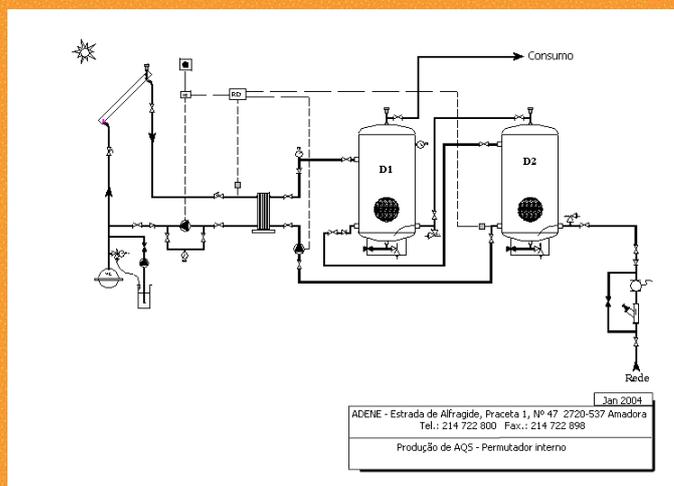
Permutador do tipo serpentina, com válvula de 3 vias



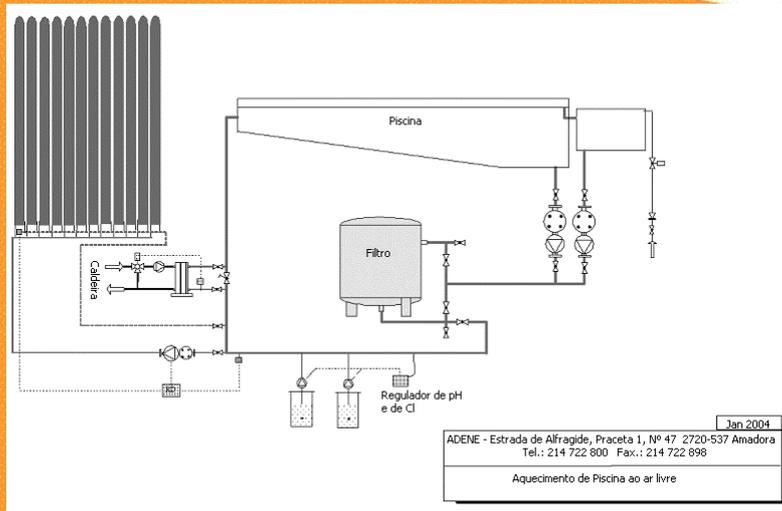
Permutador de calor externo



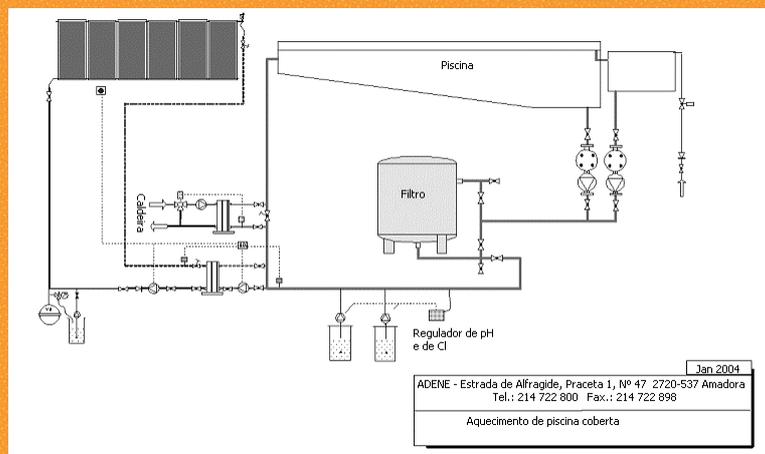
Permutador Externo, 2 Depósitos



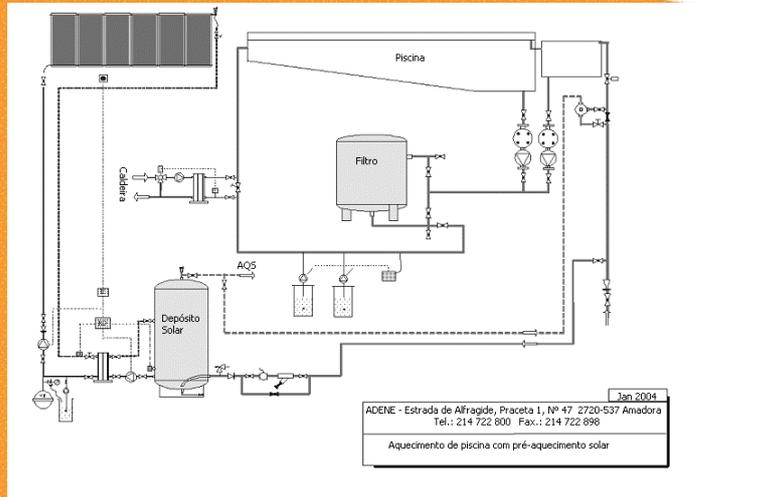
Piscina ao Ar Livre



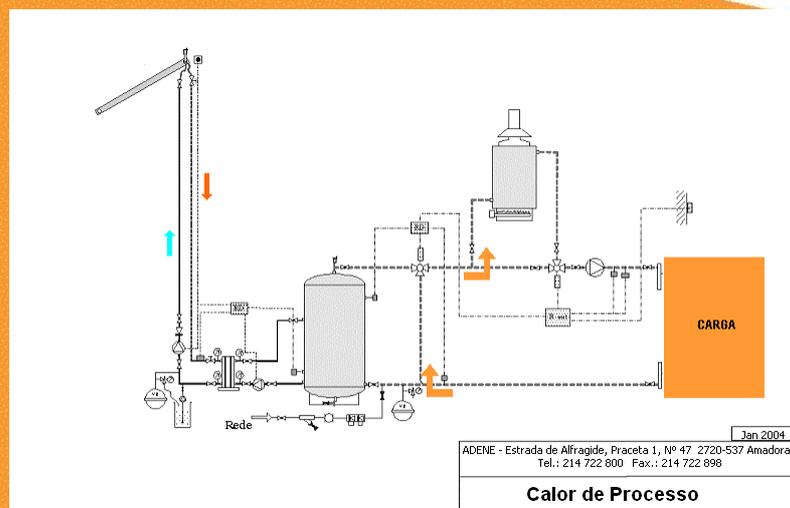
Piscina Coberta



Piscina coberta com a produção de AQS e pré-aquecimento da piscina



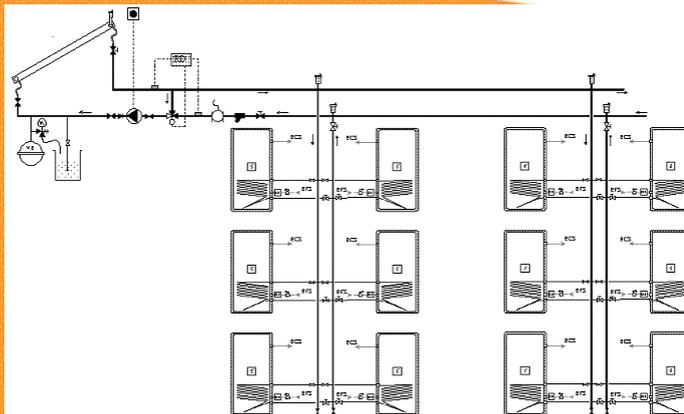
Princípio de uma instalação de aquecimento solar - processo industrial



Unifilar

distribuição do circuito primário

Indirecto, distribuição do circuito primário com v3v



