



Colectores Solares para Aquecimento de Água

Pavilhões Desportivos e Piscinas



Iniciativa promovida e financiada por



MINISTÉRIO DA ECONOMIA



Colectores Solares para Aquecimento de Água

Pavilhões Desportivos e Piscinas



Ficha Técnica

TÍTULO

Colectores Solares para Aquecimento de Água
Pavilhões Desportivos e Piscinas

EDIÇÃO

DGGE / IP-AGSpP

DESIGN

2 & 3 D, Design e Produção, Lda.

IMPRESSÃO

Tipografia Peres

TIRAGEM

30 000 exemplares

ISBN

972-8268-28-9

DEPÓSITO LEGAL

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

Lisboa, Abril 2004 (2ª edição)

Publicação Gratuita

Para mais informações:

www.aguaquentesolar.com

Edição financiada por

Iniciativa Pública AGSpP	04
1. A Problemática do Aquecimento de Água	05
2. Colectores Solares para Aquecimento de Água	10
2.1. Tipologias de Sistemas	10
2.2. Principais Componentes dos Sistemas	12
2.3. Funcionamento de um Sistema de Colectores Solares	18
2.4. Sistema de Apoio	19
3. Segurança de Instalações	20
3.1. Sistema de Fixação	20
3.2. Protecção contra Congelamento e Sobre-aquecimento	21
3.3. Protecção contra Contaminação da Água de Utilização	22
4. Exemplo	23
5. Potencial de Aplicação	30
6. Financiamento	31
7. Conclusões/Recomendações	33
8. Manutenção Preventiva em Sistemas Solar Activos	34
Anexo	36

Iniciativa Pública AQSpP

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 auto-sustentável de energia solar, com ênfase na vertente "Garantia da Qualidade", de cerca de 150 000 m² de colectores por ano, que poderá conduzir a uma meta da ordem de 1 milhão de m² de colectores instalados e operacionais até 2010.

Esta brochura pretende servir como guia de informação básica para os técnicos e gestores das Câmaras Municipais e de outras instituições ligadas ao desporto e ao ensino, que de alguma forma estejam envolvidos quer na gestão quer na promoção, concepção e realização de projectos de recintos desportivos, no sentido de considerarem a alternativa "colector solar" como uma das soluções viáveis aquando da selecção dos equipamentos de conversão de energia.

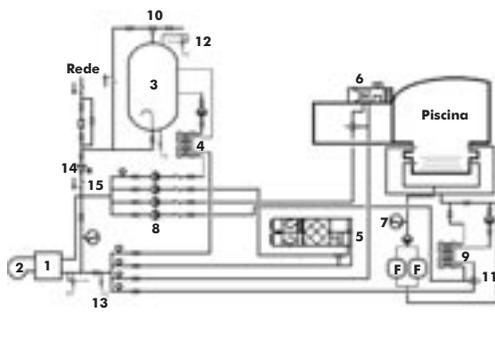
1. A Problemática do Aquecimento de Água

No conjunto dos equipamentos sociais, entendidos como centros de serviço aos cidadãos, é importante destacar as piscinas, os pavilhões desportivos, os albergues e os centros escolares, infra-estruturas que representam uma importante mais valia para os municípios, na medida em que proporcionam um acréscimo na qualidade de vida daqueles que as procuram quer para puro lazer como para prática de desporto ou mesmo para fins terapêuticos.

No entanto, a este tipo de instalações está geralmente associado um elevado custo de exploração e manutenção, devido, em grande parte, a consideráveis consumos de energia e de água. São de destacar quatro factores decisivos que estão na origem deste problema:

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

A selecção de caldeiras como equipamentos de apoio energético a estes edifícios tem sido a primeira e talvez a única opção considerada durante a concepção dos projectos, o que, à partida, condiciona a introdução de soluções alternativas e contribui para que os custos de exploração sejam difíceis de controlar.



- 1 - Caldeira
 - 2 - Queimador
 - 3 - Depósito de acumulação de AQS
 - 4 - Permutador de calor (Depósito AQS / Caldeira)
 - 5/6 - Unidade de tratamento de ar
 - 7 - Vaso de expansão
 - 8 - Bombas circuladoras
 - 9 - Permutador de calor (Piscina / Caldeira)
 - 10 - Misturadora
 - 11 - Válvula de 3 vias electrocomandada
 - 12 - Válvula de segurança
 - 13 - Dreno
 - 14 - Grupo de enchimento
 - 15 - Válvula de anti-retorno
- F - Filtros

▲
 Figura 1 - Esquema Unifilar
 Típico de Aquecimento de Água
 de Piscina e Produção de AQS

Esta situação tem provocado grandes dificuldades de ordem prática na gestão destes equipamentos. Do ponto de vista estritamente económico, as piscinas e os pavilhões municipais não são lucrativos, podendo dizer-se mesmo que representam um centro de custo permanente para as autarquias, clubes desportivos, escolas, etc. Na melhor das hipóteses, as receitas de utilização poderão cobrir parte das despesas de exploração. Geralmente, a maior fatia da despesa está na factura energética, sendo por isso vital a sua redução com vista a assegurar o funcionamento pleno e contínuo daquele tipo de infra-estruturas.

Na realidade, em muitos casos, os elevados custos de exploração causam adiamentos sistemáticos das obras de manutenção. Com a introdução no projecto de preocupações de utilização racional de energia, URE, nomeadamente do solar térmico passivo e activo, pode conceber-se um cenário de reduções significativas nos custos de exploração, libertando verbas para manutenção e, consequentemente, garantindo maior tempo de vida útil aos equipamentos.

Existem outras medidas de racionalização de consumos de energia, relacionadas com a produção, distribuição e consumo de água quente que devem ser adoptadas com o objectivo de reduzir os custos de exploração destes equipamentos:

- Ajuste periódico de queimadores das caldeiras;
- Instalação de bombas circuladoras de maior eficiência energética, incluindo de caudal variável;
- Colocação de isolamento térmico eficaz em toda a rede tubagem de água quente;
- Instalação de chuveiros com temporizadores e ou misturadoras;
- Instalação de relógios (*timers*) nas circuladoras do anel de retorno;
- Instalação de quebra ventos para piscinas ao ar livre;
- Instalação de cobertura do plano de água nas piscinas.

No caso concreto de piscinas aquecidas, a última medida apontada merece algum destaque por ser a mais promissora numa relação investimento/proveito e talvez a menos adoptada. Acresce que nestes equipamentos, o dimensionamento e a selecção dos aparelhos de aquecimento de água, incluindo colectores solares, estão directamente ligados a utilização ou não de coberturas do plano de água. A instalação de cobertura do plano de água é uma medida com um período de retorno muito reduzido, que deve ser uma regra a adoptar, sem excepção, nos projectos de piscinas aquecidas.

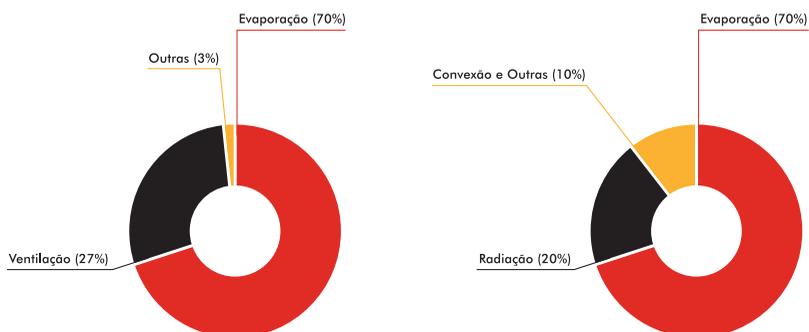
Figura 2 - Piscina com
Cobertura do Plano de Água



¹ Energy Smart Management,
Pool Covers – RSPECI,
EE-531 U. S. Department of Energy.

A água das piscinas perde energia por várias vias, mas as perdas por evaporação são, sem dúvida, as mais significativas, representando cerca de 70%¹ do total. Com efeito, a água em evaporação transporta quantidades de energia consideráveis, sendo por isso aconselhável adoptar uma estratégia que minimize a evaporação (em que se salienta a cobertura do plano de água). As restantes perdas são, comparativamente, bastante inferiores. Torna-se assim absolutamente recomendável a colocação da cobertura nos períodos em que a piscina não está em serviço, uma vez que se trata da medida mais eficiente e mais simples de implementar para dar resposta à factura energética. A introdução da cobertura do plano de água não só transforma o tanque da piscina num reservatório de energia, permitindo atingir poupanças que variam entre 10% e 40% para piscinas cobertas, como reduz o tempo de funcionamento dos equipamentos electro-mecânicos de tratamento de ar e, consequentemente, a energia eléctrica por eles consumida.

