

UNIVERSIDADE DO ALGARVE

Instalações Solares Térmicas em Edifícios de Habitação Colectiva
Estudo de Soluções Alternativas num Caso Prático

Valdemar José Eugénio Neto

Dissertação

Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios

Trabalho efetuado sob a orientação de:

Mestre António Hugo Tavares da Silva Lamarão

2013

Instalações Solares Térmicas em Edifício de Habitação Colectiva

Estudo de Soluções Alternativas num Caso Prático

Declaração de Autoria de Trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.

Valdemar José Eugénio Neto

Copyright Valdemar José Eugénio Neto, UALG

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

Desejo agradecer a todos os que directa ou indirectamente me ajudaram a realizar este trabalho. No entanto quero agradecer em especial:

Ao Professor António Hugo Lamarão agradeço a sua disponibilidade para ser meu orientador mesmo sabendo que seria mais uma função a desempenhar para além das muitas em que está envolvido.

Ao Eng.º Rafael Ribas pela disponibilidade demonstrada em alguns esclarecimentos sobre os sistemas de energia solar.

Aos vários Professores e colegas do Mestrado de Energia e Climatização pelos ensinamentos e pelo quanto me fizeram crescer na área.

Agradeço à minha família pela ajuda e pelo incentivo para que nunca desistisse dos meus objectivos.

Um especial agradecimento à Rita Nunes pela companhia, ajuda e carinho em todos os momentos complicados do Mestrado e deste trabalho.

Resumo

Se considerarmos todos os edifícios do mundo, estes são responsáveis por uns surpreendentes 40% do consumo global de energia e pela resultante pegada ecológica, ultrapassando significativamente os resultados de todos os meios de transporte em conjunto. Existem grandes e atractivas oportunidades de redução da utilização de energia nos edifícios com menores custos e maiores retornos que noutros sectores.

Estas reduções são fundamentais para alcançar o objectivo da Agência Internacional de Energia (AIE), de reduzir em cerca de 70% das emissões de gases com efeito de estufa, de todo o planeta em 2050, isto para atingir os níveis de CO₂ estabelecidos e exigidos pelo Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC, na sigla inglesa). No caso dos edifícios de habitação, a produção de água quente (AQS), é o segundo maior factor de consumo de energia: cerca de 30% do consumo energético total.

Para ajudar a minimizar todos estes grandes consumos de energia, existem soluções, nomeadamente para o aquecimento da AQS, que podemos aplicar nos edifícios de habitação colectiva (multifamiliares) ou moradias, utilizando fontes de energia renovável. E neste caso estamos a falar da energia solar térmica.

Das várias soluções propostas e utilizadas diariamente, principalmente nos edifícios de habitação colectiva, existirá aquela que, do ponto de vista técnico-económico, numa perspectiva de eficiência energética/custo-benefício, se antevê como a melhor solução, uma vez que é frequente que não se tenha conhecimento de causa sobre cada uma delas.

A presente tese baseia-se na análise de várias soluções de sistemas de energia solar térmica para o aquecimento de AQS em edifícios de habitação colectiva, com o objectivo de analisar e comparar as várias soluções. Espera-se contribuir para a clarificação dos vários sistemas utilizados e propostos actualmente no mercado.

Abstract

The set of all buildings of the world are responsible for an astonishing 40% of the global energy consumption and its consequent ecological footprint, exceeding significantly the results of all transportation facilities. There are many and attractive opportunities to reduce the energy consumption of buildings with lower costs and bigger returns than other sectors.

These reductions are essential to achieve the goal set by the International Energy Agency (IEA), namely to reduce about 70% the emission of greenhouse effect gases of the planet until 2050, in order to reach the CO₂ levels required by the Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC). As far as residential buildings are concerned, domestic hot water (DHW) is the second biggest factor of energy consumption reaching 30% of the total.

In order to reduce these huge energy consumptions, renewable energy systems can be used, such as solar energy, and applied to water heating of residential buildings.

Considering the several solutions presented and used on a daily basis, mainly for multifamily housing, there is one that seems to be the best, taking into account technical and economical factors, mainly focusing the energy efficiency and cost-benefit criteria.

This work is based on the analysis of several solar energy solutions for water heating in residential buildings and aims the comparison of those solutions, highlighting the main characteristics of the currently used systems.

Palavras-chave:

Energia solar

Sistema solar térmico

Colectores solares

Água quente Sanitária

Eficiência Energética

Key-Words:

Solar Energy

Thermal solar system

Solar collector

Sanitary hot water

Energy Efficiency

Índice

1 – Enquadramento	1
1.1 - Objectivos e âmbito de aplicação.....	2
2 – Energia e Ambiente na União Europeia.....	3
2.1 - Protocolo de Quioto	3
2.1.1 - Metas e objectivos de Quioto na União Europeia.....	5
2.2 - Estratégia de Portugal para a Energia - ENE 2020.....	7
2.2.1 - Principais Eixos	9
2.2.2 - Medidas propostas para as renováveis para 2020.....	11
2.2.3 - ENE 2020 Resultados Esperados até 2020	12
2.3 - Incentivos à Energia Solar em Portugal	13
2.4 - Mercado do solar térmico	22
2.4.1 – Portugal.....	23
2.4.2 - Mercado Mundial	27
2.5 – Legislação Portuguesa.....	31
3 - Energia Solar	36
3.1 - Radiação Solar.....	37
3.2 - Sistemas de utilização de energia solar	42
3.3 - Energia Solar térmica.....	42
3.3.1 - Colector Solar	49
3.3.2 - Colector solar Plano.....	54
3.3.3 - Tipos de instalação dos colectores solares.....	59
3.3.4 - Certificação dos colectores.....	60

3.3.5 - Depósitos Acumuladores.....	61
3.3.6 - Tipos de depósitos acumuladores	62
3.4 - Circuito Primário (solar).....	69
3.4.1 - Tubagens.....	70
3.4.2 - Isolamento Térmico.....	71
3.4.3 - Fluido de transferência térmica	72
3.4.4 - Grupo Hidráulico.....	73
3.4.5 - Bomba de circulação	75
3.4.6 - Purgador	76
3.4.7 - Separadores de ar.....	77
3.5 - Equipamentos de segurança	77
3.5.1 - Válvula de segurança	78
3.5.2 - Vaso de expansão	79
3.6 - Pressão do Circuito e Manómetro.....	80
3.7 – Válvulas	81
3.7.1 - Válvula de retenção	81
3.7.2 - Válvulas de corte	83
3.7.3 - Válvula misturadora termostática.....	84
3.7.4 - Válvula de 3 vias	85
3.8 – Regulação	85
3.8.1 - Reguladores de caudal ou caudalímetros	85
3.8.2 - Controlador solar.....	86
3.8.3 - Sensor de temperatura.....	88

3.9 - Dissipador de calor	89
3.10 - Permutador de calor	90
3.11 - Sistema Auxiliar	91
3.12 - Classificação dos sistemas solares térmicos.....	91
3.12.1 - Tipo de circuito	92
3.12.2 - Tipo de circulação.....	93
3.13 - Sistema circulação natural (termossifão)	93
3.13.1 - Princípio de funcionamento do sistema termossifão	93
3.14 – Sistema de circulação forçada	95
4 – Caso de estudo	98
4.1 Descrição do Edifício	98
4.2 Necessidade de AQS e dados para simulação	99
4.3 – Sistemas a analisar	104
4.3.1 - Sistema termossifão individual por fracção (sistema 1)	106
4.3.2 – Circulação Forçada individual com acumulação individual por fracção (sistema 2).....	109
4.3.3 - Sistema centralizado com acumulação individual por fracção (sistema 3)	111
4.3.4 – Sistema com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção (sistema 4)	114
4.3.5 – Sistema com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção (sistema 5)	117
4.3.6 – Sistema com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção (sistema 6)	120
4.4 - Análise de resultados.....	122

5 - Conclusões e Perspectivas futuras	125
Referências Bibliográficas.....	127
ANEXOS.....	128
ANEXO I – Resultados da Simulação Solterm 5.1	129
Simulação do Colector Padrão.....	130
Simulação do Colector RKE2500 Alpin.....	132
Simulação do sistema 1 – Termossifão 160 Litros.....	134
Simulação do sistema 1 – Termossifão 200 Litros.....	136
Simulação do sistema 1 – Termossifão 300 Litros, Tipologia T3	138
Simulação do sistema 1 – Termossifão 300 Litros, Tipologia T4	140
Simulação do sistema 2 – Circulação forçada 150 Litros, Tipologia Loja	142
Simulação do sistema 2 – Circulação forçada 200 Litros, Tipologia T2	144
Simulação do sistema 2 – Circulação forçada 300 Litros, Tipologia T3	146
Simulação do sistema 2 – Circulação forçada 300 Litros, Tipologia T4.....	148
ANEXO II – Resultados da Simulação Transol	150
Sistema 3 - Sistema centralizado com acumulação individual por fracção.....	151
Sistema 4 - Sistema com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção	159
Sistema 5 - Sistema com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção	167
Sistema 6 - Sistema com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção	175
ANEXO III – Custos Previstos dos Sistemas Simulados	183
Sistema 1 - Sistema termossifão individual por fracção.....	184

Sistema 2 - Circulação Forçada individual com acumulação individual por fracção ..	185
Sistema 3 - Sistema centralizado com acumulação individual por fracção.....	186
Sistema 4 – Sistema com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção	187
Sistema 5 – Sistema com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção	189
ANEXO IV – Certificado do Colector Solar RKE 2500 ALPIN Easy.....	193

Índices de Figuras

Figura 1 – Distribuição da radiação solar em Portugal	13
Figura 2 – Quantidade de colectores solares instalados trimestralmente em 2012 (m ² e kWth)	24
Figura 3 – Quantidade de colectores solares instalados no ano de 2011 e de 2012.....	25
Figura 4 - Evolução da quantidade de m ² de colector instalada anualmente (m ² e kWth).....	25
Figura 5 – Evolução da capacidade acumulada (m ² e kWth).....	26
Figura 6 – Mercado solar nos 27 da EU e Suíça.....	26
Figura 7 – Mercado solar nos 27 da EU e Suíça.....	26
Figura 8 – Energia Solar na superfície terrestre	36
Figura 9 – Componentes de radiação solar global	36
Figura 10 – Radiação solar	39
Figura 11 – Trajectória do sol.....	39
Figura 12 – Mapa Europeu com a incidência da radiação solar.....	40
Figura 13 - Mapa de Portugal com a incidência da radiação solar.....	41
Figura 14 – Funcionamento do colector solar.....	43
Figura 15 - Ângulo de inclinação e azimute dos colectores	45
Figura 16 - Ângulos solares externos	46
Figura 17 - Radiação solar global para diferentes orientações do colector solar	46
Figura 18 - As trajectórias do sol e as sombras.....	47
Figura 19 – Distancia entre baterias de colectores.....	48
Figura 20 – Colectores planos instalados em telhado.....	49
Figura 21 – Colector plástico em corte	50
Figura 22 – Bateria de colectores de plástico	50
Figura 23 – Colector de tubos de Vácuo	51
Figura 24 – Pormenor tubo Vácuo	51
Figura 25 – Colector Cilindro-parabólico.....	51
Figura 26 - Colector Cilindro-parabólico	51
Figura 27 – Bateria colectores CPC.....	52
Figura 28 – Pormenor de colector CPC	52
Figura 29 - Curvas de rendimento de colectores solares.....	53
Figura 30 – Constituição de colector plano.....	55

Figura 31 - Selectividade dos absorsores	57
Figura 32 - Colector Plano – Fluxos de energia	58
Figura 33 – Tipos de áreas.....	59
Figura 34 – Telhado inclinado	60
Figura 35 – Integrado no telhado.....	60
Figura 36 – Terraço plano.....	60
Figura 37 - Fachada	60
Figura 38 – Símbolo da entidade certificadora europeu.....	60
Figura 39 – Símbolo da entidade certificadora nacional.....	61
Figura 40 – Esquema da estratificação da temperatura da água	63
Figura 41 – Deposito com permutador camisa	65
Figura 42 – Depósito com 1 permutador serpentina	66
Figura 43 - Depósito com 2 permutadores serpentina	66
Figura 44 – Depósito combinado (tank in tank).....	67
Figura 45 – Depósito de acumulação com permutador de calor externo	67
Figura 46 – Resistência eléctrica	68
Figura 47 – Ânodo magnésio.....	69
Figura 48 – Esquema do interior do grupo hidráulico	74
Figura 50 - Purgador de ar.....	76
Figura 51 - Válvula de segurança.....	79
Figura 52 - Vaso de expansão.....	80
Figura 53 - Manómetro	81
Figura 54 - Válvula de retenção.....	82
Figura 55 - Efeito termossifão	82
Figura 56 - Freio de gravidade.....	83
Figura 57 - Válvula de corte.....	84
Figura 58 - Válvula Misturadora Termostática.....	85
Figura 59 - Válvula de 3 Vias	85
Figura 60 - Caudalimetro em linha	86
Figura 61 - Caudalimetro com visor lateral	86
Figura 62 – Controlador Solar	87
Figura 63 – Sensor de temperatura.....	88

Figura 64 – Dissipador de calor	89
Figura 65 – Permutador interno.....	90
Figura 66 – Permutador de placas	90
Figura 67 – Permutador tubular.....	90
Figura 68 – Esquentador Termostático.....	91
Figura 69 – Caldeira Mural	91
Figura 70 – Bomba de Calor AQS	91
Figura 71 – Resistência Eléctrica	91
Figura 72 – Sistema Directo	92
Figura 73 – Sistema Indirecto.....	92
Figura 74 – Sistema Termossifão	94
Figura 75 – Funcionamento Termossifão.....	94
Figura 76 – Funcionamento Circulação forçada.....	96
Figura 77 – Sistema Drain Back	97
Figura 78 – Simulação Solterm colector padrão	101
Figura 79 – Resultado da Simulação Solterm para Colector padrão.....	102
Figura 80 - Simulação Solterm colector RKE 2500 ALPIN Easy.....	103
Figura 81 - Resultado da Simulação Solterm para Colector RKE2500 Alpin Easy	103
Figura 82 – Sistema 1 Termossifão.....	106
Figura 83 – Sistema 2 circulação forçada individual	109
Figura 84 – Sistema 3 centralizado com acumulação individual por fracção	111
Figura 85 - Sistema 4 com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção	114
Figura 86 - Sistema 5 com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção.....	117
Figura 87 - Sistema 6 com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção	120

