

**António Mortal**  
**António Lamarão**  
Área Eng. Mecânica  
EST/UAIG

# A Utilização de Sistemas Solares Térmicos nas Unidades Hoteleiras de 3 Estrelas do Algarve

## Introdução

A região do Algarve é uma das regiões da União Europeia com maior potencialidade no aproveitamento da energia solar nomeadamente através da utilização de sistemas solares térmicos para aquecimento de água.

A tecnologia utilizada nestes sistemas é relativamente simples e bem conhecida mas infelizmente verifica-se que, por diversas razões, nem sempre é aplicada.

A alternativa, é a utilização de sistemas de aquecimento de água que utilizam combustíveis fósseis, quer de forma directa, como por exemplo através da queima de um combustível (gasóleo, gás propano, etc), ou de forma indirecta, através da electricidade.

A utilização de combustíveis fósseis esta na origem de um dos maiores problemas ambientais da nossa época, o aquecimento global. Além disso, dependendo do tipo de combustível e da forma como se realiza a queima, emitem uma série de poluentes para a atmosfera. Por estas razões, é imperativo que a utilização de sistemas energéticos seja feita com a maior racionalidade. Este objectivo só se consegue com a tomada de consciência destes problemas por parte dos cidadãos.

A indústria dominante no Algarve é o turismo, principalmente devido às excepcionais condições ambientais desta região. Por isso, além da responsabilidade geral dos cidadãos, os responsáveis por esta indústria, (políticos, empresários, gestores, funcionários, etc.), têm responsabilidades acrescidas na protecção do ambiente. No fundo, é uma medida de gestão básica, trata-se da protecção das condições que promovem o negócio.

## Caracterização dos hotéis de três estrelas

A Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Algarve colaborou no “Estudo Sobre as Condições de Utilização de Energia dos Principais Equipamentos Energéticos nas Unidades Hoteleiras de 3 Estrelas no Algarve”, promovido por diversas entidades das quais se destacam o Centro para a Conservação da Energia (CCE) e a GLOBALGARVE /1/.

Uma das fases deste estudo consistiu na caracterização energética destas unidades hoteleiras – hotéis, hotéis-

apartamentos e motéis de três estrelas situados no Algarve. A informação disponibilizada pelas unidades hoteleiras, através da resposta a um inquérito, permitiu verificar que o sector se caracteriza por:

- edifícios de pequena/média dimensão (80% têm menos de 100 quartos);
- as fontes energéticas utilizadas são a energia eléctrica, o gás propano e o gasóleo, representando 53%, 40% e 7%, respectivamente;
- 54% das unidades apresentam consumos específicos entre 10 e 20 kWh/dormida e 69% dos estabelecimentos têm custos específicos de energia entre 100 e 200\$/dormida;
- os custos de energia representam, em média, cerca de 5% dos custos totais de exploração;
- ausência quase total de sistemas centralizados de geração de calor e de frio para fins de climatização ambiente. A maioria dos equipamentos de AVAC instalados nos estabelecimentos hoteleiros são unidades climatizadoras autónomas, das quais, 95% são do tipo bomba de calor;
- diversificação de sistemas produtores de AQ/AQS incluindo caldeiras, 47% a gás propano e 15% a gasóleo, 35% termoacumuladores eléctricos. Uma unidade hoteleira possuiu um sistema *Axergie* do tipo bomba de calor. 24% destas unidades utilizam sistemas solares térmicos como sistema complementar ao sistema produtor de AQ/AQS.