Figura 3 - Perdas de Energia nas Piscinas



De facto, ao reduzir as perdas por evaporação, as necessidades de renovação de ar, através da ventilação mecânica (forçada), para desumidificação, serão inferiores, resultando numa importante poupança de energia.

Para além da poupança energética, a utilização da cobertura do plano de água conduz ainda a benefícios adicionais como a redução das necessidades de reposição de água, e uma utilização mais racional dos aditivos químicos nos processos de tratamento.

Em alguns meses de Verão, de temperatura e radiação mais elevadas, a combinação entre a utilização da cobertura do plano de água e o aproveitamento da energia solar poderá anular o funcionamento do sistema de apoio de aquecimento de água em piscinas cobertas.

A selecção do tipo de cobertura é determinada essencialmente por considerações de investimento inicial, durabilidade, modo de funcionamento e fiabilidade operacional. Para que seja verdadeiramente eficaz, a colocação deste acessório requer um manuseamento cuidadoso por parte dos operadores de modo a evitar a ocorrência de acidentes (diminuição no tempo de vida do material), mas, fundamentalmente, para que não se acumule parte da água no seu topo, provocando o efeito inverso do pretendido, isto é, um maior arrefecimento da água. O custo típico da cobertura do plano de água varia entre 30,00 a 60,00 euros/m² do plano de água.

Embora este documento se destine essencialmente a promover a utilização de colectores solares para aquecimento de água em pavilhões desportivos e piscinas, esta mesma solução pode ser aplicada a outros equipamentos em que há também consumos significativos de águas quentes sanitárias. Referem-se nomeadamente edifícios de apoio a estaleiros municipais (balneários e cozinhas), albergues, centros escolares ou desportivos e ainda casas de repouso que, embora não estando sob tutela directa das autarquias, acabam por beneficiar de um acompanhamento especial destas que muitas vezes se traduz em apoios substanciais a estas instituições de solidariedade ou de utilidade pública. Portanto, o conteúdo técnico desta brochura é também dirigido a todas estas utilizações, que, no essencial, em nada diferem dos pavilhões desportivos que foram identificados como um dos principais objectivos desta brochura.

2. Colectores Solares para Aquecimento de Água

A utilização de colectores solares em piscinas e pavilhões desportivos, transforma as autarquias em pequenos produtores de energia, reduzindo a sua dependência, mas permitindo-lhes, sobretudo, reduzir as respectivas despesas de exploração e manutenção. Neste tipo de equipamentos, a disponibilidade de espaço para instalação dos colectores solares não constitui, de uma forma geral, um obstáculo (coberturas amplas e existência de terrenos contíguos).

2.1 Tipologias de Sistemas

Os colectores solares podem ter duas aplicações distintas:

- Produção de águas quentes sanitárias (AQS);
- Aquecimento da água da piscina.

Produção de águas quentes sanitárias

Na figura 4 apresentam-se os principais componentes que integram um sistema solar térmico activo, destacando-se os colectores, o depósito de acumulação e o permutador. São referenciados o circuito primário onde circula o fluido de transferência de calor e o secundário por onde circula a água que se pretende aquecer.

Figura 4 - Sistema Solar Térmico
- Esquema Unifilar Típico para a
Produção de AQS



Como princípio básico, as instalações solares para produção de AQS são geralmente dimensionadas para satisfazer uma parte das necessidades de energia térmica, com especial atenção para o mês de maior insolação, altura em que não deve haver excesso de energia captada. Nos restantes meses, haverá necessidade de alguma energia convencional de apoio.

O custo destes sistemas varia tipicamente entre 300,00 a 700,00 euros/m² de coletor solar instalado, em consonância com a dimensão e complexidade do campo de colectores.

Aquecimento de água da piscina

Nesta aplicação, o tanque da piscina funciona como reservatório de acumulação de energia e, por outro lado, a temperatura de água é muito mais baixa do que na aplicação AQS, tipicamente 24 a 28 °C².

A figura 5 apresenta um esquema da forma como é captada a energia no caso das piscinas. Destacam-se os colectores e o permutador externo de calor.

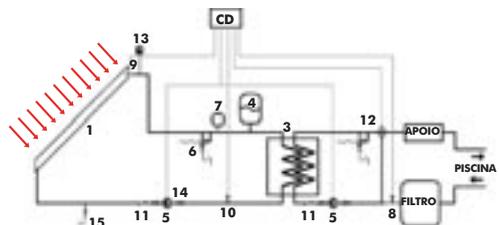
Como regra orientadora admite-se a utilização de uma área de captação de colectores solares entre 40 a 70% da superfície do plano de água quando se utilizam colectores com cobertura em vidro e até 75% no caso dos colectores sem cobertura.

O custo típico de sistemas com colectores sem cobertura varia entre 100,00 a 300,00 euros/m², em consonância com a dimensão e complexidade do campo dos colectores.

² Directiva CNQ 23/93 – A qualidade das piscinas de uso público, Instituto do Desporto de Portugal.

Figura 5 - Sistema Solar Térmico - Esquema Unifilar Típico para Aquecimento de Água da Piscina

- 1 - Coletor solar térmico
- 3 - Permutador de calor externo
- 4 - Vaso de expansão
- 5 - Bomba circuladora
- 6 - Válvula de segurança
- 7 - Manómetro de pressão
- 8 - Sonda de temperatura (fria)
- 9 - Sonda de temperatura (quente)
- 10 - Sonda de temperatura (retorno)
- 11 - Válvula de retenção
- 12 - Válvula de 3 vias electro-comandada
- 13 - Purgador de ar
- 14 - Torneira de corte
- 15 - Dreno
- CD - Comando diferencial



2.2 Principais Componentes dos Sistemas

Colector solar

O colector solar é sem dúvida o componente central e de maior peso económico numa instalação de captação de energia solar para aquecimento de água. Trata-se de um dispositivo capaz de captar a radiação solar e transferir a energia a um fluido de transferência, que é geralmente água mas pode ser também um óleo ou outro fluido, dependendo da temperatura de funcionamento do sistema. Para as aplicações a que se refere este documento, aquecimento da água de piscinas e produção de águas quentes sanitárias, podem ser utilizados quatro tipos de colectores:

Colector sem cobertura (só para piscinas que só funcionem no Verão)

Estes colectores consistem basicamente em tubos de plástico (propileno, policarbonato ou polivinil), colocados em forma de esteira e unidos por dois tubos de maior diâmetro nas partes inferior e superior (figura 6).

Para piscinas exteriores, cuja utilização normalmente ocorre de Maio a Setembro, os colectores a utilizar numa instalação solar serão preferencialmente os colectores de borracha sem cobertura. A utilização destes colectores permite a circulação directa da água da piscina pelos mesmos. Em termos económicos, são mais acessíveis do que os colectores com cobertura, embora o tempo de retorno do investimento seja bastante similar, pois têm menor eficiência e é exigida uma maior área de captação.

Figura 6 - Colector sem
Cobertura



- 1 - Tubos verticais
- 2 - Tubos de distribuição



Exemplo de corte transversal

De salientar que a utilização de colectores sem cobertura torna necessário que sejam colocados num local onde estes estejam abrigados do vento já que são particularmente sensíveis a velocidades do vento superiores a 1 m/s, que conduzem a uma diminuição drástica do seu rendimento.

Para além desse aspecto as temperaturas baixas do ar exterior no Inverno tornam igualmente inadequada a utilização destes colectores para o aquecimento de água de piscinas cobertas no Inverno, situação em que se justifica a utilização de colectores com cobertura.

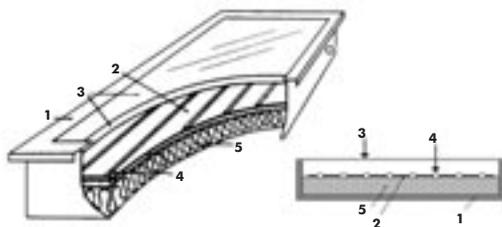
Colector de placa e tubos com cobertura

Trata-se do colector mais convencional, constituído por uma superfície absorvedora, fixada numa caixa estanque, com uma cobertura transparente, geralmente de vidro, que devido ao efeito de estufa, reduz as perdas térmicas. O isolamento térmico da parte posterior da caixa também contribui para minimizar as perdas. Este tipo de colector solar pode funcionar eficientemente durante todo o ano.