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Quadro alusivo à diferença das emissões de gases CFC entre 1990 a 2004 dos principais poluidores, segundo a ONU	4
Tabela 2 – Instituições envolvidas	17
Tabela 3 – Exemplo do custo dos sistemas solares disponíveis para o cliente final na MST.....	22
Tabela 4 – Valores totais do mercado de energia solar térmica.....	30
Tabela 5 – Tipo de utilização e respectiva Inclinação	44
Tabela 6 - Exemplo de distâncias com base num colector com H= 2 m, localizado na latitude 37º	48
Tabela 7 – Vantagens de desvantagens dos colectores.....	54
Tabela 8 – Espessuras mínimas de isolamento	71
Tabela 9 – Concentração do glicol	72
Tabela 10 - Tabela de selecção de vaso de expansão	80
Tabela 11 - Tipologias do edifício.....	98
Tabela 12 – Totais das Tipologias.....	98
Tabela 13 – Ocupação convencional das fracções autónomas residências, de acordo com a sua tipologia.....	99
Tabela 14 – Necessidades de AQS no Edifício.....	99
Tabela 15 - Acumulação de AQS do sistema 1	107
Tabela 16 - Custo do sistema 1 por tipologia.....	107
Tabela 17 - Valores simulação Solterm para o sistema 1.....	108
Tabela 18 – Acumulação de AQS do sistema 2	110
Tabela 19 – Custo do sistema 2 por tipologia	110
Tabela 20 - Valores simulação Solterm para o sistema 2.....	111
Tabela 21 – Acumulação de AQS do sistema 3	113
Tabela 22 – Custo do Sistema 3	113
Tabela 23– Resultados Globais do sistema 3	113
Tabela 25 – Perdas energéticas do sistema 3	114
Tabela 26 - Custo do Sistema 4	116
Tabela 27– Resultados Globais do sistema 4	116
Tabela 28 – Resultados energéticos globais do sistema 4	116
Tabela 29 – Perdas energéticas do sistema 4	116

Tabela 30 - Acumulação de AQS do sistema 5	118
Tabela 31 - Custo do Sistema 5	118
Tabela 32– Resultados Globais do sistema 5	119
Tabela 33 – Resultados energéticos globais do sistema 5	119
Tabela 34 – Perdas energéticas do sistema 5	119
Tabela 35 - Acumulação de AQS do sistema 5	121
Tabela 37– Resultados Globais do sistema 6	122
Tabela 38 – Resultados energéticos globais do sistema 6	122
Tabela 39 – Perdas energéticas do sistema 6	122
Tabela 40 - Resultados de maior destaque nos vários sistemas	123
Tabela 41 – Custos dos vários sistemas	124

Lista de Abreviaturas (Nomenclaturas)

AQS – Água quente sanitária

EU – União Europeia

AQSpP - Água Quente Solar para Portugal

DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia

1 – Enquadramento

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), implementado pela publicação do pacote legislativo constituído pelos decretos-lei n.º 78/2006, 79/2006 e 80/2006, tornou obrigatório, de uma forma geral, o recurso a instalações solares térmicas para a preparação de águas quentes sanitárias (AQS), em edifícios novos.

A aplicação do regulamento a edifícios de habitação colectiva, em particular no que diz respeito à instalação de sistemas solares térmicos para a preparação de AQS, criou novos desafios em termos da escolha da solução mais adequada, de entre um conjunto de alternativas possíveis, quer se trate do aproveitamento da energia solar, quer da acumulação, quer da distribuição, quer dos sistemas de apoio. Da combinação destas diferentes alternativas, resultará aquela que, do ponto de vista técnico-económico, numa perspectiva de eficiência energética/custo-benefício, se antevê como a melhor solução.

Por forma a concretizar os objectivos pretendidos, aplicar-se-á o regulamento a um edifício de apartamentos, com diferentes tipologias, simulando vários tipos de sistemas solares térmicos para a preparação e AQS, possíveis de implementação no edifício, determinando o seu desempenho energético, traduzido no contributo solar e na classificação energética de cada uma das fracções do edifício (apartamentos) assim como as vantagens e desvantagens associadas a cada sistema.

Numa primeira fase, como referência regulamentar, será feita a simulação dinâmica da instalação com base no software SOLTERM 5.1.3, desenvolvido pelo INETI, o qual é obrigatório, de acordo com o D.L. n.º 80/2006, de 4 de Abril, para determinação do contributo solar das instalações. Contudo, este software é pouco flexível, não permitindo integrar as várias alternativas que se pretendem analisar no âmbito do presente trabalho, pelo que, para tal, se fará recurso ao software de simulação *Transol*.

1.1 - Objectivos e âmbito de aplicação

Pretende-se nesta tese analisar e comparar várias soluções alternativas para instalações solares térmicas em edifícios de habitação colectiva, tendo por base a aplicação a um edifício de apartamentos, procurando identificar as vantagens e desvantagens associadas a cada uma, numa perspectiva técnico-económica de eficiência energética e de custo-benefício. A análise terá por base a simulação das instalações com o software *Transol Pro 3.1*, de simulação dinâmica de instalações solares térmicas, fazendo-se a comparação dos resultados para as diferentes soluções alternativas.

Far-se-á igualmente a simulação das instalações utilizando o software *SOLTERM 5.1.3*, desenvolvido pelo INETI, o qual é, de acordo com o estabelecido no RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (D.L. n.º 80/2006, de 4 de Abril), considerado obrigatório para determinação do contributo solar térmico das instalações solares. A comparação dos resultados obtidos através da utilização das duas ferramentas de simulação, é igualmente realizada.

2 – Energia e Ambiente na União Europeia

2.1 - Protocolo de Quioto

“O Protocolo de Kyoto é um tratado internacional com compromissos rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa do aquecimento global.”¹.

O Protocolo de Quioto surge após vários eventos, iniciados com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá em Outubro de 1988, seguida pelo IPCC's² *First Assessment Report em Sundsvall*, Suécia em Agosto de 1990 e que terminou com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (CQNUMC, ou UNFCCC em inglês) em Junho de 1992, no Rio de Janeiro, Brasil na ECO-92. Foi em Quioto, no Japão, em 1997, que este protocolo foi discutido e negociado, tendo sido iniciada a subscrição em 11 de Dezembro de 1997, sendo ratificado em 15 de Março de 1999. Para o protocolo entrar em vigor seria necessário que 55% dos países, representando pelo menos 55% das emissões de gases com efeito de estufa, o ratificassem – a entrada em vigor deu-se, finalmente, em 16 de Fevereiro de 2005, após a ratificação da Rússia, em Novembro de 2004: De referir que Portugal ratificou o Protocolo de Quioto em 31 de Maio de 2002.

O Protocolo de Quioto propõe um calendário pelo qual os países-membros (principalmente os mais desenvolvidos) têm a obrigação de reduzir a emissão de gases do efeito estufa em, pelo menos, 5,2% em relação aos níveis de 1990 no período entre 2008 e 2012, também chamado como primeiro período de compromisso (para muitos países, membros da UE, corresponde a 15% abaixo das emissões esperadas para 2008). O protocolo determina seis gases cujas emissões devem ser reduzidas:

- CO₂ - Dióxido de Carbono
- N₂O - Óxido Nitroso
- CH₄ - Metano

¹ Texto retirado: <http://www.portal-energia.com/protocolo-de-quioto/>

² IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

- HFC - Hidrofluorcarboneto
- PFC - Perfluorcarboneto
- SF₆ - Hexofluor Sulfuroso

As metas de redução não são homogéneas a todos os países, colocando níveis diferentes para os 38 países que mais gases emitem.

A redução destas emissões deverá acontecer em várias actividades económicas. O protocolo estimula os países que assinaram a cooperarem entre si, através de algumas acções básicas, como por exemplo:

- Reformular os sectores de energia e transportes;
- Promover o uso de fontes energéticas renováveis;
- Eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da Convenção;
- Proteger florestas

Se o Protocolo de Quioto for implementado com sucesso, a temperatura global do planeta poderá reduzir-se, entre 1,4°C e 5,8 °C até 2100.

País	Diferença entre as emissões de CFC (1990-2004)	Objectivo da União Europeia para 2012	Obrigaçao do Tratado 2008-2012
Alemanha	-17%	-21%	-8%
Canadá	27%	Não assinado	-6%
Espanha	49%	15%	-8%
U.S.A	16%	<i>Não assinado</i>	<i>Não assinado</i>
França	-0.8%	0%	-8%
Grécia	27%	25%	-8%
Irlanda	23%	13%	-8%
Japão	+6.5%	<i>Não assinado</i>	-6%
Reino Unido	-14%	-12.5%	-8%
Portugal	41%	27%	-8%
Outros 15 países da UE	-0.8%	<i>Não assinado</i>	-8%

Tabela 1 – Quadro alusivo à diferença das emissões de gases CFC³ entre 1990 a 2004 dos principais poluidores, segundo a ONU⁴

³ **CFC:** (Clorofluorcarbonetos) classe de compostos orgânicos que contêm carbono, cloro e flúor, usados na refrigeração, em frigoríficos, ar condicionado, embalagens, isolamentos, ou como solventes e impulsores em aerossóis. Os CFCs não são tóxicos, mas vêm sendo abolidos porque se acumulam na atmosfera superior, onde a luz solar os transforma em agentes

2.1.1 - Metas e objectivos de Quioto na União Europeia

Na UE cerca de 70% da energia utilizada domesticamente é gasta no aquecimento das casas e cerca de 14% no aquecimento de água (AQS).

A Europa está hoje empenhada em reduzir até 2020 as suas emissões de gases com efeito de estufa para, pelo menos, 20% abaixo dos níveis de 1990.

De forma a atingir estes níveis de redução, foram definidos entre outros, os seguintes objectivos:

- Melhorar a eficiência energética em 20% até 2020;
- Aumentar a quota de energias renováveis no consumo de energia para uma média de 20% até 2020 em toda a EU;
- Aumentar em 10% a percentagem de biocombustíveis destinados aos transportes até 2020, de acordo com um conjunto de regras claras que assegurem que o objectivo é atingido de uma forma sustentável;

Cada País tem um objectivo individual, que reflecte o seu potencial de promover a utilização de energias renováveis. O objectivo de redução das emissões da UE será aumentado até 30% se os países desenvolvidos assumirem, também o mesmo objectivo num acordo global.

Desde o início da década de 1990, que têm sido adoptadas, a nível comunitário, várias iniciativas relacionadas com as alterações climáticas. Em 2000, a Comissão Europeia lançou o Programa Europeu de Mudança do Clima (PEMC), uma vez que a Comissão trabalha com organizações do sector do ambiente e industrial entre outras partes interessadas, no sentido de identificar medidas eficazes destinadas à redução de emissões.

químicos que destroem a camada de ozono protectora da terra.
http://www.energiasrenovaveis.com/Glossario.asp?Letra=3&ID_area=19

⁴ Tabela retirado do site: http://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Quioto

Os dirigentes europeus aprovaram, em 2008 um pacote climático e energético constituído por um conjunto de propostas para acções concretas e um conjunto de objectivos ambiciosos.

Algumas medidas do PEMC⁵ destinam-se, por exemplo:

- i. A melhorar a eficiência energética dos edifícios (um bom isolamento pode reduzir em 90% os custos de aquecimento);
- ii. Aumentar a utilização de energias de fontes renováveis, tais como o vento, o sol, as marés, a biomassa (matéria orgânica, como madeira, resíduos da indústria transformadora, plantas, estrume de animais, etc.) e energia geotérmica (calor gerado por vulcões ou fontes termais);
- iii. Reduzir as emissões de metano provenientes de aterros.

A União Europeia tenta liderar as negociações internacionais com o objectivo de assegurar o controlo das alterações climáticas antes que seja tarde demais, o que significa lutar por um novo acordo suficientemente ambicioso, de forma dar resposta à gravidade das alterações climáticas que enfrentamos e implementar medidas a uma escala mundial para estabilizar as emissões de gases com efeito de estufa antes de 2020 e, posteriormente, reduzir essas emissões para metade dos níveis de 1990 até 2050.

Será necessário criar um sistema energético de baixo teor de carbono sustentável e implementá-lo o mais rapidamente possível. Significa aumentar a eficiência energética, o que permite reduzir as emissões globais, instigar o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias energéticas não poluentes de forma a assegurar a aplicação dos mecanismos de financiamento necessários.

Uma grande parte do investimento necessário, mais de metade será realizado nos países em desenvolvimento, por essa razão a UE tenta criar fontes de financiamento internacional inovadoras com base na capacidade de pagamento e nos níveis de emissão dos países.

⁵ Programa Europeu de Mudança do Clima

A Comissão Europeia tem como prioridade fundamental, o combate às alterações climáticas. A comunicação é muito importante, por essa razão a Comissão realiza campanhas de sensibilização a nível europeu, para que a mensagem sobre a importância do papel dos cidadãos no combate às alterações climáticas, seja divulgada. Outras iniciativas no âmbito da comunicação incluem a produção e divulgação de vídeo clipes, publicações e um diário para as escolas, a realização de conferências, a organização de exposições e a coordenação de uma rede de embaixadores do clima.

Para 2020, espera-se que 11 países, entre eles a França, a Polónia, Portugal e o Reino Unido, consigam atingir suas metas nacionais. A Alemanha, a Áustria e a Finlândia, terão que se esforçar muito mais para alcançarem seus objetivos. No último ano, os maiores aumentos nas emissões ocorreram na Alemanha, na Holanda, na Polónia e no Reino Unido, embora este último tenha reduzido suas emissões em 24,8% desde 1990.

“Perseguir nossos esforços para fazer da Europa uma sociedade de baixo carbono é o caminho a seguir. Isso estimulará a inovação tecnológica, induzirá o crescimento econômico e criará empregos, ao mesmo tempo que reduzirá mais emissões para que possamos atingir nossas metas climáticas e energéticas de 2020 e metas de longo prazo”, defendeu Connie Hedegaard, comissária climática da UE.⁶

2.2 - Estratégia de Portugal para a Energia - ENE 2020

São cinco os eixos, nos quais assenta a ENE 2020 e se define as grandes linhas de orientação política e medidas de maior relevância para a área da energia:

a) **Competitividade, crescimento e independência energética e financeira:**

Ambiciona a dinamização dos diferentes sectores da economia, para a criação de emprego e valor através da aposta em projectos pioneiros e inovadores nas áreas da eficiência energética, das energias renováveis:

⁶ Retirado do site : http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/actions/whatiseudoing_pt.htm

- (i) Produção descentralizada e da mobilidade eléctrica, num quadro de equilíbrio territorial;
- (ii) Promoção da concorrência nos mercados através da consolidação do mercado ibérico de electricidade (MIBEL)⁷, da criação do mercado ibérico do gás natural (MIBGAS)⁸ e da regulamentação do sistema petrolífero nacional e contribuindo para a maior independência energética e financeira do nosso país face a choques energéticos externos.

b) Aposta nas energias renováveis:

Uma forte aposta na promoção do desenvolvimento de uma fileira industrial, que estimule o crescimento económico e de emprego, e que permita atingir as metas nacionais de produção de energia renovável, intensificando a diversificação das energias renováveis no mix energético, simultaneamente, reduzindo a dependência externa nacional, de forma a aumentar a segurança de abastecimento.

c) Promoção da eficiência energética;

Ambiciona a promoção da eficiência energética, tornando estável o objectivo de redução de 20 % do consumo de energia final em 2020, através do estabelecimento de medidas, assim como na aposta em projectos inovadores, designadamente

- (i) O veículo eléctrico e as redes inteligentes;
- (ii) A produção descentralizada de base renovável;
- (iii) A optimização dos modelos de iluminação pública e de gestão energética dos edifícios públicos, residenciais e de serviços.