No Quadro 1 apresenta-se a caracterização dos sistemas solares térmicos. Como se pode observar, a quase totalidade dos colectores solares instalados é do tipo plano, existindo apenas uma unidade hoteleira com colectores solares por tubos de vácuo. Quatro hotéis têm como apoio térmico termoacumuladores eléctricos, dois caldeira a gás propano e dois caldeira a gasóleo. Para tentar quantificar comparativamente a dimensão da instalação solar, definiu-se o seguinte rácio:

$$\frac{\text{Área}}{\text{Camas}} \equiv \frac{\text{Área de colectores}}{\text{Número de camas}}$$

**Quadro 1** – Caracterização dos sistemas solares térmicos

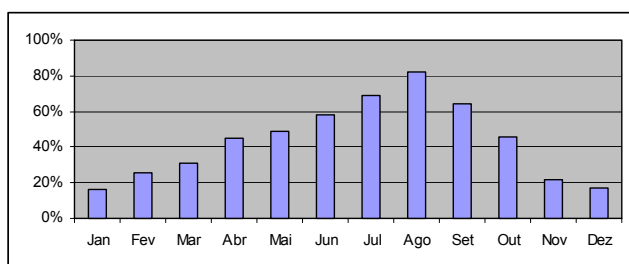
	Tipo	Nº Colectores	Apoio	Area/Camas
A	Tubos de vácuo	8	TE	-
B	Plano	29	TE	0,35
C		24	TE	0,67
D		6	TE	0,11
E		13	CP	0,58
F		10	CP	0,12
G		30	CG	0,80
H		24	CG	0,75

**Legenda:** TE – Termoacumulador eléctrico  
 CP – Caldeira a gás propano  
 CG – Caldeira a gasóleo

## Caracterização de um Hotel Tipo

Para efeitos do presente estudo é necessário caracterizar um hotel tipo, representativo do sector.

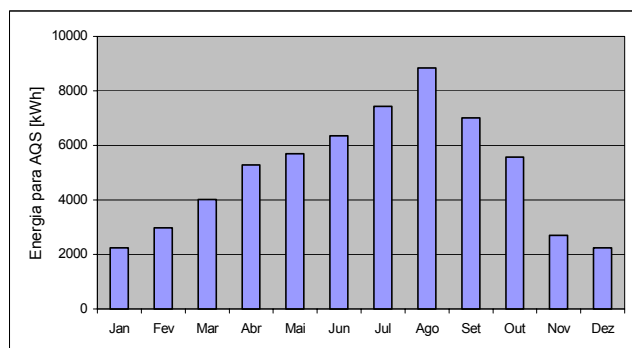
Assim, em termos da sua ocupação admitiu-se o perfil mensal da taxa de ocupação das unidades hoteleiras no Algarve /2/, representado no gráfico da Figura 1.



**Figura 1** – Evolução mensal das taxas de ocupação nas unidades hoteleiras no Algarve

No que respeita à sua capacidade considerou-se 75 quartos e 150 camas. Importa também definir o valor do consumo médio de AQS, o qual se admitiu de 70 litros por dia, por ocupante, a 45 °C. A este valor do consumo, admitimos corresponder a produção de 50 litros por dia, por ocupante, a 60 °C.

Com base nos perfis de ocupação e de consumo de AQS admitidos, estimaram-se as necessidades mensais de energia representadas no gráfico da Figura 2. As necessidades anuais foram estimadas em 60391 kWh.



**Figura 2** – Estimativa das necessidades energéticas mensais para consumo de AQS

Os custos associados ao consumo de AQS dependem do tipo de sistema utilizado, do tipo de energia e do seu preço. Importa referir que o preço da energia depende não só das cotações internacionais mas principalmente dos impostos

aplicados em função do tipo de combustível e do fim a que se destina.

O gasóleo colorido e marcado (gasóleo agrícola) pode ser utilizado nestes sistemas mas carece de autorização por parte das entidades competentes e como o fim a que se destina não é a agricultura, pode em qualquer altura deixar de ser autorizado.

O preço da electricidade tem vindo a baixar, tornando-se mais competitiva principalmente se se conseguir tirar partido das tarifas aplicadas nas horas de vazio. Atendendo ao tipo de unidade hoteleira, vamos admitir que o tipo de contrato com a EDP é em baixa tensão com potências superiores a 41,4 kVA /3/. Como a tarifa da electricidade varia ao longo do dia e porque não temos dados que nos permitam prever o perfil horário de consumo, vamos admitir uma tarifa média ponderada.

Embora não exista um gasoduto de gás natural (GN) no Algarve, a distribuição está contemplada através de unidades autónomas abastecidas por camião, a partir de Huelva. Já existe uma destas unidades em Olhão e por isso também consideramos esta hipótese.