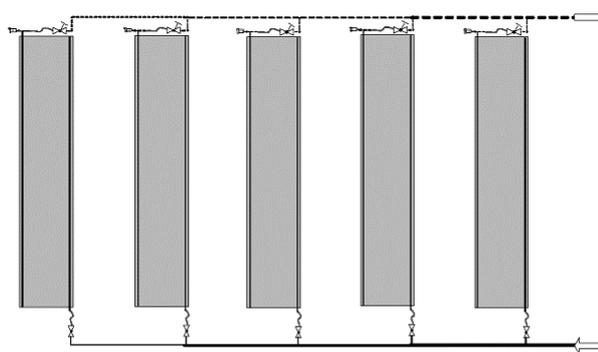
Jan 2004

ADENE - Estrada de Alfragide, Praceta 1, Nº 47, 2720-537 Amadora
Tel.: 214 722 000 Fax.: 214 722 098

Produção de AQS - Permutador interno

EXECUÇÃO

Válvulas de Equilibragem



Jan 2004

ADENE - Estrada de Alfragide, Praceta 1, Nº 47 2720-537 Amadora
Tel.: 214 722 800 Fax.: 214 722 898

Válvula de Equilibragem



Execução

Cuidados Necessários

Soldadura



IMPLICAÇÕES



Cortar	Calor
Rebarbar / Lixar	Decapante – Calor – Solda
Desengordurar	Limpeza de excedentes

(Excesso de Calor – Película de protecção queimada)

CRÍTICO: Tempo de resposta para a Correção da Situação.