⁷ MIBEL (Mercado Ibérico da Energia Eléctrica) - resulta de um processo de cooperação desenvolvido pelos Governos de Portugal e de Espanha com o objectivo de promoverem integração dos sistemas eléctricos dos dois países.

⁸ MIBGAS (Mercado Ibérico de Gás Natural) – Portugal e Espanha, no que se refere ao Sector do Gás, decidiram instituir vários grupos de trabalho com o objectivo de preparar a criação e desenvolvimento do mercado ibérico do gás natural – MIBGAS

d) Garantia de segurança de abastecimento energético:

Pretende-se garantir uma segurança de abastecimento através da manutenção da política de diversificação do *mix* energético, do ponto de vista das fontes e das origens do abastecimento, e do reforço das infra-estruturas de transporte e de armazenamento que permitam a estabilidade do mercado ibérico em concordância com as orientações da política energética europeia.

e) Promoção da sustentabilidade da estratégia:

Ambiciona a promoção da sustentabilidade económica, ambiental e técnica como condição fundamental para o sucesso da política energética, recorrendo a instrumentos da política fiscal, para a criação de um fundo de equilíbrio tarifário que permita continuar o processo de crescimento das energias renováveis.

2.2.1 - Principais Eixos

São cinco os eixos, nos quais assenta a ENE 2020 e se define as grandes linhas de orientação política e medidas de maior relevância para a área da energia:

f) Competitividade, crescimento e independência energética e financeira:

Ambiciona a dinamização dos diferentes sectores da economia, para a criação de emprego e valor através da aposta em projectos pioneiros e inovadores nas áreas da eficiência energética, das energias renováveis:

- (iii) Produção descentralizada e da mobilidade eléctrica, num quadro de equilíbrio territorial;

(iv) Promoção da concorrência nos mercados através da consolidação do mercado ibérico de electricidade (MIBEL)⁹, da criação do mercado ibérico do gás natural (MIBGAS)¹⁰ e da regulamentação do sistema petrolífero nacional e contribuindo para a maior independência energética e financeira do nosso país face a choques energéticos externos.

g) Aposta nas energias renováveis:

Uma forte aposta na promoção do desenvolvimento de uma fileira industrial, que estimule o crescimento económico e de emprego, e que permita atingir as metas nacionais de produção de energia renovável, intensificando a diversificação das energias renováveis no mix energético, simultaneamente, reduzindo a dependência externa nacional, de forma a aumentar a segurança de abastecimento.

h) Promoção da eficiência energética;

Ambiciona a promoção da eficiência energética, tornando estável o objectivo de redução de 20 % do consumo de energia final em 2020, através do estabelecimento de medidas, assim como na aposta em projectos inovadores, designadamente

- (iv) O veículo eléctrico e as redes inteligentes;
- (v) A produção descentralizada de base renovável;
- (vi) A optimização dos modelos de iluminação pública e de gestão energética dos edifícios públicos, residenciais e de serviços.

⁹ MIBEL (Mercado Ibérico da Energia Eléctrica) - resulta de um processo de cooperação desenvolvido pelos Governos de Portugal e de Espanha com o objectivo de promoverem integração dos sistemas eléctricos dos dois países.

¹⁰ MIBGAS (Mercado Ibérico de Gás Natural) – Portugal e Espanha, no que se refere ao Sector do Gás, decidiram instituir vários grupos de trabalho com o objectivo de preparar a criação e desenvolvimento do mercado ibérico do gás natural – MIBGAS

i) Garantia de segurança de abastecimento energético:

Pretende-se garantir uma segurança de abastecimento através da manutenção da política de diversificação do *mix* energético, do ponto de vista das fontes e das origens do abastecimento, e do reforço das infra-estruturas de transporte e de armazenamento que permitam a estabilidade do mercado ibérico em concordância com as orientações da política energética europeia.

j) Promoção da sustentabilidade da estratégia:

Ambiciona a promoção da sustentabilidade económica, ambiental e técnica como condição fundamental para o sucesso da política energética, recorrendo a instrumentos da política fiscal, para a criação de um fundo de equilíbrio tarifário que permita continuar o processo de crescimento das energias renováveis.

2.2.2 - Medidas propostas para as renováveis para 2020

Em termos quantitativos, no que diz respeito às energias renováveis, são os seguintes os objectivos estabelecidos na ENE 2020

- Energia eólica: atingir 8.500 MW de potência instalada em 2020.
- Energia hídrica: 8.600 MW de capacidade instalada em 2020; implementação de um plano de acção para as mini-hídricas para o licenciamento de 250 MW; desenvolvimento de capacidade reversível.
- Biomassa: instalação efectiva da potência já atribuída (250 MW), introduzindo mecanismos de flexibilidade na concretização dos projectos; promoção da produção de biomassa florestal.
- Solar: 1.500 MW de potência instalada em 2020; actualização do programa de Microgeração e introdução de um programa de Minigeração; desenvolvimento de um novo *cluster* industrial baseado na energia solar de concentração, para projectos de demonstração; promoção da energia solar térmica.

- Ondas, geotermia e hidrogénio: implementação da zona piloto para a energia das ondas (250 MW em 2020); promoção de uma nova fileira na área da geotermia (250 MW em 2020); exploração do potencial do hidrogénio.
- Biocombustíveis e biogás: implementação efectiva das Directivas Europeias e das melhores práticas associadas aos biocombustíveis; exploração do potencial associado ao biogás proveniente da digestão anaeróbia de resíduos.

2.2.3 - ENE 2020 Resultados Esperados até 2020

É esperado que com a ENE 2020 sejam atingidos os seguintes resultados:

- Redução para 74% em 2020, da dependência energética externa;
- Cumprimento dos compromissos assumidos relativos ao combate às alterações climáticas, para 2020:
 - i. 31% da energia final proveniente de recursos renováveis,
 - ii. 20% de redução do consumo de energia final;
- Redução em 25% do saldo importador energético, com a produção de energia a partir de fontes endógenas (redução das importações \approx 2.000 milhões €/ano em 2020);
- Consolidação do *cluster* industrial¹¹ associado às energias renováveis:
 - i. Obtenção de um Valor Acrescentado Bruto (VAB) de 3.800 milhões de euros
 - ii. Criação de mais 100.000 postos de trabalho (a crescer aos 35.000 já existentes no sector) em 2020.
- Continuar a desenvolver o *cluster* industrial associado à eficiência energética:

¹¹ Um **cluster**, no mundo da indústria, é uma concentração de empresas que se comunicam por possuírem características semelhantes e coabitarem no mesmo local, colaboram entre si e, assim, tornam-se mais eficientes.

- i. Criação de 21.000 postos de trabalho;
 - ii. Investimento de 13.000 milhões de euros até 2020;
 - iii. Exportações adicionais de 400 milhões de euros;
- Continuação da promoção do desenvolvimento sustentável, de forma a criar condições para que sejam cumpridas as metas de redução de emissões de GEE assumidas no quadro europeu.

2.3 - Incentivos à Energia Solar em Portugal

A energia solar assume-se com uma enorme importância num país como Portugal onde o número total de horas de sol é um dos mais elevados da Europa – cerca de 3 mil horas de sol por ano em algumas regiões. A energia solar pode ser aproveitada para a produção de electricidade mas é na produção de água quente sanitária e ou aquecimento de piscinas que assume uma grande importância, sendo o recurso à queima de combustíveis fósseis substituído, evitando-se assim emissões de dióxido de carbono.

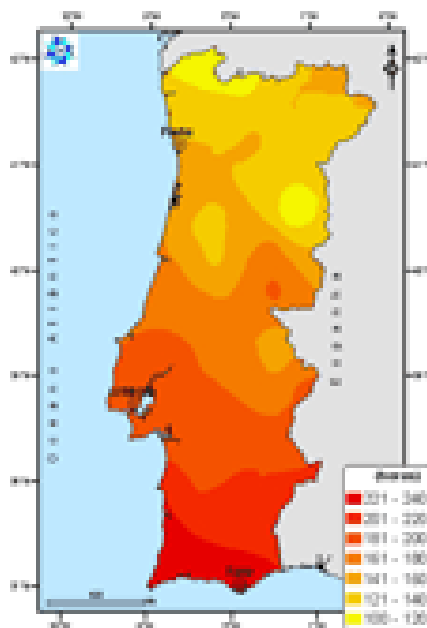


Figura 1 – Distribuição da radiação solar em Portugal

Apesar das excelentes condições existentes em Portugal, em termos da disponibilidade da fonte de energia solar, verifica-se que o mercado nacional de colectores solares para aquecimento de água tem uma dimensão muito inferior à de outros países da Europa.

No ano de 2001, através da Resolução do Conselho de Ministros nº154/2001, de 19 de Outubro, foi lançado o **Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas**, este reunia um conjunto de medidas para melhorar a eficiência energética e o aproveitamento das energias renováveis em Portugal, entre as quais a promoção da utilização de colectores solares para aquecimento de água, quer nos sectores residencial e serviços, quer na Indústria.

Para implementar este programa e aumentar a contribuição dos colectores solares para o aquecimento de água, o programa Operacional da Economia (POE) aprovou a Iniciativa Pública AQSpP¹² promovida pela Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), reunindo e potenciando sinergias entre várias instituições com vista à sua concretização:

- i. A Agência para a Energia (ADENE);
- ii. O Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI);
- iii. A Sociedade Portuguesa de Energia Solar (SPES);
- iv. Associação Portuguesa da Indústria Solar (APISOLAR);

O Programa “Água Quente Solar para Portugal”, pretendia promover e dinamizar a energia solar térmica para aquecimento de água, tinha o objectivo de incentivar o desenvolvimento do mercado de uma forma sustentada, restabelecendo a confiança na tecnologia.

A meta (ambiciosa) que se visava atingir era de 150 000 m², criando um mercado anual sustentado de colectores solares instalados, que atingissem valores na ordem de 1 000 000 m² instalados e operacionais em 2010, o que não representava, na altura, mais de 7% do potencial explorável.

¹² AQSpP – Água Quente Solar para Portugal

Esperava-se uma penetração de 25% do potencial máximo do sector doméstico e 10% do potencial da industrial – o mercado seria composto por 80% de sistemas de sector doméstico (pequenos sistemas) e 20% de sistemas do sector da indústria/serviços (grandes sistemas, incluindo escolas, ginnodesportivos, hospitais, piscinas, hotéis, etc.).

As grandes linhas de intervenção da IP-AQSp¹³ foram definidas com o objectivo de fazer face às maiores dificuldades que não permitem o desenvolvimento da energia solar, nomeadamente:

- A sua fraca credibilidade junto dos utilizadores devido à falta de qualidade da maioria dos equipamentos e das instalações da década de 80;
- A percepção de custo elevado dos equipamentos pelos utilizadores.

Ao proceder ao aproveitamento deste potencial endógeno, o Governo pretendia que Portugal desse um passo importante para:

- Reduzir da sua dependência energética, e forma a aumentar a contribuição das energias renováveis no balanço energético nacional; contribuição de 0,1 Mtep para a energia final (0,15 Mtep de energia primária, que, na sua maior parte, era importada);
- Reduzir as emissões associadas ao uso de combustíveis fósseis; redução de 0,8% nas emissões de gases com efeito de estufa, em relação aos valores totais de referência de 1990, correspondendo a 0,5 milhões de toneladas de CO₂ equivalente evitado
- Criar e desenvolver uma nova actividade económica com impacto, na indústria, engenharia, comércio e na criação de emprego distribuído por todo o território; Criação de novos empregos, num valor que se estimava superior a 1500.
- Melhorar a qualidade de vida, conforto e poupança individual de cada cidadão;
- Criar uma nova oportunidade para exportação a prazo de tecnologia, equipamentos serviços.

¹³ IP-AQSp – Iniciativa pública de água quente solar para Portugal

Para o Programa “Água Quente Solar” foram criados um conjunto de medidas de incentivo (fiscais e financeiras).

Incentivos Fiscais

Manteve-se o incentivo que já existia do IRC para empresas, que se traduzia na possibilidade de amortização do investimento no sistema solar em apenas 4 anos para efeito de cálculo desse imposto.

Manteve-se a possibilidade de dedução à colecta no IRS, para particulares, de 30% da importância despendida, com a aquisição de equipamentos novos para utilização de energias renováveis mas, aumentaram o limite máximo dedutível de 600 para 700 Euros.

Incentivos financeiros constituídos pelo MAPE¹⁴:

Comtemplava o apoio ao aproveitamento da energia solar para aquecimento de água, num quadro dos projectos de utilização racional de energia, apoio esse que poderia atingir os 40% dos investimentos em sistemas de colectores solares.

Pretendia-se introduzir o conceito de garantia de qualidade dos componentes e das instalações, gerando maior confiança nos utilizadores, mediante:

- Certificação obrigatória de colectores e sistemas solares térmicos, na sequência de ensaios de qualificação;
- Formação e certificação de profissionais (projectistas e instaladores), sendo obrigatório o recurso a instaladores certificados para acesso aos apoios e incentivos fiscais;
- Garantia mínima dos equipamentos de 6 anos.

¹⁴ MAPE - Medida de Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético e Racionalização de Consumos

Criação de um Observatório de Energia Solar

O Observatório foi criado, com o objectivo de acompanhar a implementação do Programa AQSpP¹⁵, analisando o que se fazia no terreno, através da instituição de uma metodologia de apreciação permanente e referenciada dos componentes, instalações e instaladores, bem como das exigências dos utilizadores face a este produto, para permitir uma avaliação do progresso e a identificação de medidas correctivas que venham a provar-se desejáveis.

Pretendia-se que os resultados do Programa “Água Quente Solar” contribuíssem, decisivamente para o cumprimento dos objectivos traçados no âmbito do Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas.

Era da responsabilidade da DGEG, a implementação do projecto, que assegurou a colaboração de quatro instituições encarregadas de executar tarefas específicas, articuladas entre si, desenvolvendo e explorando sinergias.

Instituição	Área de intervenção
Agência para a Energia – ADENE	Promoção de Imagem Observatório
Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial – INETI	Certificação de Qualidade
Sociedade Portuguesa de Energia Solar – SPES	Promoção de Imagem
Associação Portuguesa da Indústria do Solar – APISOLAR	Promoção de Imagem

Tabela 2 – Instituições envolvidas¹⁶

Até ao ano de 2009, para além dos incentivos referidos anteriormente, não foram criados qualquer tipo de incentivo.

¹⁵ AQSpP – Água quente solar para Portugal

¹⁶ Tabela retirada do site <http://www.energiasrenovaveis.com>

Surgiu em 2009 a Medida Solar Térmico 2009 (MST2009), a qual se traduziu na atribuição de subsídios e benefícios fiscais para a aquisição de painéis solares térmicos a consumidores particulares, nas suas residências e, sobretudo, em habitações já existentes.

Os benefícios desta medida, e que se traduziam em condições especiais para a aquisição de painéis solares térmicos, foram promovidos pelo Ministério da Economia e Inovação (MEI) e pelo Ministério das Finanças, em associação com o Ministério do Trabalho e Solidariedade Social e Secretaria de Estado da Juventude e do Desporto.