Com a placa absorvedora pintada de negro-mate atingem-se temperaturas máximas de funcionamento da ordem dos 50°C (temperatura habitual de utilização da água quente), com bom rendimento (cerca de 50%).

Figura 7 - Colector de Placa e Tubos com Cobertura

- 1 - Caixa metálica
- 2 - Superfície absorvedora
- 3 - Cobertura transparente
- 4 - Tubos de cobre
- 5 - Isolamento térmico



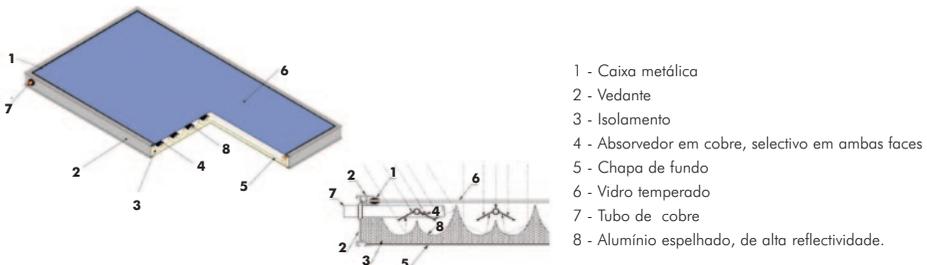
Com os chamados recobrimentos selectivos podem conseguir-se, ainda com bom rendimento, temperaturas de 60 a 70°C reduzindo as perdas caloríficas por radiação. Estes revestimentos da placa absorvora obtêm-se através de um tratamento electro-químico ou de uma pulverização catódica que confere à placa propriedades ópticas que reduzem a emissão da radiação infravermelha, mantendo a sua capacidade de absorção tão boa como a da tinta negra.

Este tipo de colectores, quando aplicados em piscinas, obriga à utilização de sistemas indirectos, pelo facto de os materiais utilizados não serem compatíveis com o cloro contido na água da piscina. Daqui resulta a necessidade da introdução de um permutador de calor, entre o circuito dos colectores e o circuito de água da piscina.

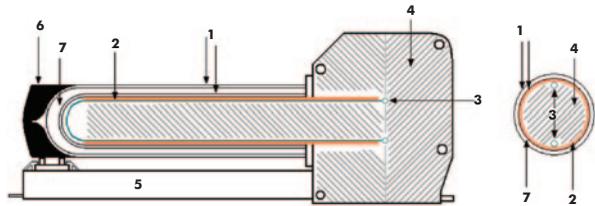
Colector do tipo CPC

No mercado nacional comercializa-se um outro tipo de colector, do tipo CPC ("*compound parabolic concentrator*"), vocacionado para utilização a temperatura mais elevadas (<110 °C). A diferença entre este tipo e os mais convencionais colectores planos reside no tipo de óptica utilizada e na geometria da superfície absorvora. Os convencionais, como o nome indica, são constituídos por uma placa absorvora plana à qual estão soldados, embutidos ou prensados, tubos. Por seu lado, os do tipo CPC são compostos por uma série de reflectores, com uma forma que lhes confere uma óptica de baixa concentração, que lhes permite serem igualmente estacionários como os colectores planos.

Figura 8 - Colector do Tipo CPC



- 1 - Tubo de vidro
- 2 - Alheta
- 3 - Tubo de cobre
- 4 - Isolamento
- 5 - Suporte
- 6 - Protecção de borracha
- 7 - Vácuo



▲
Figura 9 - Colector de Vácuo

Por cima de cada reflector é colocada uma alheta (superfície absorvora) em contacto com o tubo por onde circula o fluido a aquecer.

Tubo de vácuo

Para obter temperaturas de funcionamento ligeiramente superiores (<120°C) com bom rendimento já é necessário recorrer a colectores de vácuo. No interior destes colectores, normalmente tubulares, é feita a extracção do ar, de modo a reduzir na quase totalidade as perdas de calor por convecção e por condução da placa absorvora.

Temperatura de utilização

Em qualquer destas aplicações (produção de AQS e aquecimento de água da piscina), a quantidade de calor perdida aumenta com a diferença entre a temperatura a que se pretende conservar a água e a temperatura ambiente. Por isso se procura que a temperatura da água seja a mínima compatível com a necessária para a utilização requerida. Para as utilizações a que se refere este documento, não se exigem temperaturas superiores a 60°C-70°C para as AQS e 24-28°C para aquecimento das piscinas.

O gráfico que se segue representa uma comparação entre colectores em termos de temperatura de funcionamento acima da temperatura ambiente, com rendimento aceitável (>40%).

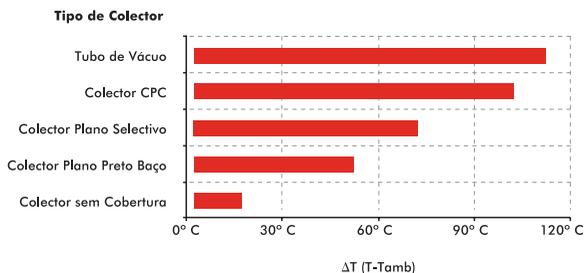


Figura 10 - Temperatura de Funcionamento dos Colectores

A escolha do colector a utilizar passa ainda por considerações de natureza económica, já que os colectores mais sofisticados são normalmente mais caros.

Instalação de colectores

A colocação dos colectores deve obedecer às seguintes regras:

- Orientação a Sul, ou próximo do Sul (+/- 10°);
- Inclinação próxima do valor de latitude (produção de AQS e aquecimento de água de piscinas cobertas todo o ano); 10-15° a menos para piscinas só abertas no Verão;
- Local livre de sombras ao longo de todo o ano;
- Fácil acesso para limpeza, vistoria e reparação.

Embora o ideal seja a orientação a Sul, pequenos desvios (10°) não afectam praticamente o rendimento e a energia térmica útil fornecida pelo sistema solar, sendo até por vezes preferíveis por questões de harmonia estética. Desvios de orientação e inclinação superiores deverão ser compensados aumentando a área de captação.

Ligação entre os colectores

Como se mostra esquematicamente na figura 11, os colectores podem estar ligados nas configurações paralelo, paralelo de canais, série e ainda combinações de todas elas. Qualquer opção de ligação tem que ter em consideração as características hidráulicas do circuito (não introduzir perdas de cargas desnecessárias e tentar que sejam semelhantes em todos os circuitos

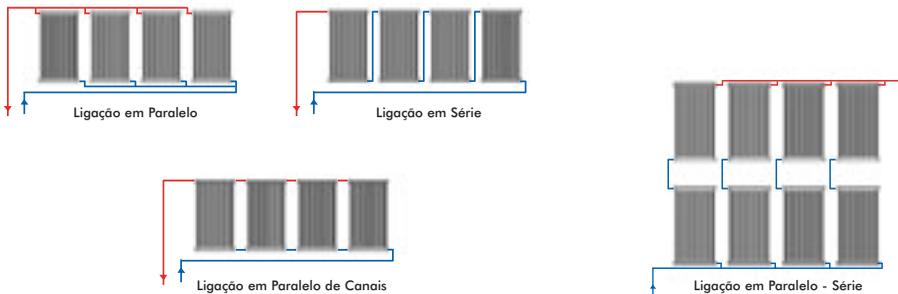


Figura 11 - Ligação entre Colectores

para que o caudal seja idêntico em todas as filas) e as características térmicas (a temperatura de saída nos colectores ou baterias simétricas não devem registar diferenças significativas).

Outros componentes

Permutador - dispositivo onde se dá a transferência do calor do circuito primário para o circuito secundário.

Vaso de expansão - permite absorver as variações de pressão, num circuito fechado, produzidas pelas variações de temperatura do fluido de transferência. Pode ser aberto ou fechado, dependendo da sua exposição ou não ao ar ambiente.

Bomba circuladora – assegura a circulação do fluido nos circuitos primário e secundário. Ela deve ser dimensionada de acordo com as perdas de carga globais dos circuitos, sem potência excessiva.

Purgador de ar - permite a saída do ar acumulado ao longo do circuito e pode ser manual ou automático. A sua utilização nas instalações solares é indispensável sendo recomendado um para cada quatro colectores.

Controlo diferencial - controla o funcionamento da bomba em função da diferença de temperatura entre o campo dos colectores e o depósito solar. O termostato deve activar a bomba sempre

que a temperatura à saída do campo dos colectores exceda o valor T_{in} (temperatura na parte inferior do depósito mais um pequeno incremento para a estabilidade de operação e para assegurar que a temperatura de saída do colector exceda os gastos parasitários da bomba circuladora).