Execução da Soldadura



Execução da Soldadura



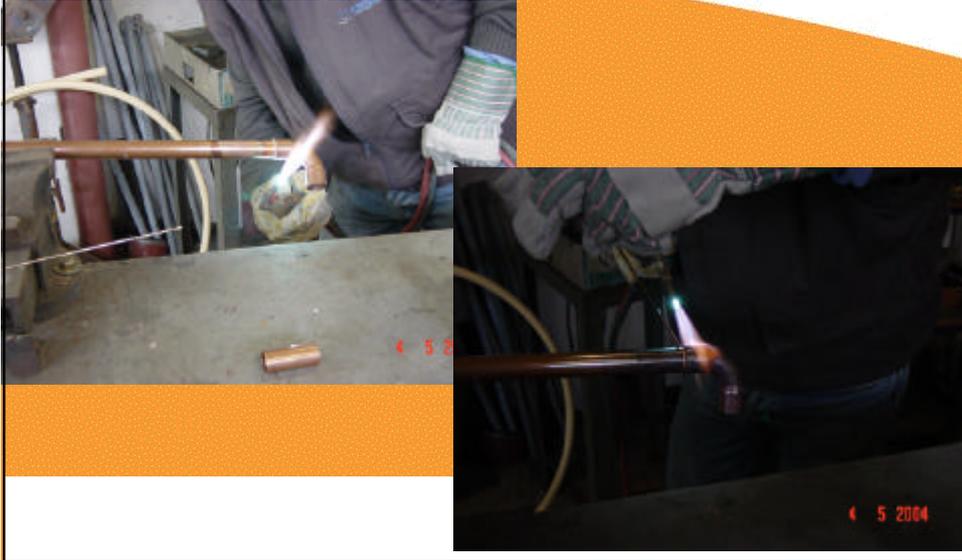
Execução da Soldadura



Execução da Soldadura



Execução da Soldadura



Seleção e Aplicação de Acessórios



Solda



Cravar



Encaixe

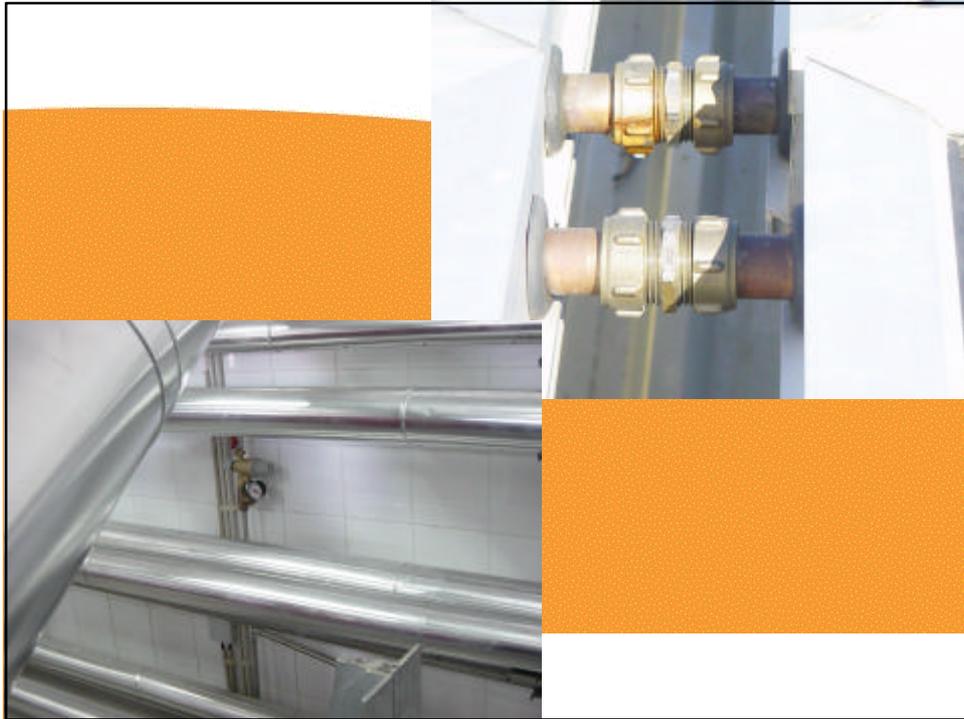


Rosca



Aperto

**A ESTANQUECIDADE DO CIRCUITO DEPENDE DA
CORRECTA APLICAÇÃO DOS ACESSÓRIOS.**



Posicionamento Correcto do Purgador de Ar

ADENE
AGÊNCIA PARA A ENERGIA



À saída de um grupo de colectores deve ser sempre colocado um purgador de ar.

Comando e Controlo

Excluir sistemas que disponham somente de um simples termostato (no colector ou no armazenamento) como único parâmetro para determinar o funcionamento das bombas.

Para sistemas de grande dimensão optar por controladores com possibilidades de adaptação de data logger.



Execução Correcta da Rede Tubagem – Chapa Ondulada



Acessório utilizado na travessia de chapas onduladas



MANUTENÇÃO

MANUTENÇÃO

Os sistemas de colectores solares térmicos requerem poucas acções de **manutenção** para funcionarem eficientemente num tempo de vida útil estimado em cerca de 15.

Muito mais que intervenções de manutenção pura, a maioria das acções necessárias durante a operação do sistema solar correspondem a **inspecções periódicas**.

CAMPO DE COLECTORES

CIRCUITO PRIMÁRIO

CIRCUITO SECUNDÁRIO

COMPONENTES ELÉCTRICOS

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Consiste essencialmente na inspecção visual periódica dos componentes já referenciados.

MANUTENÇÃO CORRECTIVA

Baseia-se na resolução dos problemas identificados na fase de manutenção preventiva.

- Reparação
- Substituição
- “Upgrade”

OUTRAS RECOMENDAÇÕES

Assegurar arranques apropriados das instalações e posteriores ajustamentos com base nalguns dados mensais de medições de parâmetros básicos do sistema (ganhos solar, temperaturas, caudais, etc).