Este Programa teve início a 2 de Março de 2009 destinando-se, numa fase inicial, ao consumo doméstico, sobretudo para a instalação de colectores solares térmicos em casas usadas, visto que o novo RCCTE já conduz à obrigatoriedade da instalação destes equipamentos em habitações novas.

De forma a apoiar a instalação de colectores solares térmicos para AQS, surgiu a necessidade de se proceder, em Agosto de 2009, ao alargamento do Programa às Instituições Particulares de Solidariedade Social (IPSS) e aos Clubes ou Associações Desportivas de Utilidade Pública (ADUP).

Foi assinado, no âmbito deste Programa, início de 2009, um protocolo do Estado com algumas instituições de crédito, o qual pretendia divulgar/informar acerca dos subsídios disponíveis e/ou conceder crédito, em caso de necessidade, às famílias que estivessem interessadas na instalação de um sistema solar térmico em sua casa.

Para o fornecimento, instalação, manutenção de painéis solares térmicos e equipamentos acessórios, as empresas deveriam cumprir um volume máximo de 200 000 m² painéis solares térmicos no caso do Regime Geral e de 50 000 m² para o Regime PME¹⁷.

¹⁷ PME – Pequenas e médias empresas

Requisitos para fornecimento, instalação e manutenção (Fonte: APISOLAR):

- I. Disponibilização de produtos “chave-na-mão” e a responsabilidade pelo fornecimento, instalação (apenas por instaladores com Certificado de Aptidão Profissional), manutenção e garantia do equipamento;
- II. Capacidade de instalação e manutenção dos equipamentos em todo o território nacional, no Regime Geral, de acordo com os níveis de qualidade de serviço pré-definidos, e a nível do distrito no Regime PME;
- III. Disponibilização de três soluções técnicas alternativas e com sistemas completos certificados pela Solar Keymark ou Certif (excepto para circulação forçada, em que só o colector tem de ser certificado), no caso do Regime Geral, e de pelo menos uma solução técnica com colectores certificados pela Solar Keymark ou Certif, no Regime PME;
- IV. Preços “chave-na-mão”, compatíveis com as soluções de água quente existentes, em valores que não excedam os 2720€, para sistema termossifão de 200 L; 3550€ para sistema termossifão de 300 L; e 4870€ para sistema de circulação forçada de 300 L. Todos estes valores já incluem o IVA;
- V. Entidades certificadas pelas normas europeias e instalações realizadas por instaladores com C.A.P;
- VI. Capacidade de produção, instalação e manutenção de qualquer uma das soluções fornecidas de um volume de produção e instalação anual superior a 200 000 m², no Regime Geral, e de 50 000 m² no Regime PME;
- VII. Capacidade de produção, instalação e manutenção de equipamentos flexível com cumprimento de níveis mínimos de qualidade de serviço para que o contacto com o consumidor para marcação de visita para instalação seja inferior a 3 dias; a deslocação ao consumidor para instalação seja inferior a 4 semanas; o tempo de instalação do equipamento seja inferior a 4 dias; e o tempo médio de reparação, reposição, manutenção seja inferior a 2 semanas;
- VIII. Disponibilização de uma linha telefónica para apoio ao consumidor;

- IX. Abrangido a entidades que demonstrem possuir uma autonomia financeira superior a 25%, no caso do Regime Geral, e a entidades classificadas como Micro, Pequenas e Médias empresas (PME) ao abrigo do D.L. nº 372/2007, de 6 de Novembro, e da Recomendação nº 2003/361/CE, da Comissão Europeia, de 6 de Maio.

Para o cliente final as vantagens da aquisição dos equipamentos solares eram bastante aliciantes.

Vantagens de aquisição dos equipamentos solares (*Fonte: Portal do Governo Português, 2009*):

- I. Serviço "chave-na-mão": financiamento, equipamento e instalação;
- II. Manutenção e Garantia do equipamento assegurada durante 6 anos;
- III. Comparticipação imediata do Estado no valor fixo de 1641,70 €;
- IV. Benefícios fiscais de 30% do custo do investimento em sede de IRS com máximo de 796€;
- V. Cerca de 20% de poupança na factura do gás;
- VI. Facilidade no processo de encomenda;
- VII. 100% de financiamento em crédito individual/pessoal com condições especiais;
- VIII. Euribor a 3 meses + 1,5%;
- IX. Só pagará juros após instalação do equipamento;
- X. Possibilidade de pronto pagamento.

Além disso, o serviço “chave na mão” era da responsabilidade dos fabricantes e incluía o equipamento, a instalação e a garantia e manutenção durante 6 anos. Todos os instaladores que detenham certificação de aptidão profissional (CAP) para a instalação de painéis solares estão abrangidos por esta medida do governo, devendo para o efeito chegar a acordo com um dos fabricantes aderentes (Governo Português, 2009).

Quanto aos subsídios concedidos aos futuros consumidores particulares dos sistemas solares térmicos, o Programa referido determina:

Subsídios (Fonte: Portal do Governo Português, 2009):

- I. A medida destina-se exclusivamente a consumidores particulares, para instalação nas suas residências, principalmente em casas usadas;
- II. Poderá adquirir-se um sistema solar térmico com as condições referidas até 31 de Dezembro de 2009 ou até se esgotar o plafond da comparticipação prevista pelo Estado, num total de 100 Milhões de Euros;
- III. Um sistema bem dimensionado permite poupar até 70% da energia necessária para o AQS;
- IV. O Governo definiu como objectivo para 2009 a instalação de 250 000 m² de painéis solares térmicos em mais de 65 000 habitações, sendo estimado o investimento total de 225 milhões de euros e a criação de cerca de 2 500 postos de trabalho;
- V. Os equipamentos custam cerca de metade, face ao preço normal de venda ao público. Esta redução é conseguida, em 20%, por via do efeito de escala (negociações em bloco com os fornecedores) e, em 45%, pela comparticipação pública de 100 milhões de euros (financiada pela iniciativa do Governo "investimento e emprego"). O consumidor conseguirá uma poupança superior a duas vezes o valor que investiu, durante a vida útil do equipamento (20 anos);
- VI. A iniciativa prevê apenas um sistema solar térmico por casa e por contribuinte. Caso seja casado, o cônjuge poderá adquirir o segundo sistema para a segunda casa;
- VII. Os estrangeiros com número de contribuinte também poderão beneficiar do subsídio do Estado;
- VIII. Dependendo da dimensão e do uso da instalação, o painel solar térmico é amortizado entre os 5 e 7 anos. Considerando o incentivo existente, o tempo de retorno poderá ser de apenas 4 a 6 anos.

A aquisição dos sistemas tinham vantagens a nível fiscal, IRS e IVA.

IRS e IVA (Fonte: Portal do Governo Português, 2009):

- I. De acordo com a Lei nº 109-B/2001, de 27 de Dezembro, os equipamentos específicos para a captação e aproveitamento da energia solar estão sujeitos à taxa intermédia do IVA de 12%;
- II. São dedutíveis à colecta, desde que não susceptíveis de serem considerados custos na categoria B, 30% das importâncias despendidas com a aquisição de equipamentos solares novos, com o limite máximo de 796€. Este benefício é cumulativo com outros benefícios que o cliente tenha (ex. crédito habitação);
- III. A dedução no IRS é válida para outros equipamentos de energias renováveis, mesmo que sejam adquiridos fora da campanha, a comparticipação do Estado é que só será atribuída aos clientes que comprarem ao abrigo da campanha;
- IV. Casais com IRS conjunto só podem declarar um equipamento e o beneficiário pode não corresponder ao dono da casa.

Modelos	Preços	Subsídio
Termossifão de 200 L	2.718 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Termossifão de 200 L c/ módulo solar	2.814 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Termossifão de 300 L	3.552 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Termossifão de 300 L c/ módulo solar	3.648 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Circulação Forçada de 300 L	4.870 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Circulação Forçada de 300 L c/ módulo solar	4.966 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €

Tabela 3 – Exemplo do custo dos sistemas solares disponíveis para o cliente final na MST¹⁸

2.4 - Mercado do solar térmico

A adopção de comportamentos com uma maior consciência ambiental, deverá ser promovida através de medidas legislativas, este tipo de medidas ajudam ao crescimento do mercado de energia solar.

¹⁸ MST – Medida solar térmica

A Alemanha apresenta valores de mercado muito elevados comparativamente a Portugal, ainda que Portugal possua um potencial de aproveitamento de energia solar muito superior. A menor área implementada de painéis solares térmicos pertence à Estónia, um país com baixos índices de radiação solar.

Segundo a *European Solar Thermal Industry Federation* (ESTIF), é necessário ultrapassar a falta de continuidade nas políticas de apoio do Estado. Têm de ser criadas condições estáveis e positivas ao longo do tempo, de modo a proporcionar confiança aos intervenientes no mercado e possibilitar investimentos na produção, na formação, no marketing, na distribuição e na mobilização de recursos na área da investigação e desenvolvimento (Climatização, 2009a).

Para a ESTIF, apesar da existência de países com um atraso na dinamização do solar térmico, sendo Portugal um desses países, já se denota um crescimento deste sector, visto que os dirigentes políticos já tomaram consciência de que os combustíveis fósseis deixarão de ser opção a longo prazo. Além disso, os regulamentos para a construção exigem cada vez mais a utilização de energias renováveis, sendo o solar térmico uma solução com uma boa relação preço-qualidade (Climatização, 2009a).

2.4.1 – Portugal

Portugal possui um elevado potencial para aproveitamento da energia solar para AQS. Na verdade, em Portugal, poderiam ser instalados no sector doméstico cerca de 7 500 000 m² de colectores solares, proporcionando cerca de 4 900 GWh/ano de energia útil. Mesmo que apenas 1/3 desse potencial seja conseguido até 2010, já possibilitará reduzir 150 000 tep da dependência energética de Portugal face aos recursos fósseis e evitar a libertação de 620 kton de CO₂ (1% das emissões de 1990) (ADENE e INETI, 2002).

Os valores apresentados do mercado Português, são resultado dos questionários dirigidos aos associados da Apisolar, relativo ao ano de 2012.

Tendo como referência o valor identificado aquando da Medida Solar Térmico 2009 (MST09) relativamente à representatividade do total das empresas associadas da APISOLAR, e não

existindo diferença apreciável no número e condição das empresas que responderam ao presente questionário, considera a Apisolar, para efeitos estatísticos, que a amostra de empresas participantes tem uma representatividade de 70%.

Para efeito de tratamento equiparado de dados sobre o sector solar e discussão das políticas públicas ao nível nacional e europeu, todos os dados estatísticos relativos à capacidade instalada de solar térmico serão apresentados em m² e adicionalmente em kW_{th}¹⁹.

Conforme se verifica na figura seguinte a capacidade instalada evoluiu progressivamente entre o 1º e o 3º trimestre, destacando-se um aumento de 74% no 4º trimestre relativamente ao trimestre anterior.

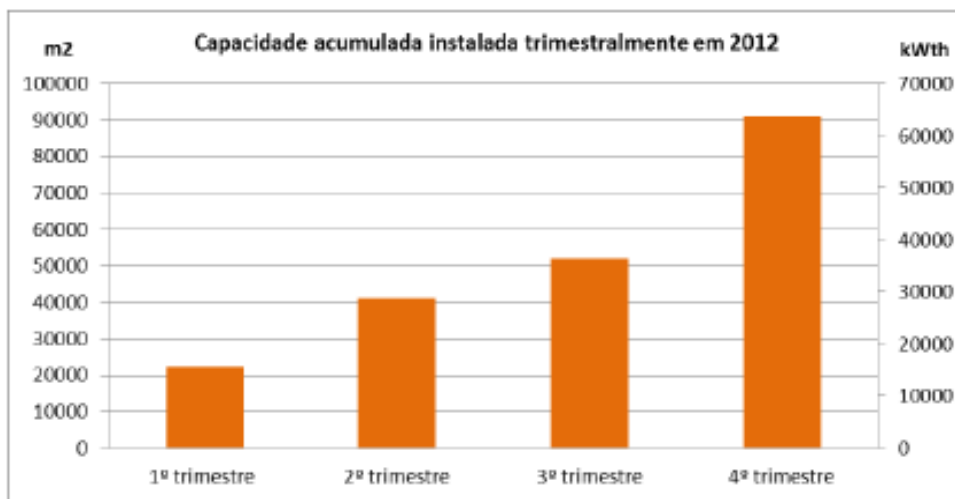


Figura 2 – Quantidade de colectores solares instalados trimestralmente em 2012 (m² e kW_{th})

Nesta base, estima-se que o mercado garantiu a instalação de 90.896 m² em 2012. Contudo, analisando a figura seguinte, verifica-se que houve uma quebra de 29% no volume de vendas relativamente ao ano 2011.

19 kW_{th} – Factor de Gleisdorf : 1 m² = 0.7 kW_{th}

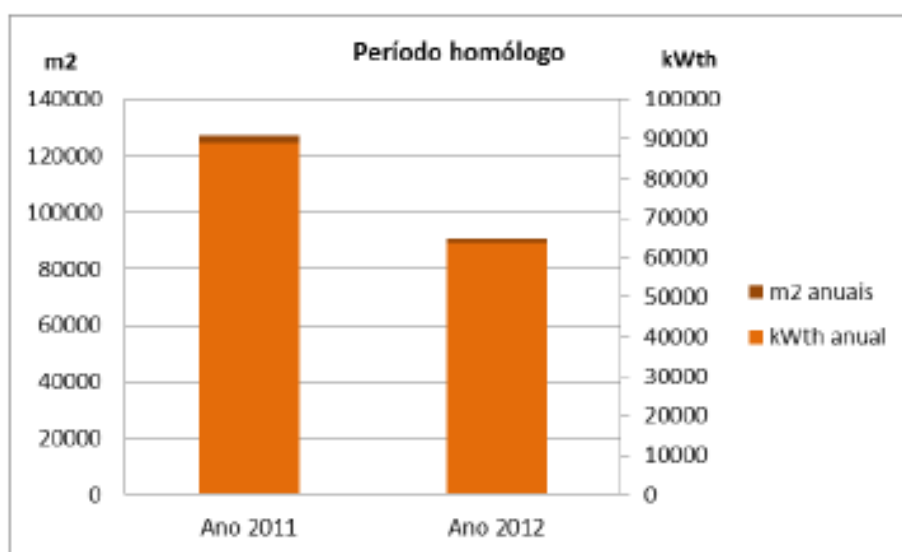


Figura 3 – Quantidade de colectores solares instalados no ano de 2011 e de 2012

A evolução da capacidade instalada entre 2003 e 2012. De referir que a capacidade instalada em 2012 decresceu 51% relativamente ao ano 2010.