Também se analisou o impacto ambiental associado ao efeito de estufa dos diferentes sistemas de produção de AQS. A metodologia utilizada foi o “Eco-indicador 95”, incluído no programa Simapro /3/ e /4/.

No Quadro 2 pode observar-se o custo anual para produzir AQS nos diversos sistemas utilizados, e o impacto ambiental associado ao efeito de estufa. O rendimento considerado nas caldeiras é de 80% e no termocumulador eléctrico de 95%.

**Quadro 2** – Custo da produção anual de AQS e impacto ambiental associado ao efeito e estufa, para os diversos sistemas

Tipo de sistema	Custo [€]	Emissões [kgCO <sub>2</sub> ]
CP	4710	12805
CG	2565	17545
TE	4980	46743
CGN	3925	12805

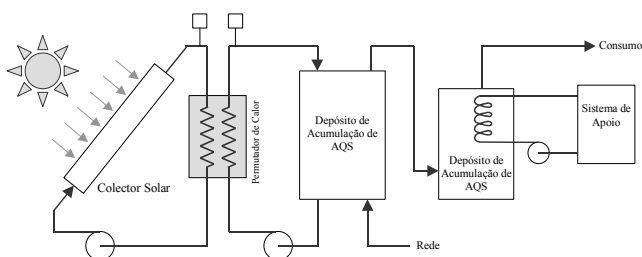
**Legenda:** CP – Caldeira a gás propano  
 CG – Caldeira a gasóleo  
 TE – Termoacumulador eléctrico  
 CGN – Caldeira a gás natural

Observe-se que o custo de um determinado sistema energético não está correlacionado com as emissões equivalentes de CO<sub>2</sub>, i.e. o preço da energia não reflecte os respectivos impactos ambientais. Apenas foi escolhido uma categoria de impacto ambiental, o efeito de estufa, medido em kg equivalentes de CO<sub>2</sub>, por ser o mais significativo. No entanto, convém não esquecer que existem outros impactos, principalmente associados à produção de electricidade.

## Sistema Solar Térmico

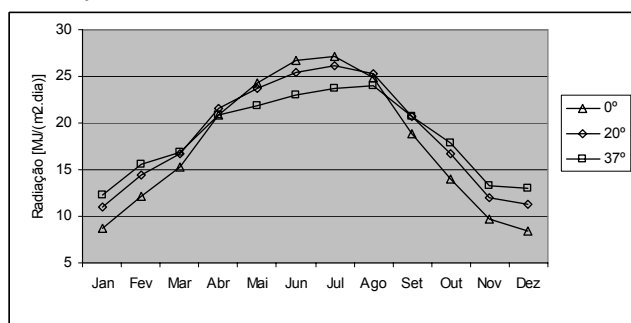
Existem no mercado diversos tipos de colectores e diversas configurações possíveis para os sistemas solares térmicos. Para efeitos deste estudo, vamos considerar um sistema constituído por colectores solares planos, com plano selectivo e com uma eficiência óptica,  $F_x F' \eta_0$ , de 0.74 e um factor de perdas,  $F_x F' U_L$ , de 5, incluindo o permutador do

circuito primário. Na Figura 3 mostra-se uma possível configuração para o sistema solar térmico.



**Figura 3** – Configuração do sistema solar térmico

A radiação incidente nos colectores solares foi obtida a partir dos dados médios diários de radiação solar em superfícies inclinadas voltadas a sul, para uma latitude de  $37^\circ$  (Faro), para o dia típico de cada mês, a partir das relações descritas em /5/. Este cálculo foi desenvolvido no programa “Engineering Equation Solver” (EES), que entre outras funções, permite resolver uma série de  $n$  equações algébricas não lineares com  $n$  incógnitas. Na Figura 4 pode-se observar os resultados obtidos para diversas inclinações.