Produzir telas finais detalhadas e regras de operação e manutenção que devem ser fornecidas à(s) pessoa(s) responsável pelo funcionamento da instalação.

Monitorizar continuamente, por controlo remoto, com a possibilidade de envio de alertas de alarme (via SMS, por exemplo) – instalações de grande dimensão.

Nomear sempre um responsável pelo funcionamento da instalação solar.

MONITORIZAÇÃO

Objectivos da Monitorização

Determinar a quantidade de energia solar convertida e fornecida ao consumo, bem como a contribuição, para o mesmo consumo, da fonte de energia de apoio presente. As medições realizam-se em contínuo por um período relativamente longo, da ordem de um mês, a fim de reduzir o impacto sobre os resultados do carácter aleatório quer da radiação solar quer do consumo.

Instrumentação

- Contador de água e de calorías,
- Contador de electricidade e/ou de gás,
- Contadores horários,
- Integrador solar ou piranómetro,
- Sondas de temperatura,
- Medidor de caudal,
- Termómetro;

Recolha e tratamento de dados

- Radiação solar disponível no plano do colector,
- Caudal de circulação dos circuitos (primário e secundário quando existem),
- Temperaturas a entrada e a saída do campo dos colectores,
- Temperatura nos depósitos de acumulação e noutros pontos de débito de energia,
- Volume de água diária consumida,
- Temperaturas da água da rede e de consumo,
- Energia de apoio;

Alguma LITERATURA

1. *The Ultimate Pool Maintenance Manual. Mc Graw Hill. Terry Tamminen.*
2. *Plumbing. Roy Treloar. Blackwell Science. Colchester Institute*
3. *Active Solar Heating Systems – Design Manual. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc. in cooperation with Solar Energy Industries Association.*
4. *Instalações Solares – Manual. Sociedade Portuguesa de Energia Solar / INETI.*
5. *Solar Heating Systems for Houses – A Design Handbook for Solar Combi Systems. James and James / IEA.*
6. *Redes de Distribución de Fluidos Térmicos. Conservacion de Energia. IDAE.*