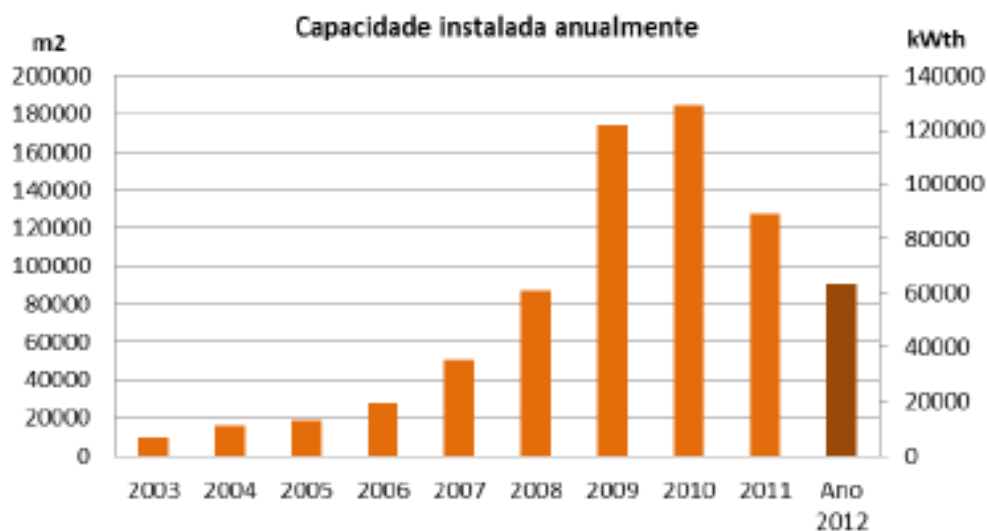


Figura 4 - Evolução da quantidade de m2 de colector instalada anualmente (m2 e kWth)²⁰

²⁰ Dados retirados do relatório do observatório: <http://www.aguaquentesolar.com/observatorio>

Contudo, há uma expectativa que esta tendência seja amparada no decorrer do ano 2013, derivado do subsídio sem reembolso previsto no Fundo de Eficiência Energética (FEE) para a aquisição de sistemas solares térmicos para AQS.

Em termos energéticos e de acordo com o método proposto pela ESTIF e IEA-SHC2²¹ para conversão de área de colectores solares térmicos em energia produzida, o terceiro trimestre de 2012 resultou numa produção de 123MWh (27,1tep) através de colectores sem vidro, 47.137MWh (10.370 tep) através de sistemas AQS e 9.500MWh (2.090 tep) através de sistemas combinados (aquecimento + AQS).

Com base no enunciado anterior, em 2012 serão instalados aproximadamente 90.896 m² (63.627 kW_{th}).

De acordo com as estimativas, prevê-se que no final de 2012 estejam instalados cerca 966.770 m² (676.739 kW_{th}).



Figura 5 – Evolução da capacidade acumulada (m² e kW_{th})

Estima-se, com base no enunciado anterior, que em 2012 foram instalados aproximadamente 90.896 m² (63.627 kW_{th}), perfazendo um total de 966.770m² (676.739 kW_{th}) de capacidade acumulada no final de 2012.

²¹ IEA – International Energy Agency

Quanto à procura por tipologia de sistema; 24% são colectores individuais, 47% são sistemas forçados e 29% são sistemas em termosifão. dos colectores individuais, 65% destinam-se ao uso habitacional (prédio ou moradia) e 35% destinam-se ao sector terciário (piscinas, hotéis, etc.).

Tal como se tem verificado nos países europeus, a tendência é de decréscimo da capacidade instalada, principalmente naqueles cuja capacidade instalada anualmente se encontra entre 200.000 m² (140.000 kW_{th}) e os 500.000 m² (350.000 kW_{th}).

Portugal mantêm-se assim no grupo dos países europeus com menor capacidade bruta instalada anualmente (< 200 000 m² ↔ < 140 000 kW_{th}), em valores per capita, e fica sensivelmente abaixo da média europeia de 51,7 W_{th}/habitante, com 51,4 W_{th}/habitante.

2.4.2 - Mercado Mundial

O aquecimento solar é uma tecnologia já dominada e, em 2002, existiam já instalados na UE cerca de 12,3 milhões de m² de colectores solares térmicos. Cerca de 60% destes encontram-se na Alemanha (com mais de 50% das vendas de colectores solares da UE), Grécia e Áustria.

O Chipre possui aquecimento solar instalado em 50% dos hotéis e em 92 % das habitações particulares. É o líder mundial em m² de colector *per capita*. No continente europeu é a Grécia que está no topo com 0,26 m² per-capita seguida pela Áustria com 0,20 m² por pessoa.

A meta da UE pretendia a instalação de 100 milhões de m² de colectores até 2010.

Algumas cidades já estabelecem regulamentos municipais, como é o caso de Barcelona, que exige a instalação de sistemas solares que garantam 60% do consumo de água quente das habitações e de edifícios de serviços. Em consequência desta postura verificou-se, em ano e meio, um aumento de 750% neste tipo de instalações. Este procedimento está a ser também implementado em outras cidades, como Sevilha e Madrid.

Na Alemanha, o governo estabeleceu um aumento dos incentivos de 92 para 125 euros por m² de superfície colectora instalada, o que teve como consequência imediata o relançamento do mercado em 2003. Comparativamente com a China, os números europeus são modestos. Em 2000 existiam na China 26 milhões de m² de colectores solares e mil fabricantes de componentes e sistemas e a meta do governo chinês para 2005 foi de 65 milhões de m².²²

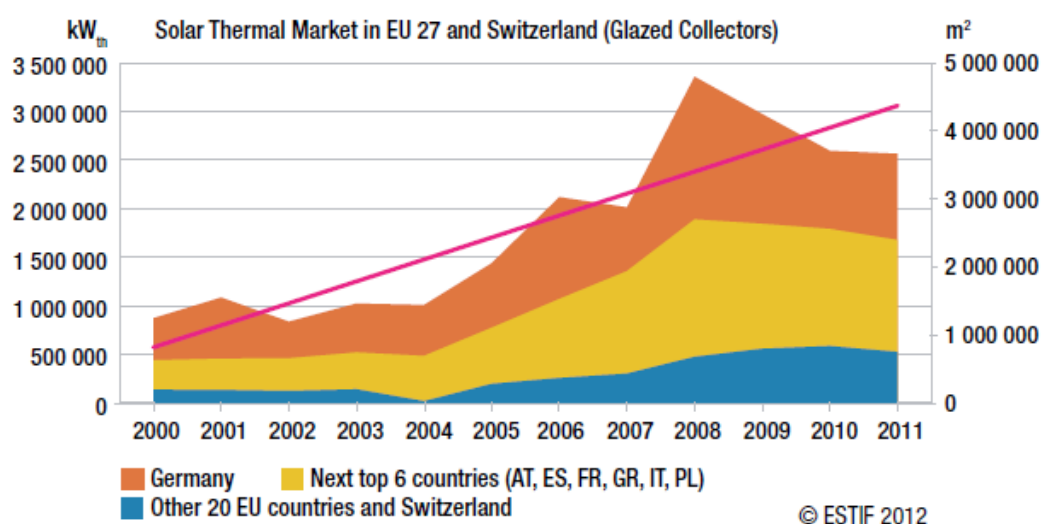


Figura 6 - Mercado Solar nos 27 da Eu e Suíça

Tal como se tem verificado nos países Europeus, a tendência é de decréscimo da capacidade instalada, principalmente naqueles cuja capacidade instalada atualmente se encontra entre 200.000 m² (140.000 kWth) e os 500.000 m² (350.000 kWth).

²² Dados retirados do site :

http://www.energiasrenovaveis.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=47&ID_area=8&ID_sub_area=27

Embora Portugal esteja no grupo dos países europeus com menor capacidade bruta instalada anualmente (> 140.000 kW_m), em valores *per capita*, supera a média europeia, com 52 Wth/habitante contra 47,6 Wth/habitante médio/europeu.

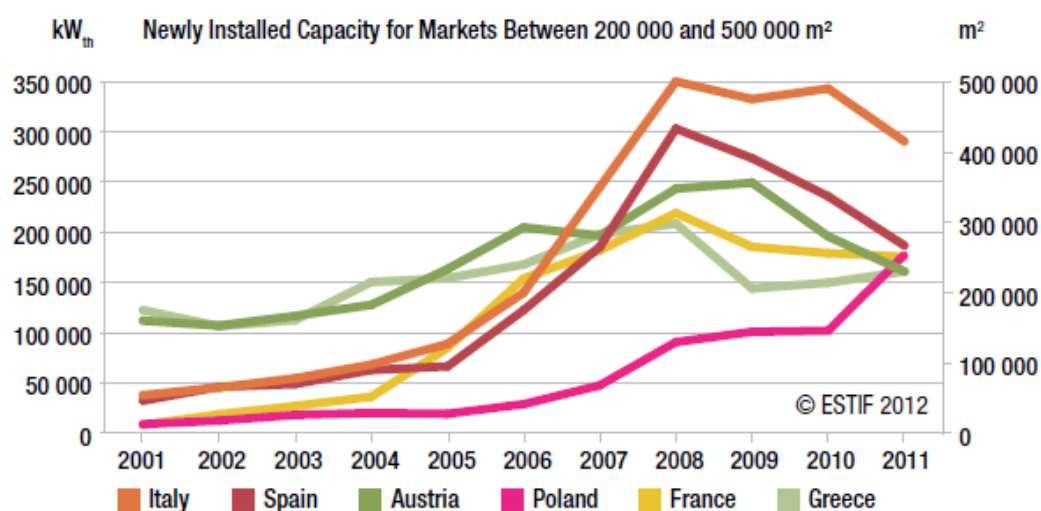


Figura 7 – Valores de acumulado instalado

	In Operation ²		Market (=Newly Installed)					Annual Evolution of the Market	
	2011		2009	2010	2011			2011/2010	
	Total Glazed		Total Glazed	Total Glazed	Total Glazed	Flat Plate	Vacuum Collectors	Total Glazed	Total Glazed
	m ²	KW(th)	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	KW(th)	%
Austria	2 988 088	2 791 662	356 166	279 998	230 189	221 495	9 694	161 132	-17.8%
Belgium	323 283	226 298	50 700	42 500	45 500	35 500	10 000	31 850	7.1%
Bulgaria*	115 100	80 570	9 000	9 400	10 800	10 000	800	7 560	-
Cyprus	713 359	499 351	34 709	30 713	29 437	26 794	1 643	19 906	-7.4%
Czech Republic	378 066	264 647	51 669	91 717	65 000	49 000	16 000	45 500	-29.1%
Denmark	583 605	408 524	54 496	64 651	62 401	61 897	504	43 681	-3.5%
Estonia*	4 720	3 304	450	500	1 800	900	900	1 280	-
Finland*	32 873	23 011	3 400	3 700	4 000	3 000	1 000	2 800	-
France ⁴	1 824 900	1 277 430	265 000	256 000	251 000	242 200	9 800	175 700	-2.0%
Germany	14 994 000	10 496 800	1 615 000	1 150 000	1 270 000	1 152 000	118 000	889 000	10.4%
Greece	4 087 200	2 961 040	206 000	214 000	230 000	228 500	1 500	191 000	7.5%
Hungary	170 814	119 570	22 000	21 000	21 000	14 900	6 100	14 700	0.0%
Ireland	158 429	110 900	32 221	24 918	27 000	16 200	10 800	18 900	8.4%
Italy	3 073 930	2 161 751	475 000	490 000	415 000	373 500	41 500	290 500	-15.2%
Latvia*	3 740	2 618	180	200	1 800	1 000	800	1 280	-
Lithuania*	4 200	2 940	200	200	1 800	600	1 200	1 280	-
Luxemburg*	35 850	25 895	4 700	4 500	4 500	3 500	1 000	3 150	-
Malta*	51 360	35 952	5 500	5 000	5 500	5 500	0	3 850	-
Netherlands	474 595	332 217	45 260	40 834	33 000	33 000	0	23 100	-19.2%
Poland	909 390	636 573	144 308	145 906	253 500	197 000	66 500	177 450	73.7%
Portugal	781 295	546 906	173 762	182 271	127 198	126 308	890	89 039	-30.2%
Romania*	105 200	73 640	14 900	15 500	15 500	8 500	7 000	10 850	-
Slovakia	142 250	99 575	13 500	15 000	23 000	19 320	3 680	16 100	53.3%
Slovenia	175 300	122 710	22 000	11 000	12 000	9 000	3 000	8 400	9.1%
Spain	2 369 951	1 668 993	391 000	336 800	266 979	249 729	17 251	186 885	-20.7%
Sweden	337 022	236 915	21 309	20 699	20 807	15 654	5 153	14 585	0.5%
Switzerland	1 023 698	716 689	145 640	144 772	140 000	130 000	10 000	98 000	-3.3%
United Kingdom	656 998	459 899	89 100	105 200	91 778	72 953	18 826	64 245	-12.8%
EU27 + Switzerland	37 519 126	26 263 388	4 246 170	3 705 879	3 659 489	-	-	2 561 643	-1.3%

Tabela 4 – Valores totais do mercado de energia solar térmica

A ESTIF²³ não prevê um aumento significativo no número de países europeus introduzindo incentivos para o mercado de solares térmicos. Mas a federação vê sinais positivos para o aquecimento e arrefecimento renovável em mercados emergentes, como a Bulgária e a Roménia, os quais apresentam uma componente térmica solar como parte de seus quadros políticos.

O mercado da energia solar térmica, continua claramente a ser uma grande aposta dos vários países.

2.5 – Legislação Portuguesa

Os diversos programas desenvolvidos, visam medidas concretas e até mesmo de carácter obrigatório, de modo a atingir as metas em que Portugal se comprometeu quer a nível europeu, entre os quais, Protocolo de Quioto quer a nível mundial. Estes planos vão de encontro a uma filosofia ambientalista transversal a toda a Europa que tem como objectivo a sensibilização da população para a redução da emissão de gases com efeito de estufa, racionalização da energia e desenvolvimento e implementação de sistemas que contribuam para estas alterações.

Por outro lado, a urgência na criação e adopção de tecnologias alternativas associa-se a uma nova atitude face ao desenvolvimento sustentável. Estas tecnologias podem encarar-se como uma inovação na arquitectura e na construção, visto sugerirem uma ruptura com a utilização indiscriminada da natureza e dos recursos e fontes naturais, estabelecendo que a natureza e o homem devem estar no centro.

O sector empresarial é, assim, determinante para atingir elevados níveis de sucesso na divulgação e implementação de práticas que conduzam a uma gestão energética mais eficiente e em harmonia com o conceito de sustentabilidade. Desta forma, é vital que todas as empresas estejam suficientemente esclarecidas e, sobretudo, receptivas à inovação e à adopção de novas técnicas de produção, comercialização e instalação de equipamentos solares térmicos contribuindo, fortemente, para a criação de produtos com mais qualidade, durabilidade, eficiência e estética.

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), implementado pela publicação do pacote legislativo constituído pelos decretos-lei n.º 78/2006, 79/2006 e 80/2006, tornou obrigatório, de uma forma geral, o recurso a instalações solares térmicas para a preparação de águas quentes sanitárias (AQS), em edifícios novos.

No Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, no capítulo III artigo 7º, segundo o qual: “O recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos edifícios abrangidos pelo RCCTE é obrigatório sempre que haja uma exposição solar adequada, na

base de $1m^2$ de colector por ocupante convencional previsto”. Esta regra está: “conforme definido na metodologia de cálculo das necessidades nominais de energia para aquecimento de água sanitária referida no artigo 11º, podendo este valor ser reduzido por forma, a não ultrapassar 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante Sul, entre Sudeste e Sudoeste”.

Também o Decreto-Lei 79/2006, Regulamento dos Sistemas Energéticos de climatização em Edifícios, vem “definir as condições de conforto térmico e higiene que devem ser requeridas nos diferentes espaços dos edifícios”, bem como, “melhorar a eficiência energética global dos edifícios”, “impor regras de eficiência aos sistemas de climatização”, “Monitorizar com regularidade as práticas de manutenção dos sistemas de climatização”.

Por sua vez, o Decreto-Lei 78/2006, Sistema Nacional de certificação Energética (SCE), estipula as condições e regras de cálculo para a obtenção da certificação energética de um edifício.

Os principais objectivos da legislação são:

- Limitar o consumo energético máximo dos edifícios de habitação e incentivar a introdução de energias renováveis;
- Melhorar a eficiência energética e controlar a qualidade do ar interior dos edifícios abrangidos;
- Atribuição da certificação energética, como controlo e verificação.

A certificação energética foi calendarizada em várias fases:

- 3 Julho 2006 - Início da aplicação dos novos regulamentos (RCCTE e RSECE);
- 1 Julho 2007 - Início da aplicação do SCE a novos grandes edifícios ($> 1000 m^2$) que peçam licença ou autorização de construção após esta data;
- 1 Julho 2008 - Início da aplicação do SCE a novos pequenos edifícios ($< 1000 m^2$) que peçam licença ou autorização de construção após esta data;
- 1 Janeiro 2009 - Início da aplicação do SCE a todos os restantes, incluindo os existentes.

É obrigatória a instalação solar e não apenas a pré-instalação em toda e qualquer nova construção e em remodelações de valor superior a 25% do imóvel, com determinadas excepções, nomeadamente quando existem obstruções permanentes com altura superior a 20º. Esta obrigatoriedade corresponde à instalação de 1m² de colector por ocupante independente do tipo de colector, entretanto este ponto foi alterado para 1m² de colector padrão, que corresponde a uma determinada energia, calculado através do Software Solterm, dando em alternativa, desde que produza mesma energia um outro colector.

A obrigatoriedade de instalação de sistemas solares térmicos prevê que estes só poderão ser substituídos por outros equipamentos, desde que captem uma quantidade de energias idêntica aos colectores solares, por outras tecnologias igualmente provenientes de fontes de energia renováveis. Desta forma ficam, excluídas as bombas de calor, painéis termodinâmicos, ou outros sistemas equivalentes, que serão sempre considerados como sistemas de apoio aos colectores solares térmicos.

O controlo e verificação ficaram a cargo do SCE, através da ADENE - Agência para a Energia - que asseguram a aplicação regulamentar. A supervisão é da responsabilidade da DGGE - Direcção Geral de Geologia e Energia e do IA - Instituto do Ambiente.

- O RCCTE veio estabelecer requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente (paredes, envidraçados, pavimentos e coberturas), limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. São impostos limites aos consumos energéticos da habitação para climatização e produção de águas quentes, com este regulamento, num claro incentivo à utilização de fontes energéticas e de sistemas eficientes com menor impacto em termos de consumo de energia primária.
- A partir de 1 de Julho de 2008 todos os edifícios novos de habitação e as grandes reabilitações, independentemente da sua área ou finalidade, passaram a apresentar, no acto dos pedidos de licenciamento ou autorização de edificação, o documento de certificação energética.

- A partir de 1 Janeiro de 2009, o CERTIFICADO ENERGÉTICO passou a ser obrigatório para efectuar contractos de Promessa Compra e VENDA e contractos de ARRENDAMENTO de todas as fracções de HABITAÇÃO. Trata-se de um documento inequivocamente codificado que quantifica o desempenho energético e qualifica a qualidade do ar interior de um edifício ou fracção autónoma.

O certificado é emitido por um perito qualificado no âmbito do SCE, contém diversas informações tais como:

- A identificação do imóvel e do PQ²⁴,
- Etiqueta de desempenho energético,
- Validade do certificado,
- Descrição sucinta do imóvel,
- Descrição das soluções adoptadas,
- Valores de referência regulamentares (para que os consumidores possam comparar e avaliar o desempenho energético do edifício),
- Resumo/síntese de eventuais medidas de melhoria propostas,

Entre outros campos que são específicos do edifício considerado.

Concretamente em relação à classificação do edifício, esta segue uma escala pré-definida de 7+2 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético. Na etiqueta de desempenho energético está graficamente representado esse gradiente de classes, juntamente com a indicação, numa seta de cor preta, da classe do edifício ou fracção em causa.

²⁴ PQ – Perito Qualificado

Nos edifícios novos (com pedido de licença de construção após entrada em vigor do SCE), as classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B-. Os edifícios existentes poderão ter qualquer classe (de A a G).

3 - Energia Solar

Actualmente, Portugal está bastante dependente dos combustíveis fósseis, uma vez que o sector dos edifícios apresentou em 2011 um consumo final de energia de 4,79Mtep²⁵, que representa cerca de 29% do consumo de energia primária. Em termos de consumo de energia final, energia eléctrica o sector dos edifícios representa cerca de 62% do consumo total.

Quando comparado com outros Países, principalmente os a norte da Europa, Portugal possui um enorme potencial para o aproveitamento de energias renováveis de uma forma geral, e em particular da energia solar. Na verdade, Portugal é o país europeu com o maior número de horas de Sol por ano, aproximadamente 3000 horas de Sol por ano, que representam quase o dobro das 1750 horas anuais da média europeia.

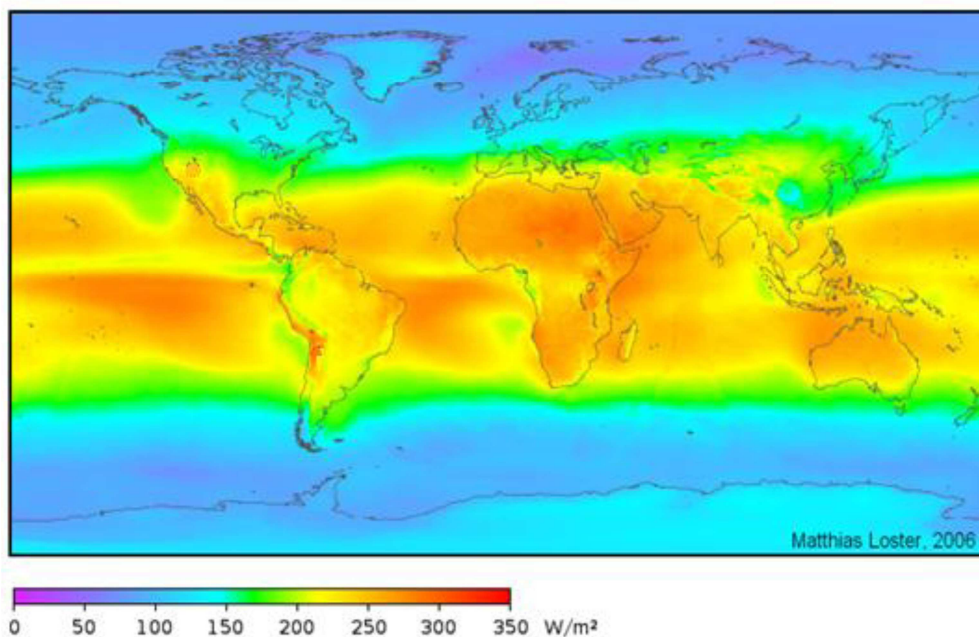


Figura 8 – Energia Solar na superfície terrestre

²⁵ Mega toneladas equivalentes de petróleo

Na figura acima representa a energia potencial solar presente na superfície terrestre, sendo evidente que esta energia pode ser utilizada por uma faixa significativa de regiões do planeta, entre o equador e os $\pm 45^\circ$ de latitude. Há várias formas de aproveitar esta energia, conforme se pretende explicar neste capítulo.

3.1 - Radiação Solar

A emissão de calor do Sol para o exterior ocorre como consequência das reacções térmicas contínuas no seu interior. Esta emissão de calor concentra-se na forma física denominada de radiação. Esta radiação é composta por raios infravermelhos, a luz visível e por raios ultravioletas, em proporções de 46%, 47% e 7%, respectivamente. Estes componentes têm a função de transportar a energia solar.

A radiação solar sobre uma superfície, na atmosfera terrestre, tem três componentes essenciais:

- Radiação directa, que vem directamente do Sol;
- Radiação difusa, originária de todo o céu excepto do disco solar;
- Radiação reflectida, derivada da reflexão no solo e em objectos circundantes.

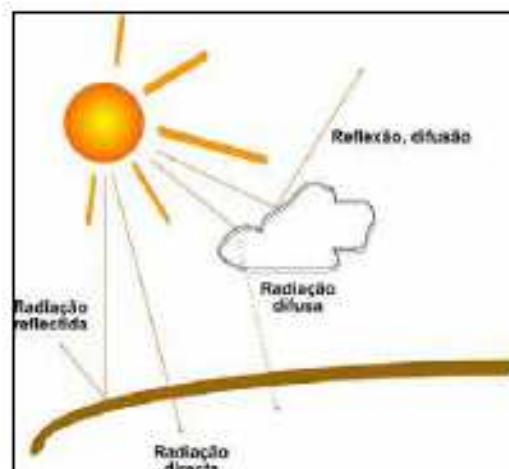


Figura 9 – Componentes de radiação solar global

A radiação Solar, ao introduzir-se na atmosfera terrestre, após atravessar as distintas camadas atmosféricas, perde parte do seu componente energético por reflexão e absorção por parte do oxigénio, nitrogénio, ozono, vapor de água, poeiras, etc.

A espessura da atmosfera que os raios solares têm de atravessar influencia decisivamente a avaliação da energia disponível ao nível do sol.

A quantidade de energia absorvida e reflectida depende das condições atmosféricas e da posição do sol. A existência de nuvens provoca uma maior reflexão e absorção da energia radiante.

Em termos de balanço global à radiação solar, o fluxo de energia que atinge a atmosfera terrestre é quase constante. A variação deste fluxo está relacionada com a distância da Terra ao Sol ao longo do ano, estando o nosso planeta mais próximo do Sol no solstício de Inverno e mais afastado no solstício de Verão.

Como consequência da radiação solar, é determinado que cada m^2 da parte exterior da atmosfera terrestre, recebe uma energia equivalente a 1350 W/m^2 (constante Solar)²⁶. Esta energia não chega na sua totalidade à superfície terrestre como consequência das distintas absorções e reflexões que sofre durante a passagem pela atmosfera, conforme referido anteriormente. O valor médio da radiação solar em forma de energia, que a superfície terrestre recebe, anda em torno dos 1000 W/m^2 .

26 Constante Solar – Energia Radiante que incide sobre um plano fictício, perpendicular ao eixo Sol-Terra, antes de entrar na atmosfera terrestre

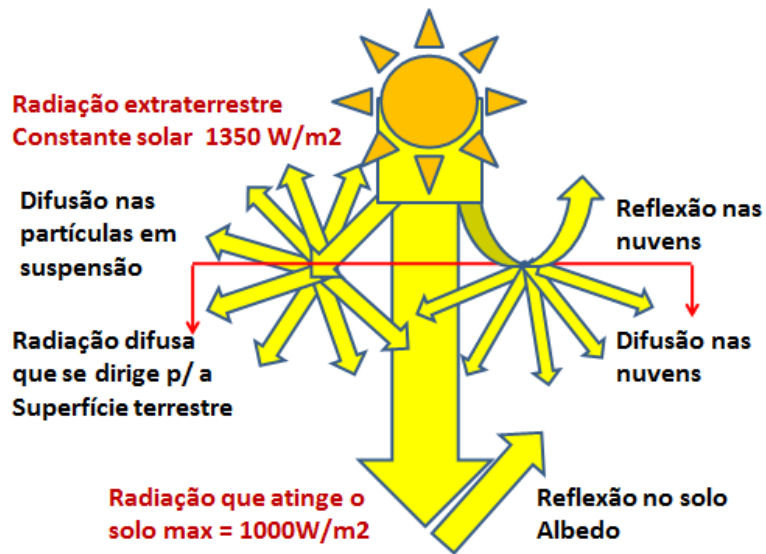


Figura 10 – Radiação solar

Ao nível da quantidade de radiação global que chega à Terra, esta depende do ângulo de incidência do sol e portanto varia com a localização, época do ano e hora do dia.

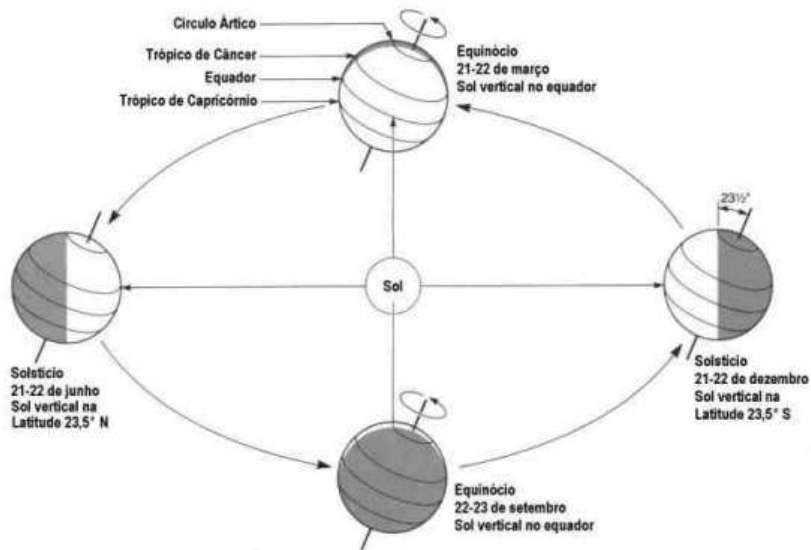


Figura 11 – Trajectória do sol

A posição do sol, ao meio-dia, varia para os diferentes meses do ano, a altura máxima ocorre no solstício de verão. Ao longo do ano o percurso dos raios solares também varia, sendo maior no Inverno do que no Verão.

O nível de radiação global conseguido numa superfície é o factor mais importante no que toca ao potencial de aproveitamento da energia solar e este, como se percebe na figura seguinte é fortemente influenciado pela latitude do local.

A figura seguinte mostra o valor médio anual desta radiação solar global na Europa para uma orientação e inclinação óptimas da superfície de captação. Pode observar-se que Portugal é um dos Países da Europa que apresenta maior nível de radiação solar.