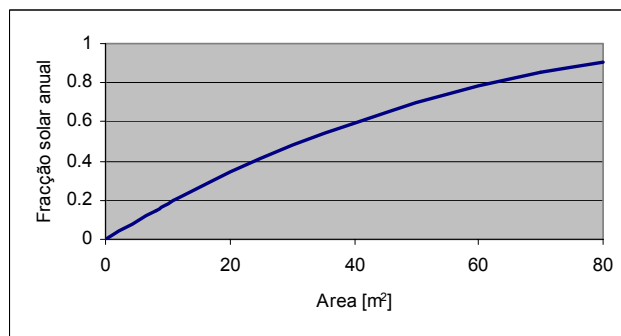


**Figura 4** – Estimativa da radiação solar média diária incidente numa superfície localizada em Faro, voltada a Sul, para diversas inclinações.

A máxima radiação anual é obtida para uma inclinação igual à latitude que neste caso é de  $37^\circ$ . No entanto, poderá haver vantagens em escolher outra inclinação, por exemplo se o sistema não for utilizado durante o período de inverno, como é o caso de algumas unidades hoteleiras – nestas situações, deverá ser escolhida uma inclinação inferior.

O custo destes sistemas varia com a sua dimensão, tipo de colectores, tipo de instalação, sistema de apoio, etc., tomando-se como base um custo total da instalação de  $400 \text{ €/m}^2$ , valor usualmente considerado neste tipo de estudos /6/.

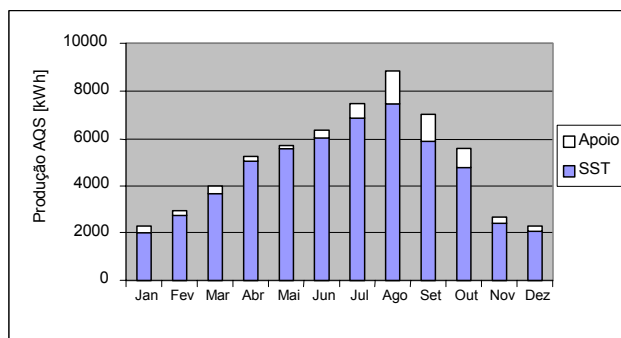
Para estimar a contribuição térmica deste sistema, foi utilizado o método simplificado vulgarmente designado por *f-chart*, descrito em /5/ e /7/, o qual permite-nos estimar, em termos médios, a fracção total de energia que será produzida pelo sistema solar térmico a partir de um determinado perfil de consumo e de um perfil de radiação, para uma dada área de colectores. A Figura 5 mostra a fracção solar anual, em função da área de colectores.



**Figura 5** – Fracção solar anual, em função da área de colectores obtida através do método *f-chart*

Para uma área de  $80 \text{ m}^2$  de colectores, obtemos uma fracção solar anual de 91%. Como as taxas de ocupação estão correlacionadas com a radiação solar, a fracção solar mensal é relativamente constante. A fracção solar mensal mais baixa é obtida em Agosto (85%) e a mais elevada em Maio (98%). A Figura 6 mostra a produção mensal de AQS pelo sistema solar térmico e pelo sistema de apoio tendo em consideração a fracção solar mensal.

O impacto ambiental associado ao efeito de estufa reduz-se na mesma proporção da fracção solar anual, neste caso as emissões reduzem-se 91%, valor bastante significativo. Para um sistema de apoio a gás propano as emissões passam de 12805 para 1152 kg equivalentes de  $\text{CO}_2$ , por ano.



**Figura 6** – Produção mensal de AQS pelo sistema solar térmico e pelo sistema de apoio

## Análise Económica

Vamos analisar do ponto de vista económico as vantagens deste investimento. O investimento considerado é o custo da implementação do sistema solar térmico. Os custos operacionais são os custos de energia associados ao sistema solar térmico e ao sistema a comparar. Os meios libertos são obtidos pela diferença dos custos operacionais dos sistemas que se estão a comparar. O indicador que vamos utilizar é o *pay-back* simples.