Isolamento - muitas vezes menosprezado em instalações solares, a sua inexistência pode ser crítica para o funcionamento de uma instalação. O isolamento deve ser de baixa condutividade térmica e baixo custo. Deve também suportar a mais alta temperatura de funcionamento possível e, caso aplicado no exterior, deve ser protegido mecanicamente e contra a incidência de radiações ultravioletas.

2.3 Funcionamento de um Sistema de Colectores Solares

O funcionamento do sistema solar é baseado na comparação das temperaturas à saída do campo dos colectores e no ponto mais frio do depósito ou da piscina. Da comparação entre estas temperaturas resulta um diferencial que deverá permitir o arranque ou a paragem da bomba circuladora, que por sua vez faz movimentar o fluido térmico no interior do circuito primário, do qual faz parte um permutador de calor que permite a transferência de energia disponível, do campo dos colectores para a água da piscina, se for esse o caso, ou para a água do depósito acumulador no caso de AQS.

Nas situações em que a mesma instalação solar serve para produção de águas quentes sanitárias e aquecimento da água da piscina, a prioridade de abastecimento deve ser dada à piscina, pois trata-se do ponto de armazenamento a menor temperatura (temperatura recomendada de 24 a 28°C contra cerca de 60 °C no depósito de acumulação). Assim que a temperatura da água da piscina atinge o valor desejado, o sistema passa a abastecer o depósito de acumulação.

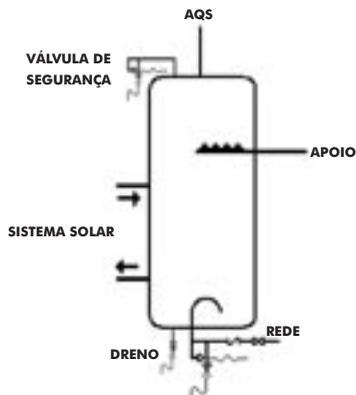
2.4 Sistema de Apoio

Nos meses de menor insolação, o abastecimento de uma parte da energia térmica necessária será assegurado através de sistemas de apoio (caldeiras, termo-acumuladores, ou outros).

No entanto, importa referir alguns aspectos importantes relacionados com a utilização de sistemas de apoio:

- Um sistema solar com apoio convencional deve sempre dar prioridade ao sol. Isso significa que, se possível, o apoio deve ficar em série com o sistema solar (figuras 4 e 5);
- Quando o sistema solar dispuser de um apoio eléctrico complementar inserido no depósito solar, este deve ser colocado a 2/3 da altura e dispor de um dispositivo que permita impedir o funcionamento do sistema de apoio durante o período diurno (figura 12);
- Se for usado um termo-acumulador (a gás ou eléctrico), deve ser colocado em série com o sistema solar de forma a respeitar a referida prioridade ao sol.

Figura 12 - Depósito Solar com Apoio Incorporado



3. Segurança de Instalações

3.1 Sistema de Fixação

Os colectores solares devem ser cuidadosamente fixados a uma estrutura resistente para evitar que se soltem ou caiam devido ao vento, neve, sismos ou outras causas; em especial devem ser devidamente consideradas as pressões do vento sobre as superfícies superior e inferior dos colectores.

Os sistemas de fixação devem ser periodicamente inspeccionados por técnicos especializados.

A concepção e instalação da estrutura e todo o sistema de fixação de colectores deverá permitir as necessárias dilatações térmicas, sem cedências de carga que possam afectar a integridade dos colectores e do circuito hidráulico.

Durante a instalação da estrutura de fixação é indispensável assegurar as condições de impermeabilidade e de escoamento das águas, em particular nos locais de atravessamento de coberturas pelas tubagens de circulação do fluído de transferência e pelos suportes.

A fixação deve ser de acordo com o estipulado no Regulamento de Segurança e Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes, definido pelo Decreto-Lei 235/83 de 31 de Maio de 1983.

A nível europeu existe uma pré-norma ENV 1991-2-4 (Maio de 1995) em que se refere o Regulamento acima referido, mas pelo facto de não haver legislação comunitária transposta para Portugal, o regulamento a aplicar é o Decreto-Lei 235/83.

3.2 Protecção contra Congelação e Sobre-aquecimento

Os colectores solares e toda a rede de tubagem que constitui parte integrante do sistema solar devem ser concebidos para evitar danos causados pela congelação e ou sobre-aquecimento. Baixas temperaturas durante períodos da inexistência de radiação solar podem resultar em temperaturas inferiores a 0°C, mesmo com temperaturas ambientes mais elevadas, devido à radiação para o céu em noites de céu limpo e sem vento. Por outro lado, se não existir utilização de energia durante períodos de alta insolação, a temperatura do fluido de circulação pode exceder os 100°C.

A congelação nocturna pode ser evitada adoptando uma das quatro medidas seguintes:

- Utilização de anti-congelantes no circuito primário do sistema solar nomeadamente, misturas etileno-glicol/água ou propileno-glicol/água, caso em que passa a ser exigido o recurso a permutador de dupla barreira, de acordo com a norma de segurança - NP 1803;
- Circulação de água mais quente nos colectores, a partir do depósito de acumulação;
- Recolha do fluido para um reservatório sempre que o sistema pára; é o que acontece nos países onde é proibida a utilização de anti-congelante por razões de segurança;
- Utilização de colectores e rede tubagem capazes de sustentar congelação ocasional através de dilatação.

Na ausência de consumo, situação que se verifica frequentemente nos equipamentos municipais que são encerrados durante o mês de Agosto, por coincidência, o mês de maior disponibilidade de radiação solar, o circuito primário do sistema solar poderá entrar em ebulição, embora a temperatura de ebulição dependa da pressão do circuito. Havendo ebulição, o vapor será expelido pelos purgadores de ar e é indispensável que estes possam funcionar a temperaturas elevadas (a 4 bar, a água ferve a 133,5°C).

Começam a aparecer sistemas com dispositivos de segurança para sobreaquecimento, quer com válvulas que descarregam água do depósito se atingir uma temperatura máxima, permitindo a entrada de água fria da rede de arrefecimento, quer com sistemas de dissipação de calor do depósito (sem perda de água). A redução da temperatura do depósito, controla a temperatura do primário.

3.3 Protecção contra Contaminação da Água de Utilização

Nos circuitos não secundários das instalações de aquecimento indirecto em que a água de utilização possa entrar em contacto com pessoas, quer em sistemas em que a água utilizada para fins alimentares, quer em sistemas em que é utilizada para fins sanitários (duchas, piscinas, etc.), é necessário evitar que os fluídos de transferência ou os aditivos eventualmente utilizados para reduzir problemas de congelação, corrosão ou incrustação possam contaminar a água de utilização.

Recomenda-se a utilização, de preferência, de fluídos e aditivos não tóxicos, e corados de modo a permitir a detecção fácil de fugas para os circuitos de utilização. Se forem utilizados fluídos ou aditivos tóxicos, tem de ser utilizada obrigatoriamente permutadores com parede dupla entre o circuito primário com aditivo tóxico e o circuito de utilização, não sendo permitidas ligações directas à rede.

Para informações adicionais sobre segurança de instalações deve consultar a Norma Portuguesa NP - 1803: Segurança nas Instalações Solares de Aquecimento de Água.

4. Exemplo

Por uma mera questão de concretização prática das ideias expostas, apresenta-se o caso de uma piscina coberta, sem a cobertura isolante do plano de água (nos períodos de não utilização), que dispõe de uma caldeira a gás com 250 kW de potência instalada. A caldeira acoplada a um depósito de 2 000 litros de capacidade assegura o aquecimento da água da piscina e a produção de águas quentes sanitárias para os balneários, equipados com 14 chuveiros com temporizadores, possibilitando outros tantos banhos em simultâneo.

RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO

Volume do edifício da nave	5 000 m ³
Área do plano de água	160 m ²
Volume do tanque	256 m ³
Temperatura da água da piscina	26°C
Humidade relativa	70%
Formato	Rectangular
Temperatura das águas quentes sanitárias	45°C
Utilização	12 meses do ano
Número de horas de utilização	13 horas
Número de utentes	80 utentes por dia
Volume diário de águas quentes sanitárias (AQS)	3 200 litros
Temperatura de armazenamento de AQS	60°C

FACTURA DE GÁS PROPANO - Histórico

Período de Facturação	Consumo	V. Unitário	Consumo	Outros	IVA	V. Factura	Custo/m ³
	m ³		euros				euros/m ³
28-12-2001 a 20-01-2002	2 282	1,130	2 579,79	72,81	450,53	3 103,13	1,36
31-01-2002 a 26-02-2002	1 529	1,115	1 704,84	72,81	313,12		
	59	1,130	66,67			2 157,44	1,36
27-02-2002 a 27-03-2002	1 592	1,115	1 775,08	72,81	313,73	2 161,62	1,36
28-03-2002 a 26-04-2002	1 421	1,115	1 584,42	72,81	281,31	1 938,54	1,36
27-04-2002 a 29-05-2002	1 343	1,115	1 497,45	70,37	266,53	1 834,35	1,37
30-05-2002 a 27-06-2002	1 003	1,115	1 118,35	70,37	225,86	1 414,58	1,41
28-06-2002 a 30-07-2002	954	1,115	1 063,71	72,81	215,48	1 352,00	1,42
30-08-2002 a 27-09-2002	1 003	1,081	1 084,24	72,81	219,38	1 376,43	1,37
28-09-2002 a 30-10-2002	1 415	1,081	1 529,62	72,81	304,00	1 906,43	1,35
31-10-2002 a 28-11-2002	1 164	1,027	1 195,43	75,42	249,62		
	42	1,081	45,40			1 565,87	1,30
Total Anual	13 807	1,102	15 245,00	725,83	2 839,56	18 810,39	1,36

Apesar de este edifício estar localizado na área da Grande Lisboa, o estudo vai ser desenvolvido como se estivesse localizado em cada uma das capitais de distrito, para avaliar a viabilidade económica das alternativas preconizadas em todo o território nacional. Trata-se portanto de aplicação de um sistema solar na situação de reabilitação.

Soluções preconizadas

- Aquisição da cobertura isolante flutuante do plano de água, capaz de praticamente anular as perdas evaporativas e reduzir significativamente as perdas convectivas.
- Instalação de um sistema solar térmico activo adaptado ao espaço físico disponível, tendo em conta as necessidades térmicas identificadas (aquecimento das águas da piscina e produção de águas quentes sanitárias para os balneários).

Dimensionamento dos colectores solares

Para o dimensionamento da área de captação de colectores solares foram utilizados os dados de radiação da cidade de Lisboa e das restantes capitais de distrito. Para as águas quentes sanitárias, foi considerado o consumo médio de 40 litros por duche por utente. Considerando a utilização média de 80 pessoas por dia ao longo de todo o ano, o consumo médio diário foi estabelecido em 3 200 litros.

Características do sistema proposto

Para cada localização, o sistema de captação solar foi dimensionado usando o programa SOLTERM 4.4 desenvolvido pelo INETI no Departamento de Energias Renováveis - DER. No dimensionamento devem ser consideradas, em simultâneo, as necessidades da piscina e da preparação das AQS, embora tratadas sequencialmente, uma após a outra, no programa de dimensionamento.

Para Lisboa, por exemplo, o sistema solar que se sugere será constituído por um campo de colectores solares com cerca de 92 m² (72 m² para a água da piscina e 20 m² para AQS) de área útil, um novo depósito de acumulação com 2 000 litros de capacidade para AQS, com permutador do tipo serpentina, e um permutador de calor externo que deverá assegurar a transferência de calor para a água da piscina.

Para as AQS, o dimensionamento do campo dos colectores foi feito com a preocupação de não haver desperdícios nos meses de maior insolação, enquanto que para o aquecimento da água da piscina, foi imposta uma segunda condição, em que a área de captação do campo dos colectores deveria situar-se entre 40 a 65 m² da área do plano de água.

As áreas dos colectores solares noutros locais são indicados numa tabela mais adiante.

Energia convertida / Análise económica

Com base nos elementos previamente recolhidos e nas características do sistema que se propõe, fez-se o cálculo da energia disponível no plano dos colectores e da energia convertida pelo sistema solar.

Considerando um colector solar plano selectivo com as seguintes características:

Rendimento óptico	0.792
Factor das perdas térmicas	4.63 W/m ² /°C
Comprimento	2.30 m
Largura	1.20 m
Peso bruto	50 kg
Orientação	Sul
Inclinação	45°

Nota: os valores dos rendimento óptico e factor de perdas são retirados dos ensaios de acordo com as normas europeias de um laboratório acreditado e correspondem a valores médios para um colector plano selectivo.

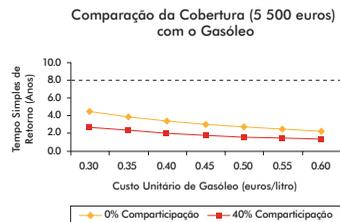
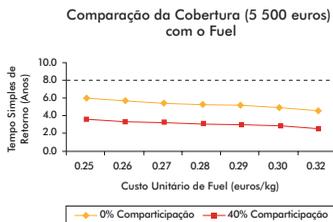
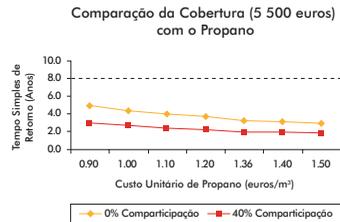
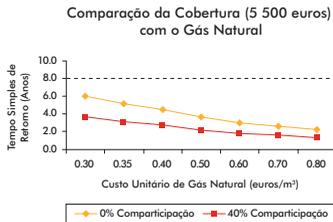
Cobertura Isolante do Plano de Água

Da aplicação do SOLTERM, obtêm-se os seguintes resultados:

Energia Necessária para Aquecer a Piscina (26 °C)		
SEM a cobertura do plano de água		173 188 kWh
COM a cobertura do plano de água		141 290 kWh
PROVEITO Anual resultante da introdução da cobertura		31 898 kWh
Investimento		
	SEM comparticipação	40% de comparticipação a fundo perdido
Cobertura do Plano de Água (euros)	5 500,00	3 300,00

A introdução da cobertura do plano de água deverá reduzir as necessidades energéticas de aquecimento da água da piscina em cerca de 18,5 por cento (sendo o proveito anual estimado em 2 456,00 euros). Para a cobertura do plano de água, o tempo de retorno foi estimado em 2,2 anos para apoio alternativo a propano, considerando um investimento inicial de 5 500,00 euros. Este investimento pode ser participado até 40%, a fundo perdido, pelo sistema de incentivos MAPE em vigor, no caso de instituições públicas (com excepção dos sistemas localizados na região de Lisboa e Vale do Tejo).

Para outras fontes de energia, os períodos de retorno são os indicados nos gráficos seguintes.



Dado que o investimento nesta cobertura é rapidamente recuperado, será esta a única alternativa considerada no estudo.

Aplicação de Colectores Solares

Sistema Solar Térmico - Resultado dos Cálculos							
	E _{nergia}				E _{SOLAR}		AC
	E _{SOLAR} Pisc	AC Pisc	AQS CARGA	E _{SOLAR} AQS	AC AQS	(Pisc+AQS)	(Pisc+AQS)
	kWh/ano	m ²	kWh/ano	kWh/ano	m ²	kWh/ano	m ²
Aveiro	97 254	97	39 677	19 734	30	116 988	127
Bragança	86 778	85	41 365	17 913	24	104 691	109
Beja	77 343	62	36 163	17 152	18	94 495	80
Castelo Branco	82 484	72	38 679	17 334	20	99 818	92
Coimbra	89 217	84	38 902	18 288	25	107 505	109
Évora	79 368	64	36 778	16 953	18	96 321	82
Faro	79 890	64	35 101	16 586	18	96 476	82
Funchal	96 009	86	33 965	20 797	31	116 806	117
Guarda	94 757	90	42 374	18 968	24	113 725	114
Lisboa	85 226	72	36 279	16 978	20	102 204	92
Porto	94 918	96	39 953	18 903	28	113 821	124
Porto Santo	93 659	84	33 848	20 207	28	113 866	112
S Miguel	87 966	100	36 524	17 828	35	105 794	135

Embora se tenha optado por dimensionar separadamente as duas necessidades, a execução física do sistema solar será única, evitando a duplicação dos acessórios. Assim será projectado um único sistema, cuja área de captação passará a ser a soma das duas áreas dimensionadas separadamente. De destacar dois elementos essenciais para o bom funcionamento do sistema a adoptar, o comando diferencial que deverá permitir a definição da prioridade de abastecimento (AQS ou aquecimento da água do tanque da piscina) e ainda a válvula de 3 vias electrocomandada que assegurará a transferência de energia para um circuito ou outro, de acordo com a prioridade definida pelo comando diferencial.