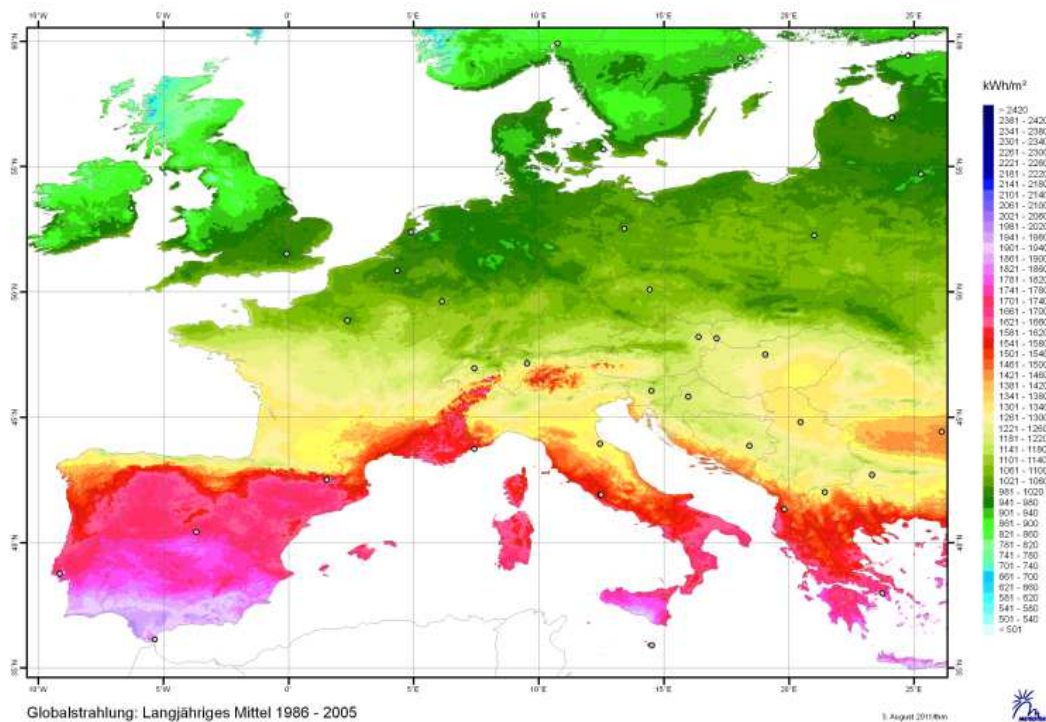


Figura 12 – Mapa Europeu com a incidência da radiação solar

A nível do país existe diferentes valores de radiação, obtendo-se os valores mais elevados na zona sul.

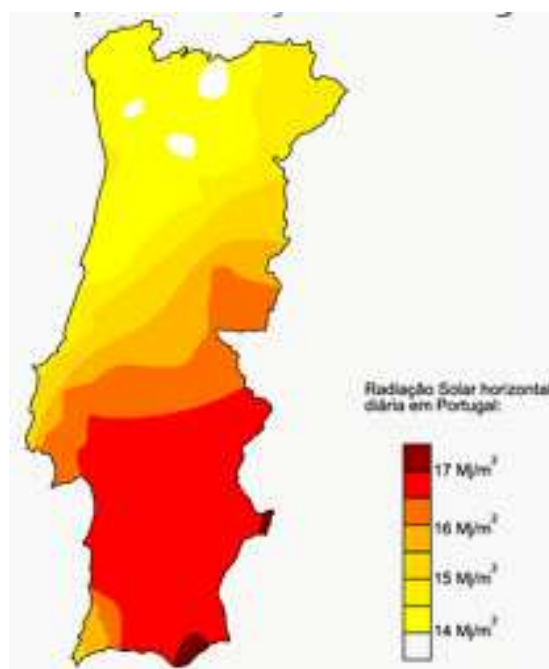


Figura 13 - Mapa de Portugal com a incidência da radiação solar

Outro valor também de elevada importância para o dimensionamento de sistemas solares é o número de horas de insolação. Ao longo do país, esta grandeza varia entre as 1800 e as 3100 horas por ano.

A energia solar consiste no aproveitamento da radiação solar emitida pelo sol, que por sua vez chega à terra.

A designação de Energia Solar é atribuída a qualquer tipo de captação de energia térmica e ou luminosa, onde a transformação dessa energia captada, é de alguma forma utilizável, quer seja directamente para aquecimento de água, energia eléctrica ou energia térmica.

A energia solar recebida na superfície terrestre pode ser utilizada de forma directa ou transformar-se noutra forma de energia.

A crise energética tem incentivado a procura de energias alternativas capazes de substituir as energias que se obtêm através dos combustíveis fósseis. As energias renováveis assumem especial importância, principalmente as que se baseiam no aproveitamento da energia solar, cuja tecnologia está suficientemente madura para que o seu uso seja rentável.

A energia Solar é abundante e gratuita e constitui uma alternativa a ter em conta.

3.2 - Sistemas de utilização de energia solar

Para aproveitar a energia solar, utilizam-se sistemas normalmente definidos como passivos ou activos.

Os sistemas passivos são aqueles que recorrem a meios e disposições perfeitamente integrados nos edifícios e que não necessitam de fontes de energia externas para o seu funcionamento como é o exemplo, das estufas, clarabóias, paredes de trombe, etc.

Os sistemas activos são aqueles que recorrem a verdadeiros técnicos de suporte, com meios para captar, converter, transportar e utilizar a energia solar, são na prática os sistemas de colectores fotovoltaicos e térmicos.

Os colectores fotovoltaicos transformam directamente a energia solar em energia eléctrica.

Os colectores térmicos transformam a energia solar em calor, que pode ser utilizado, por exemplo, para activar turbinas de centrais eléctricas especiais ou ainda para produzir água quente sanitária e aquecer ambientes.

3.3 - Energia Solar térmica

Os sistemas de energia solar térmica aproveitam a radiação solar para o aquecimento de água através de um princípio de funcionamento muito simples, qualquer objecto exposto à influência directa do Sol recebe calor e aumenta de temperatura, isto é um dos resultados imediatos da absorção da radiação.

Existem dois tipos de sistemas que usam este princípio onde esse calor pode ser aproveitado: o solar térmico para produção de electricidade e o solar térmico para aquecimento de fluidos. No entanto, a energia solar térmica tem como principal aplicação o aquecimento de um fluido, sendo este fluido depois utilizado para aquecer um outro fluido, normalmente água.

Um dos sistemas mais comuns, na obtenção de energia solar térmica através de energia solar é o aproveitamento para a produção de água quente sanitária ou apoio ao aquecimento central, através da instalação de colectores solares em habitações ou edifícios.

Existem também soluções para arrefecimento do ar baseadas sistemas solares. Tratam-se, contudo, de sistemas um pouco mais complexos e muito pouco usuais, devido ao elevado preço.

A radiação incide sobre uma cobertura de vidro que compõe a parte superior de um dispositivo colector – designado por painel ou colector solar – penetrando em grande parte no seu interior, nomeadamente na placa absorvora e transferindo o calor, assim concentrado, para um fluido térmico que circula em tubagens integradas nessa placa.

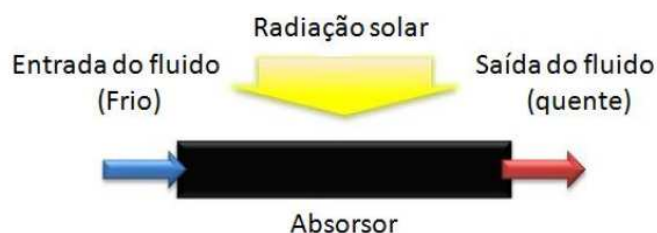


Figura 14 – Funcionamento do colector solar

O calor aproveitado é transportado através de um circuito (primário), em tubo isolado, para um depósito de acumulação, transferindo o calor para o fluido que se pretende aquecer (habitualmente água), através do permutador de calor.

Alguns princípios para a optimização do aproveitamento solar

De uma forma geral os equipamentos solares não garantem a totalidade das necessidades de consumo energético, sendo por isso necessário o apoio de um equipamento dito convencional (caldeira, resistência eléctrica ou bomba de calor).

Para um bom aproveitamento da energia solar, as instalações solares devem respeitar alguns princípios básicos, que são, fundamentalmente a máxima captação possível de energia solar e a prioridade do seu uso face à energia de apoio, a qual deve intervir apenas quando o aquecimento por via natural é insuficiente.

A melhor exposição de um colector solar fixo é orientado a Sul. A sua inclinação deve ser escolhida de forma a maximizar a energia absorvida.

Os colectores solares devem ser instalados em superfícies que permitam uma boa insolação.

Para obter uma boa insolação, são três os aspectos a considerar:

- Angulo de inclinação dos colectores
- O angulo de orientação dos colectores (Azimute)
- Formação de possíveis sombras

A inclinação do colector em relação ao plano horizontal deve ser escolhida de modo a maximizar o aproveitamento energético anual, caso seja esse o tipo de utilização do sistema solar. Nesse caso, a inclinação do colector, deve ser a latitude do local menos 5°.

Por exemplo, para a produção de AQS (Água Quente Sanitária), de uma habitação em Lisboa, latitude 38°, os colectores devem ter uma inclinação de 33°. Mas se estivermos perante um sistema solar para utilização apenas numa altura específica do ano, Verão ou Inverno, não se deve adoptar a regra anterior. A tabela seguinte, apresenta algumas das diferentes utilizações que um sistema solar pode ter e a respectiva inclinação a dar ao colector.

Tipos de Utilização	Inclinação β
Verão (casas de férias, hotéis de praia, piscinas descobertas, etc.)	Latitude -15
Inverno (aquecimento ambiente, casas de montanha, etc.)	Latitude +15
Anual (produção de águas sanitárias, etc.)	Latitude -5

Tabela 5 – Tipo de utilização e respectiva Inclinação

Para que os colectores estejam “virados” ao sol o maior número de horas possível e durante o período do dia em que a potência irradiada pelo sol é máxima, devem ser orientados para sul geográfico, que actualmente para Portugal, coincide praticamente com o sul magnético.

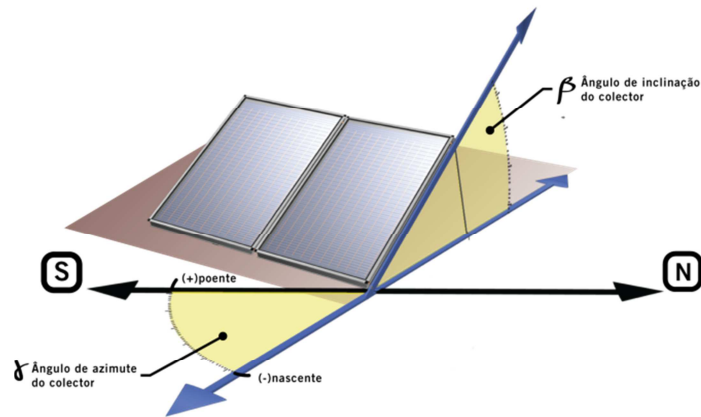


Figura 15 - Ângulo de inclinação e azimute dos colectores

Outro factor muito importante para o correcto dimensionamento de sistemas solares é o conhecimento da exacta localização do Sol. A localização do Sol pode ser determinada a qualquer momento em qualquer local, pela sua altura e azimute. Em termos de energia solar, o sul é referido geralmente como azimute 0°.

A inclinação e orientação da superfície, para uma determinada latitude e diferentes ângulos de incidência solar, tem como consequência a variação destes valores e faz com que exista o máximo de energia produzida. O ângulo de inclinação óptimo, para meses de inverno (menor radiação) é maior que no verão devido à menor altura solar.



Figura 16 - Ângulos solares externos

Na figura seguinte são mostrados os valores médios de radiação solar global anual medidos para Lisboa para qualquer inclinação e orientação. Os valores de radiação global anual são dados em kWh/m².

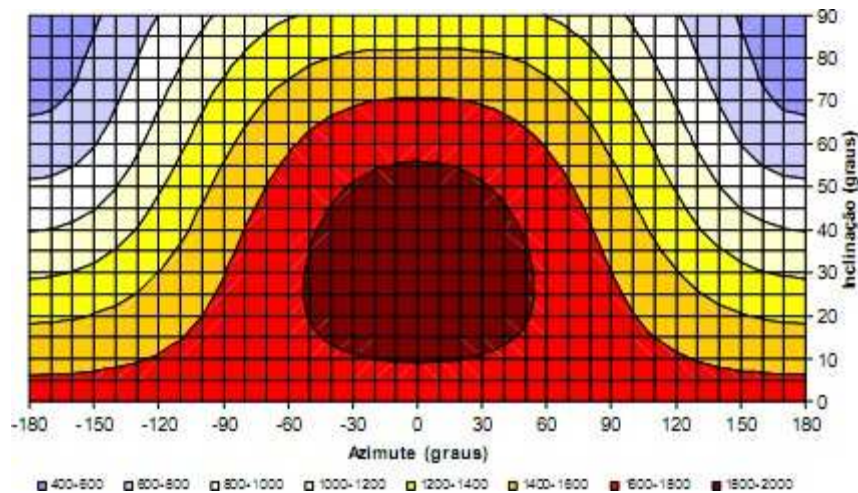


Figura 17 - Radiação solar global para diferentes orientações do coletor solar

Assim sendo, uma correcta orientação das superfícies é importante para maximizar a energia solar captada pelos sistemas. Esta orientação óptima depende em primeiro lugar da posição geográfica, mas também do clima, dos sombreamentos e até do perfil diário de carga (seja ela carga térmica em sistemas solares térmicos ou carga eléctrica em sistemas fotovoltaicos

autónomos). Uma pré-optimização pode ser obtida maximizando a energia solar incidente anual. No entanto um dimensionamento final deve ser feito usando simulações energéticas detalhadas do sistema e outros constrangimentos de cada situação em concreto.

A existência ou não de sombras provocadas por obstáculos e a sua duração no tempo pode ser determinada com a ajuda de diagramas solares, capazes de fornecer a posição do sol relativamente a cada dia do ano e cada hora do dia.

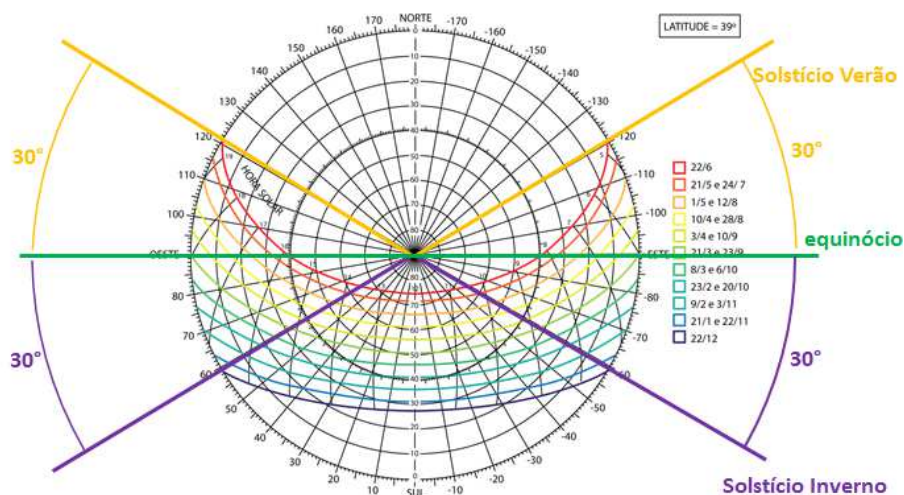


Figura 18 - As trajetórias do sol e as sombras

Entre as sombras induzidas pelo ambiente circundante, devem considerar-se também aquelas que os colectores possam projectar sobre si próprios, quando estão dispostos em filas.