Esta análise foi feita para áreas de colectores de  $80 \text{ m}^2$  e  $40 \text{ m}^2$ , considerando dois tipos de energia de apoio, gás e electricidade. Também foram considerados possíveis apoios financeiros do Programa Operacional de Economia (POE), através da Medida de Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético e Racionalização de Consumos (MAPE), regulamentada na Portaria n.º 198/2001, de 13 de Março e alterada pela Portaria n.º 383/2002, de 10 de Abril. O apoio financeiro, não reembolsável, considerado foi de

20% do investimento, sendo no entanto possível obter valores superiores.

O Quadro 3 mostra a análise económica deste investimento para as seguintes hipóteses:

- **Hipótese A**, sistema solar térmico com apoio de uma caldeira a gás é comparado com um sistema de caldeira a gás, para uma área de colectores de 80 m<sup>2</sup> e de 40 m<sup>2</sup>;
- **Hipótese B**, sistema solar térmico com apoio eléctrico é comparado com um sistema de termoacumulador eléctrico, para uma área de colectores de 80 m<sup>2</sup> e de 40 m<sup>2</sup>;
- **Hipótese C**, semelhante à hipótese A mas com apoio financeiro de 20% do MAPE;
- **Hipótese D**, semelhante à hipótese B mas com apoio financeiro de 20% do MAPE.

**Quadro 3** – Análise económica considerando diversas hipóteses

Área [m <sup>2</sup> ]		Hipótese A		Hipótese B		Hipótese C		Hipótese D	
		SST	CP	SST	TE	SST	CP	SST	TE
80	I [€]	32000	-	32000	-	25600	-	25600	-
	CO [€]	440	4710	465	4980	440	4710	465	4980
	ML [€]		4270		4515		4270		4515
	PB[ano]		7,5		7		6		5,7
40	I [€]	16000	-	16000	-	12800	-	12800	-
	CO [€]	1890	4710	2000	4980	1890	4710	2000	4980
	ML [€]		2820		2980		2820		2980
	PB[ano]		5,7		5,4		4,5		4,3

**Legenda:** I – Investimento  
CO – Custos operacionais  
ML – Meios libertos  
PB – *Pay-Back* simples

## Conclusões e comentários finais

O recurso a sistemas solares térmicos para AQS é o sistema que tem menos impactes ambientais.

O custo de investimento nesta tecnologia é relativamente elevado existindo, no entanto, apoios financeiros, como o POE/MAPE, que tornam esta tecnologia competitiva, obtendo-se *Pay-Backs* da ordem dos 4,5 anos.

Atendendo aos impactes ambientais gerados, é provável que no futuro os preços dos combustíveis fósseis venham a subir. Também se espera que os custos dos colectores solares venham a baixar, resultado de uma maior procura.

É um facto que os cidadãos europeus têm cada vez mais consciência ambiental, e é possível que a curto prazo comecem a exigir, dos operadores turísticos, hotéis (ou mesmo regiões) com certificação ambiental, por exemplo, o conceito de hotel verde ou a certificação ISO 14000.

Por tudo isto, espera-se que no futuro a utilização destes sistemas venha a aumentar grandemente, apesar da concorrência de outras fontes energéticas, nomeadamente do gás natural, contribuindo assim para um melhor ambiente.

## Bibliografia

/1/ – Almeida, António e Soares, Suzana; “Estudo Sobre as Condições de Utilização de Energia dos Principais Equipamentos Energéticos nas Unidades Hoteleiras de 3

Estrelas no Algarve - Relatório Final”; CCE; Novembro 2000

/2/ – “Estatísticas do Turismo – 2000”; Instituto Nacional de Estatística

/3/ – Ferrão, Paulo; “Introdução à Gestão Ambiental: a avaliação do ciclo de vida dos produtos”; IST Press, 1998

/4/ – BUWAL 250 – Base de Dados do Simapro; Pré Consultants; Netherland

/5/ – Duffie, J. e Beckman, W.; “Solar Engineering of Thermal Processes”; John Wiley & Sons, 1980

/6/ – Collares Pereira, Manuel; “Energias Renováveis, a opção inadiável”; SPES, 1998

/7/ – Beckman, W. e Klein, S. e Duffie, J.; “Solar Heating Design by the f-chart Method”; John Wiley & Sons, 1977