Tomaram-se, como referência para este estudo, os seguintes valores de conversão energética:

Poder Calorífico Inferior - PCI	
Gás Natural	10,5279 kWh/m ³
Propano	25,1163 kWh/m ³
Fuel	11,2694 kWh/kg
Gasóleo	9,950 kWh/Litro
Rendimento de queima - Caldeira a Gás	90 %
Rendimento de queima - Outras Caldeiras	70 %

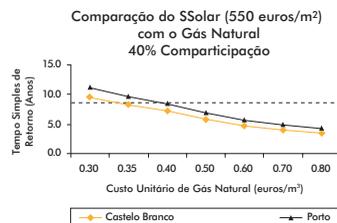
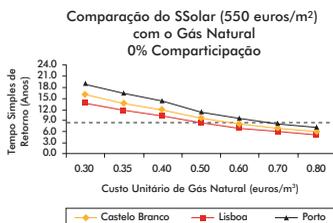
A decisão de investir num sistema solar depende fundamentalmente do desejo de aumentar o período de funcionamento de piscinas ao ar livre e também de reduzir as despesas de exploração dos equipamentos de aquecimento de água.

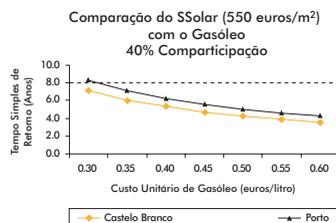
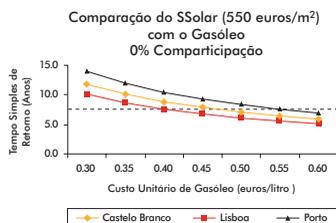
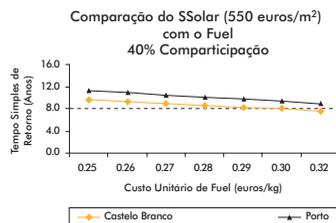
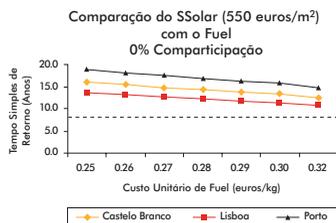
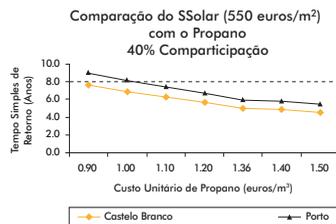
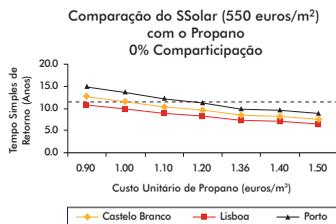
Considerando os dados apresentados na tabela anterior, verifica-se que, para o exemplo citado, a introdução de colectores solares gera proveitos na ordem dos 7 869.70 euros, considerando um investimento inicial de 32 200.00 euros.

Investimento		
	SEM participação	40% de participação a fundo perdido
Sistema Solar (euros/m ²)	550,00	330,00

O tempo simples de retorno do investimento foi estimado 5,5 anos para o sistema solar. Há que referir que para as restantes capitais distritais, esta despesa é comparticipada até 40 por cento por parte do MAPE/PRIME.

Os gráficos que se seguem, apresentam o tempo simples retorno do investimento nos colectores solares, considerando a mesma infraestrutura apresentada, para Castelo Branco, Lisboa e Porto, em função de uma gama de preços e das alternativas energéticas e ainda duas situações distintas, zero por cento de comparticipação e quarenta por cento de comparticipação a fundo perdido.





Comparando as várias formas de energia apresentadas nos gráficos, conclui-se que os colectores solares de aquecimento de água são mais aconselháveis quando o propano (LPG) for a fonte energética alternativa. Nas situações em que o fuel for o combustível alternativo, o solar parece pouco interessante do ponto de vista económico.

A introdução de colectores solares deve ser estudado nos casos de estar disponível gasóleo (ao preço especial para aquecimento) ou o gás natural, pois o seu interesse económico vai depender da situação específica de cada caso concreto.

Os gráficos apresentados dão uma primeira boa indicação dos potenciais benefícios económicos desta alternativa.

5. Potencial de Aplicação

O potencial de aplicação da energia solar térmica em equipamentos desportivos foi avaliado pelo FORUM "Energias Renováveis em Portugal" que decorreu em 2001. Apresentam-se de seguida duas tabelas produzidas por esse estudo.

Pavilhões gimnodesportivos

A área de colectores a instalar (A_c) foi estimada com base em alguns projectos concretos, já realizados, de onde se pode extrair um valor médio de A_c a instalar por pavilhão de cerca de 33 m². Considera-se também, neste caso, que a energia média anual fornecida por unidade de área de colectores é de 660 kWh/m². Assumiu-se para cálculo do investimento, um custo médio de sistema instalado de 500 euros/m².

REGIÃO	PAVILHÕES		A_c m ²	E_{anual} MWh
	Nº de Inst.	m ²		
ALENTEJO	69	60 458	2 302	1 519
ALGARVE	25	25 261	834	550
CENTRO	220	229 632	7 339	4 844
LISBOA E VALE DO TEJO	254	258 468	8 473	5 592
NORTE	318	318 382	10 608	7 001
TOTAL	886	892 201	29 557	19 506

Piscinas cobertas

No caso do aquecimento da água de piscinas cobertas, considerou-se uma área de colectores de cerca de 70% da área de plano de água da piscina. Neste caso a energia anual fornecida pelo sistema solar será de 850 kWh/m² uma vez que se trata de uma aplicação a muito baixa temperatura.

REGIÃO	PISCINAS COBERTAS		A_c m ²	E_{anual} MWh
	Nº de Inst.	m ²		
ALENTEJO	33	7 159	5 046	4 289
ALGARVE	6	1 467	1 034	879
CENTRO	77	17 806	12 550	10 668
LISBOA E VALE DO TEJO	117	30 961	21 882	18 600
NORTE	124	34 321	24 190	20 562
TOTAL	357	91 714	66 299	56 354

6. Financiamento

As soluções apontadas atrás (utilização da cobertura do plano de água nas piscinas e recurso a sistemas solares térmicos), são apoiadas através da Medida de Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético e Racionalização de Consumos, MAPE, Portaria 394/2004, de 19 de Abril. A MAPE apoia tecnologias energéticas com um impacto ambiental positivo, reduzindo as emissões de gases poluentes associados directa ou indirectamente à produção de energia, contribuindo para a satisfação integral das necessidades, sem redução de quaisquer padrões de exigência de desempenho. De acordo com o estipulado no n.º 3 do Artigo 12.º da mesma Portaria, as Câmaras Municipais são apoiadas, para este tipo de investimentos, através de um incentivo não reembolsável que pode atingir os 40% do investimento elegível.

O recurso a esta Medida impõe o cumprimento de regras e requisitos específicos, estabelecidos na referida Portaria, dos quais se destacam:

- A energia solar captada anualmente pelo sistema solar deve ser calculada com base no programa SOLTERM, do INETI (Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação), e o incentivo será tanto maior quanto maior for a energia captada;
- Os colectores solares têm de estar devidamente ensaiados e certificados segundo a EN 12975, satisfazendo requisitos de qualidade e apresentar um certificado de garantia mínima de seis anos;
- Os projectos de investimento devem incluir projecto técnico adequado aos objectivos que se propõe atingir, detalhar o processo seguido ou a seguir na selecção de fornecedores e ser apresentado antes do início da sua execução, com excepção dos adiantamentos para a sinalização até 50% e dos estudos realizados a menos de um ano;

- As empresas ou entidades instaladoras dos sistemas solares têm de fazer executar a instalação sob a responsabilidade de um instalador certificado.

O Serviço de Venda de Água Quente - SVAQ

As Câmaras Municipais poderão recorrer a novos modelos de financiamento nomeadamente através de empresas prestadoras de serviço de venda de energia sob a forma de água quente - SVAQ.

O fornecedor do SVAQ disponibilizará aquecimento de água a piscinas e pavilhões Municipais, assegurando o financiamento, projecto, instalação, exploração e manutenção dos sistemas. O pagamento deste serviço será baseado num tarifário a acordar entre as partes, através de um contrato de prestação de serviços.

O recurso ao SVAQ deverá permitir às Câmaras Municipais libertarem-se do peso do investimento inicial, uma das principais barreiras que se contrapõe a esta opção. Por outro lado, a gestão dos diversos equipamentos será assegurada por um único operador, minimizando interfaces, ao mesmo tempo que a exploração e a manutenção serão garantidas por equipas especializadas.

Figura 13 - Aplicação de Colectores Solares de Aquecimento de Água numa Piscina Coberta.



7. Conclusões/Recomendações

Os gráficos apresentados no estudo económico revelam que o investimento em colectores solares para aquecimento de água, por parte das autarquias, para reduzir as despesas de exploração, pode ser interessante mesmo que não lhe seja possível recorrer ao MAPE/PRIME. Havendo essa possibilidade, então a situação é bastante interessante. São particularmente interessantes nos casos em que o apoio tenha que recorrer a propano, mas também com gás natural e gasóleo há muitas situações em que podem ter um período de retorno inferior a 8 anos.

Conclui-se também que as instituições responsáveis pela elaboração de projectos relacionados com estes equipamentos deveriam considerar a alternativa colector solar ainda na fase de projecto.

Espera-se que este documento estimule as autarquias a realizar este tipo de investimento. Os responsáveis pela gestão dos equipamentos em funcionamento deveriam assumir uma postura mais pró-activa com vista a implementação destes sistemas:

- 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 do equipamento;
- Recolher facturas mensais de combustível utilizado pelos aparelhos de aquecimento de água;
- Manter um dossier com as telas finais/alterações entretanto efectuadas em obra (cobertura, quadros eléctricos...) do equipamento.

Estes elementos facilitam, em grande medida, a execução de qualquer estudo de viabilidade e a elaboração de candidaturas à programas de apoio financeiros.

8. Manutenção Preventiva em Sistemas Solar Activos

Um sistema solar bem dimensionado e executado requer pouca manutenção ao longo do tempo de vida do seu funcionamento. No entanto, o proprietário da instalação deve solicitar garantias não inferiores a 6 anos, uma das condições para assegurar o co-financiamento por parte do Estado. O proprietário deve ainda negociar com o instalador um contrato de manutenção para o período pós-garantia.

Apresentam-se, nas tabelas seguintes, listas das operações de manutenção preventiva mais comuns em sistemas solares térmicos activos.

COMPONENTE	INTERVENÇÃO	FREQUÊNCIA (Meses)	OBSERVAÇÕES
CAMPO DE COLECTORES	LIMPEZA	12	Com água e detergente. Realizar esta operação em horas de baixa insolação, ao amanhecer ou ao escurecer.
	ESTRUTURA	12	Recuperar partes da estrutura que apresentam indícios de corrosão, lixar e pintar. Verificar o aperto dos parafusos.
	COLECTOR - cobertura	6	Inspeção visual. Substituir em caso de rotura. Em caso de condensações acentuadas verificar a origem e corrigir.
	- juntas	6	Inspeção visual (aderência, deformações e degradação).
	- absorSORA	6	Inspeção para detectar escamação de pintura, focos de corrosão, deposição de corpos estranhos e deformações. Substituir em caso de fugas.
	- tubagem	6	Inspeção visual para a detecção de fugas.
	- caixa	6	Inspeção visual para a detecção de deformações e oscilações.

COMPONENTE	INTERVENÇÃO	FREQUÊNCIA (Meses)	OBSERVAÇÕES
CIRCUITO PRIMÁRIO	Fluido de circulação	12	Comprovar, uma vez por ano, a sua densidade e pH (indicando o seu estado de degradação – pH<5 poderá implicar substituição).
		60	Substituição do fluido de circulação.
		24(max.)	Efectuar provas de pressão a partir do segundo ano.
	Estanqueidade	12	Inspecção visual (humidade).
	Isolamento	12	Limpar e confirmar o correcto funcionamento.
	Purgadores - automáticos - manuais	0.5	Esvaziar o ar acumulado.
	Bomba	12	Estanqueidade e lubrificação.
	Termostato	12	Limpeza, controlo de funcionamento e regulação. Utilizar sondas de temperatura.
	Vaso de expansão	12	Comprovação da pressão.
	Permutador	60	Limpeza e inspecção (12 meses para lugares com águas duras).
	Serpentina	60	Limpeza e desincrustação.

COMPONENTE	INTERVENÇÃO	FREQUÊNCIA (Meses)	OBSERVAÇÕES
CIRCUITO SECUNDÁRIO	Válvula de corte	12	Lubrificar e apertar.
	Válvula de segurança	12	Movimentar para evitar encrustação ou calcificação.
		60	Comprovar a pressão.
	Acumulação (Depósito)	24 (max.)	Verificar o sistema de protecção corrosiva.
COMPONENTES ELÉCTRICOS	Interruptores	12	Limpeza e aperto dos bornos.
	Contadores	12	Limpeza e aperto dos bornos.
	Diferenciais	12	Controlo de funcionamento. Verificação da ligação à terra.
	Armário eléctrico	12	Limpeza.

Anexo

As tabelas seguintes apresentam o tempo simples de retorno em função de uma gama de preços das alternativas energéticas disponíveis no local. Cada utilizador pode então avaliar o seu caso concreto, em função da disponibilidade local de gás natural, o propano, o fuel e o gasóleo, bem como dos preços praticados pelo respectivo distribuidor na altura da decisão. Por exemplo, se em Beja estivesse disponível apenas o propano, como alternativa para apoio a um sistema solar, e se o preço fosse 1,10 euros/m³, a tabela mostra que o período de retorno para o sistema solar seria de 5,7 anos.

GÁS NATURAL SSOLAR	Custo Unitário (euros/m³) Custo do kWh (euros/kWh)	0,30	0,35	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
		0,032	0,037	0,042	0,053	0,063	0,074	0,084
Aveiro	0% Participação	18.9	16.2	14.1	11.3	9.4	8.1	7.1
	40% Participação	11.3	9.7	8.5	6.8	5.7	4.8	4.2
Bragança	0% Participação	18.1	15.5	13.6	10.9	9.0	7.8	6.8
	40% Participação	10.9	9.3	8.1	6.5	5.4	4.7	4.1
Beja	0% Participação	14.7	12.6	11.0	8.8	7.4	6.3	5.5
	40% Participação	8.8	7.6	6.6	5.3	4.4	3.8	3.3
Castelo Branco	0% Participação	16.0	13.7	12.0	9.6	8.0	6.9	6.0
	40% Participação	9.6	8.2	7.2	5.8	4.8	4.1	3.6
Coimbra	0% Participação	17.6	15.1	13.2	10.6	8.8	7.5	6.6
	40% Participação	10.6	9.1	7.9	6.3	5.3	4.5	4.0
Évora	0% Participação	14.8	12.7	11.1	8.9	7.4	6.3	5.5
	40% Participação	8.9	7.6	6.7	5.3	4.4	3.8	3.3
Faro	0% Participação	14.8	12.7	11.1	8.9	7.4	6.3	5.5
	40% Participação	8.9	7.6	6.6	5.3	4.4	3.8	3.3
Funchal	0% Participação	17.4	14.9	13.0	10.4	8.7	7.5	6.5
	40% Participação	10.4	8.9	7.8	6.3	5.2	4.5	3.9
Guarda	0% Participação	16.9	14.5	12.7	10.2	8.5	7.3	6.3
	40% Participação	11.6	10.0	8.7	7.0	5.8	5.0	4.4
Lisboa	0% Participação	13.7	11.7	10.2	8.2	6.8	5.9	5.1
	40% Participação							
Porto	0% Participação	18.9	16.2	14.2	11.4	9.5	8.1	7.1
	40% Participação	11.4	9.7	8.5	6.8	5.7	4.9	4.3
Porto Santo	0% Participação	16.6	14.3	12.5	10.0	8.3	7.1	6.2
	40% Participação	10.3	8.8	7.7	6.2	5.1	4.4	3.8
S Miguel	0% Participação	22.2	19.0	16.6	13.3	11.1	9.5	8.3
	40% Participação	13.3	11.4	10.0	8.0	6.6	5.7	5.0

TABELA GN

PROPANO SSOLAR	Custo Unitário (euros/m ³) Custo do kWh (euros/kWh)	0,90	1,00	1,10	1,20	1,36	1,40	1,50
		0,040	0,044	0,049	0,053	0,060	0,062	0,066
Aveiro	0% Participação	15.0	13.5	12.3	11.2	9.9	9.6	9.0
	40% Participação	9.0	8.1	7.4	6.7	6.0	5.8	5.4
Bragança	0% Participação	14.4	12.9	11.8	10.8	9.5	9.2	8.6
	40% Participação	8.6	7.8	7.1	6.5	5.7	5.5	5.2
Beja	0% Participação	11.7	10.5	9.6	8.8	7.7	7.5	7.0
	40% Participação	7.0	6.3	5.7	5.3	4.6	4.5	4.2
Castelo Branco	0% Participação	12.7	11.5	10.4	9.5	8.4	8.2	7.6
	40% Participação	7.6	6.9	6.3	5.7	5.1	4.9	4.6
Coimbra	0% Participação	14.0	12.6	11.5	10.5	9.3	9.0	8.4
	40% Participação	8.4	7.6	6.9	6.3	5.6	5.4	5.0
Évora	0% Participação	11.8	10.6	9.6	8.8	7.8	7.6	7.1
	40% Participação	7.1	6.4	5.8	5.3	4.7	4.5	4.2
Faro	0% Participação	11.7	10.6	9.6	8.8	7.8	7.5	7.0
	40% Participação	7.0	6.3	5.8	5.3	4.7	4.5	4.2
Funchal	0% Participação	13.8	12.5	11.3	10.4	9.2	8.9	8.3
	40% Participação	8.3	7.5	6.8	6.2	5.5	5.3	5.0
Guarda	0% Participação	13.5	12.1	11.0	10.1	8.9	8.7	8.1
	40% Participação	9.3	8.3	7.6	6.9	6.1	6.0	5.6
Lisboa	0% Participação	10.9	9.8	8.9	8.1	7.2	7.0	6.5
	40% Participação							
Porto	0% Participação	15.0	13.5	12.3	11.3	10.0	9.7	9.0
	40% Participação	9.0	8.1	7.4	6.8	6.0	5.8	5.4
Porto Santo	0% Participação	13.2	11.9	10.8	9.9	8.8	8.5	7.9
	40% Participação	8.2	7.3	6.7	6.1	5.4	5.2	4.9
S Miguel	0% Participação	17.6	15.9	14.4	13.2	11.7	11.3	10.6
	40% Participação	10.6	9.5	8.7	7.9	7.0	6.8	6.3

TABELA PR

FUEL SSOLAR	Custo Unitário (euros/kg) Custo do kWh (euros/kWh)	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32
		0,032	0,033	0,034	0,035	0,037	0,038	0,041
Aveiro	0% Participação	18.9	18.1	17.5	16.8	16.3	15.7	14.7
	40% Participação	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8	9.4	8.8
Bragança	0% Participação	17.9	17.2	16.6	16.0	15.4	14.9	14.0
	40% Participação	10.7	10.3	10.0	9.6	9.3	9.0	8.4
Beja	0% Participação	14.7	14.1	13.6	13.1	12.7	12.2	11.5
	40% Participação	8.8	8.5	8.2	7.9	7.6	7.3	6.9
Castelo Branco	0% Participação	15.9	15.3	14.7	14.2	13.7	13.3	12.4
	40% Participação	9.6	9.2	8.8	8.5	8.2	8.0	7.5
Coimbra	0% Participação	17.6	16.9	16.3	15.7	15.2	14.7	13.8
	40% Participação	10.6	10.2	9.8	9.4	9.1	8.8	8.3
Évora	0% Participação	14.8	14.2	13.7	13.2	12.7	12.3	11.5
	40% Participação	8.9	8.5	8.2	7.9	7.6	7.4	6.9
Faro	0% Participação	14.8	14.2	13.7	13.2	12.7	12.3	11.5
	40% Participação	8.9	8.5	8.2	7.9	7.6	7.4	6.9
Funchal	0% Participação	17.4	16.7	16.1	15.6	15.0	14.5	13.6
	40% Participação	10.4	10.0	9.7	9.3	9.0	8.7	8.2
Guarda	0% Participação	16.8	16.2	15.6	15.0	14.5	14.0	13.1
	40% Participação	11.8	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8	9.2
Lisboa	0% Participação	13.5	12.9	12.5	12.0	11.6	11.2	10.5
	40% Participação							
Porto	0% Participação	18.9	18.1	17.5	16.9	16.3	15.7	14.7
	40% Participação	11.3	10.9	10.5	10.1	9.8	9.4	8.8
Porto Santo	0% Participação	17.0	16.3	15.7	15.1	14.6	14.1	13.3
	40% Participação	10.3	9.9	9.5	9.2	8.9	8.6	8.0
S Miguel	0% Participação	22.0	21.1	20.4	19.6	19.0	18.3	17.2
	40% Participação	13.2	12.7	12.2	11.8	11.4	11.0	10.3

TABELA FU

GASÓLEO AGR SSOLAR	Custo Unitário (euros/litro) Custo do kWh (euros/kWh)	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
		0,043	0,050	0,057	0,065	0,072	0,079	0,086
Aveiro	0% Participação	13.9	11.9	10.4	9.3	8.3	7.6	6.9
	40% Participação	8.3	7.1	6.2	5.6	5.0	4.5	4.2
Bragança	0% Participação	13.2	11.3	9.9	8.8	7.9	7.2	6.6
	40% Participação	7.9	6.8	5.9	5.3	4.7	4.3	4.0
Beja	0% Participação	10.8	9.3	8.1	7.2	6.5	5.9	5.4
	40% Participação	6.5	5.6	4.9	4.3	3.9	3.5	3.2
Castelo Branco	0% Participação	11.7	10.0	8.8	7.8	7.0	6.4	5.9
	40% Participação	7.0	6.0	5.3	4.7	4.2	3.8	3.5
Coimbra	0% Participação	13.0	11.1	9.7	8.6	7.8	7.1	6.5
	40% Participação	7.8	6.7	5.8	5.2	4.7	4.2	3.9
Évora	0% Participação	10.9	9.3	8.2	7.2	6.5	5.9	5.4
	40% Participação	6.5	5.6	4.9	4.3	3.9	3.6	3.3
Faro	0% Participação	10.9	9.3	8.1	7.2	6.5	5.9	5.4
	40% Participação	6.5	5.6	4.9	4.3	3.9	3.6	3.3
Funchal	0% Participação	12.8	11.0	9.6	8.5	7.7	7.0	6.4
	40% Participação	7.7	6.6	5.8	5.1	4.6	4.2	3.8
Guarda	0% Participação	12.4	10.6	9.3	8.3	7.4	6.8	6.2
	40% Participação	8.7	7.4	6.5	5.8	5.2	4.7	4.3
Lisboa	0% Participação	9.9	8.5	7.4	6.6	5.9	5.4	5.0
	40% Participação							
Porto	0% Participação	13.9	11.9	10.4	9.3	8.3	7.6	6.9
	40% Participação	8.3	7.1	6.2	5.6	5.0	4.5	4.2
Porto Santo	0% Participação	12.5	10.7	9.4	8.3	7.5	6.8	6.2
	40% Participação	7.6	6.5	5.7	5.0	4.5	4.1	3.8
S Miguel	0% Participação	16.2	13.9	12.1	10.8	9.7	8.8	8.1
	40% Participação	9.7	8.3	7.3	6.5	5.8	5.3	4.9

TABELA GA

▼ Figura 13 - Aplicação de Colectores Solares de Aquecimento de Água num Albergue da Juventude.



▼ Figura 14 - Aplicação de Colectores Solares de Aquecimento de Água em Complexo Desportivo Municipal.



▼ Figura 15 - Aplicação de Colectores Solares de Aquecimento de Água num Pavilhão Gimnodesportivo.



Referências

CCE (1991). *Notícias da Energia n° 6: Aquecimento de Água por Energia Solar*.

Duffie, J. e Backman, W. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Wiley-Interscience. 2nd edition.

Tamminen, T. (2000). *The Ultimate Pool Maintenance Manual*. McGraw Hill Professional. 2nd edition.

ISO TR 12596. (1995). *Technical Report: Solar Heating – Swimming-pool Heating Systems: Dimensions, Design and Installation Guidelines*. 1st edition.

Thermie Programme Action SE-08 (1996). *Solar Swimming-pools*. Directorate General for Energy. European Commission.

Cruz Costa, J. e Perez Lezana, E. (1999). *Instaladores de Equipamentos Solares Térmicos: Conversão Térmica da Energia Solar*. SPES.

U. S. Department of Energy (1999). *The Borrower's Guide to Financing Solar Energy Systems*.

U. S. Department of Energy (1995). *Swimming Pools Warm Up to Energy Saving Technologies*.

Keller, C. e Ghent, P. (1999). *Marketing and Promoting Solar Water Heaters to Home Builders*.

DER/INETI (2003). *Programa Solterm*.

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