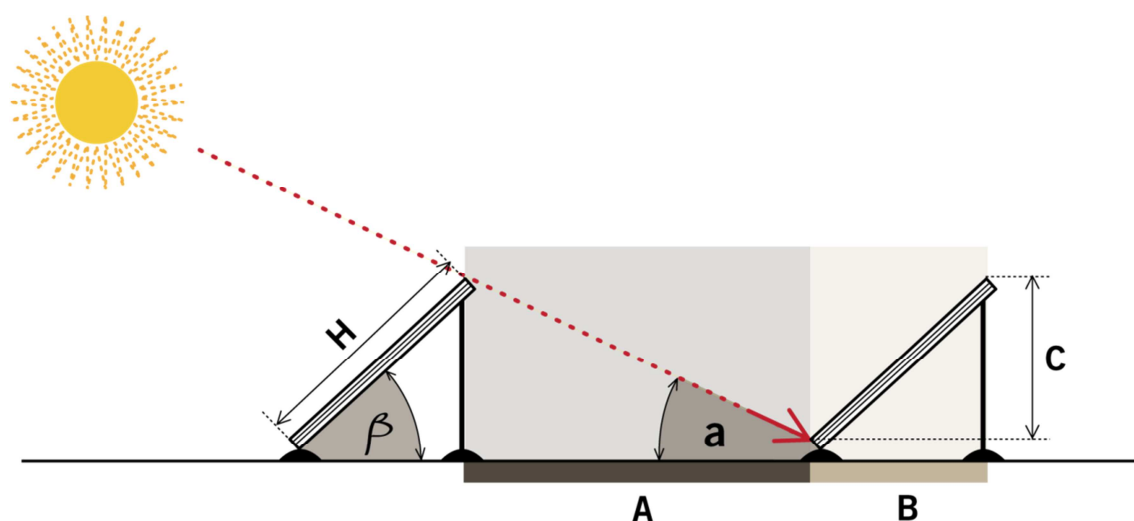


Figura 19 – Distancia entre baterias de colectores

$a = 25^\circ$ (max. 30°)

β	25°	30°	35°	40°	45°
A (m)	1,81	2,14	2,46	2,76	3,03
B (m)	1,81	1,73	1,64	1,53	1,41
A+B (m)	3,62	3,87	4,10	4,29	4,44

Tabela 6 - Exemplo de distâncias com base num coletor com $H=2$ m, localizado na latitude 37°

Componentes de uma instalação solar térmica

Numa instalação solar térmica, os seus componentes podem agrupar-se de acordo com a sua função, dando origem a diferentes elementos, designados por:

- Captação – elemento de recolha da radiação solar, coletor solar
- Acumulação – armazenamento de energia, depósito acumulador
- Circulação/Distribuição – transporte de energia através de tubagens, válvulas bombas e isolamento térmico.
- Controlo – elemento de optimização e segurança do sistema solar, controlador solar

3.3.1 - Colector Solar

De todos os elementos, o que distingue a instalação solar de qualquer outro tipo de instalação de produção de água quente é o sistema de captação. Este sistema de captação é denominado de colector solar.

Os colectores solares são o coração de um sistema de aquecimento solar, sendo utilizados para absorver e converter a maior quantidade de radiação solar disponível em calor e transferir esse calor com o mínimo de perdas para o resto do sistema.

O colector solar deverá possuir uma superfície que tenha uma elevada absorvidade para maximizar a captação de energia radiante incidente, ser isolado termicamente de forma a reduzir as perdas por convecção e condução e possuir baixa emissividade.

Existem vários tipos de colectores solares térmicos, nomeadamente:

- Colectores planos – são constituídos por um absorsor metálico, um vidro, isolamento e uma caixa como invólucro. Possuem um bom rendimento e custos relativamente baixos, por estes motivos são os mais utilizados nas instalações domésticas e média dimensão para produção de água quente sanitária a temperaturas na ordem dos 60°C.



Figura 20 – Colectores planos instalados em telhado

- **Colectores de plástico** – são constituídos por um absorsor fabricado em material plástico. Por falta de cobertura não conseguem normalmente superar os 40 °C – 45 °C. São, na prática, bastante utilizados no aquecimento de piscinas, com excelente rendimento (a água da piscina passa directamente no seu interior). São fáceis de instalar, mais baratos e rapidamente amortizáveis.



Figura 21 – Colector plástico em corte



Figura 22 – Bateria de colectores de plástico

- **Colectores de tubo de vácuo** – são constituídos por uma série de tubos de vidro sob vácuo, no interior dos quais estão colocadas absorsores em tiras. Podem produzir água quente até uma temperatura de 115°C – 120 °C, normalmente necessárias em utilizações no sector industrial, alimentar ou agrícola. O seu custo é geralmente elevado, sendo esta a principal desvantagem destes colectores.



Figura 23 – Colector de tubos de Vácuo

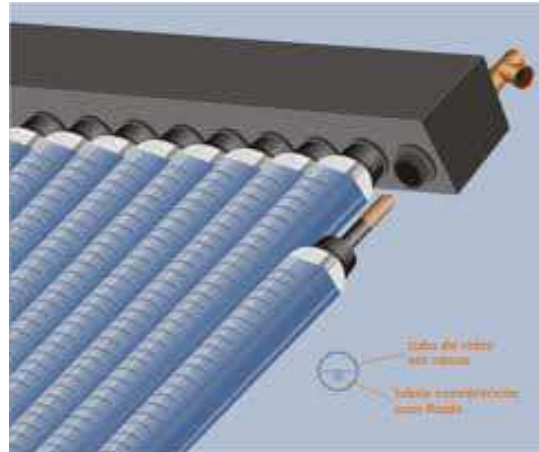


Figura 24 – Pormenor tubo Vácuo

- **Colectores Concentradores Cilindro-Parabólicos de alta Temperatura (PTC – Parabolic Trough Collector)** - possuem como o nome indica, uma superfície do tipo parabólico que concentra os raios solares para a zona de captação da energia radiante, permitindo desta forma obter temperaturas que podem ultrapassar os 250 °C – 300 °C. São utilizados essencialmente em centrais para produção de energia eléctrica, industria (Vapor) ou em instalações de grande dimensão, acima de 250 KW de necessidades de climatização, conhecido como “frio solar”.



Figura 25 – Colector Cilindro-parabólico



Figura 26 - Colector Cilindro-parabólico

- **Colectores concentradores parabólicos CPC (Compound Parabolic Concentrator)** – Combinam as propriedades dos colectores planos, são montados em estruturas fixas, têm um grande “ângulo de visão”, o que lhes permite a captação da radiação difusa e têm a

capacidade de produzir temperaturas mais elevadas, superiores 70°C. A diferença fundamental entre estes colectores e os planos é a geometria da superfície de absorção, que no caso dos CPC's é constituída por uma grelha de alhetas em forma de acento circunflexo, colocadas por cima de uma superfície reflectora. A captação solar realiza-se nas duas faces das alhetas já que o sol incide directamente na sua parte superior e os raios que são reflectidos incidem parte inferior, aumentando assim ainda mais a temperatura do fluido e diminuindo as perdas térmicas.



Figura 27 – Bateria colectores CPC

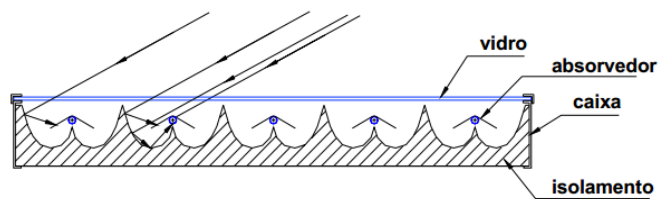


Figura 28 – Pormenor de colector CPC

- **Colector de ar quente** – São constituídos por uma caixa com superfície superior transparente (vidro ou plástico), uma placa absorvedor e isolamento térmico. Têm baixo custo e elevado rendimento, sendo utilizados para aquecer o ar ambiente e na secagem produtos agrícolas.

A escolha do tipo de colector depende de vários factores, sendo de referir, entre outros, do tipo de aplicação, do nível de temperatura pretendida, de limitações económicas e das características geográficas ou climatéricas de cada zona. Na figura seguinte apresentam-se curvas de rendimento que mostram as diferenças entre o colector plano, tubos de vácuo e o colector de plástico (sem cobertura).

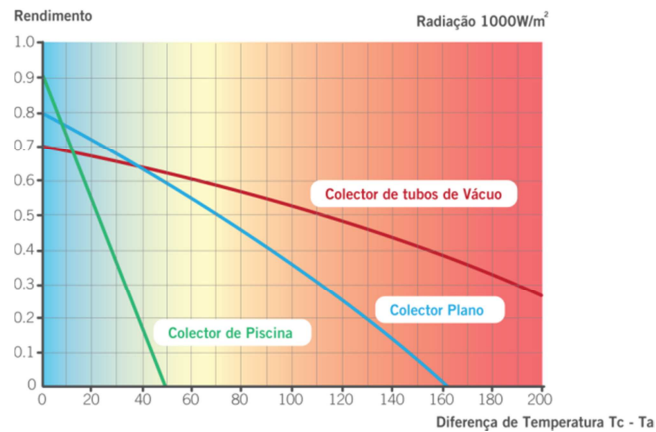


Figura 29 - Curvas de rendimento de colectores solares

Para a gama de temperaturas de utilização de AQS, ou seja na ordem dos 60°C, o colector plano tem um excelente rendimento face aos tubos de vácuo, uma vez que o diferencial de rendimento é mínimo. O colector de vácuo destaca-se quando são exigidas temperaturas mais elevadas, justificando assim a diferença de preço face ao colector plano. Já nas temperaturas mais baixas, ou seja na ordem dos 25°C – 30 °C, para o aquecimento de piscinas, o colector de plástico (sem cobertura), será o mais adequado, considerando também o seu baixo custo:

Na tabela seguinte apresenta-se um resumo das principais vantagens e desvantagens para quatro tipos de colector: plano, tubos de vácuo, concentrador cilindro parabólico e CPC.

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Colector Plano	<ul style="list-style-type: none"> - Mais económico; - Montagem fácil; - Boa relação investimento/rendimento; 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor eficiência que os colectores CPC ou vácuo; - Atinge elevada temperaturas; - Exige mais área de implantação;
Colectores tubo vácuo	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada temperatura de funcionamento; 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevadas temperaturas de estagnação; - Preço elevado;
Colector concentrador	<ul style="list-style-type: none"> - Elevadas temperaturas; 	<ul style="list-style-type: none"> - Orientação perpendicular aos raios solares para maior captação do sol;
Colector CPC	<ul style="list-style-type: none"> - Grande rendimento; - Boa eficiência com baixa radiação; - Elevadas temperaturas; 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo muito elevado;

Tabela 7 – Vantagens de desvantagens dos colectores

O colector plano terá um destaque maior neste trabalho, visto tratar-se da solução correntemente mais utilizada.

3.3.2 - Colector solar Plano

De uma forma simplificada, um colector solar plano é composto pela cobertura transparente, a placa absorsora e uma caixa isolada para evitar perdas de calor. Em contacto com a placa absorsora encontra-se uma serpentina ou “grelha” de tubos pelos quais circula um fluido térmico.

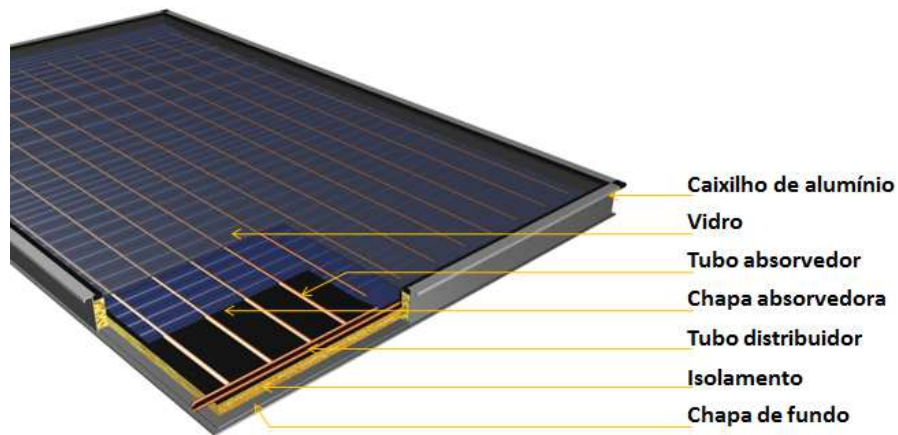


Figura 30 – Constituição de coletor plano

Cada componente que faz parte da constituição geral de um coletor solar, possui uma função específica e importante, para o desempenho do coletor solar.

1. A moldura (caixilho e chapa de fundo) serve de protecção do coletor contra ventos e chuvas, e de suporte aos restantes elementos que fazem parte da constituição do coletor, termicamente isolada para reduzir as perdas de calor para o exterior. O material que constitui a caixa pode ser alumínio, aço, plástico ou madeira envernizada.
2. A cobertura transparente (vidro) tem como função a absorção de radiação. Desta forma assegura-se o efeito de estufa no interior do coletor. Este vidro tem que garantir um bom isolamento e fornecer alguma resistência mecânica e térmica, deve possuir uma elevada transmissividade e consequentemente uma baixa reflectividade.
3. A superfície absorvedora (chapa absorvedora) tem a tarefa de melhorar o rendimento do coletor, serve para captar a radiação solar e transforma-la em calor, transmitindo-a para o fluido térmico (normalmente uma mistura de água e anticongelante), que circula por uma série de tubos em paralelo ou serpentina. Para obter maiores rendimentos existem superfícies selectivas que absorvem como um corpo negro mas perdem (emitem) menos radiação, ou seja, o absorvedor deve estar optimizado para ter a maior absorvidade possível e menor emissividade possível.

4. Os tubos de circulação do fluido (tubo absorvedor e distribuidor) servem para transportar a energia captada pela placa absorvedora até ao sistema de circulação do fluido térmico. A tubagem mais utilizada nos absorvedores é o cobre, dado que o material é muito bom condutor de calor.
5. O isolamento tem como função reduzir as perdas de térmicas em geral e deve poder suportar temperaturas elevadas, uma vez que o colector, quando o sistema não está a funcionar, pode atingir temperaturas superiores a 150°C. Os isolamentos mais utilizados são a lã de rocha cujas propriedades mecânicas e térmicas não sofrem alterações quando sujeitas a altas temperaturas.

Embora existam diversas soluções construtivas, num colector solar existe sempre um absorvedor e um fluido circulante. Para análise do seu desempenho são definidos diversos parâmetros, nomeadamente o rendimento do colector, rendimento óptico, factores de perdas (linear e quadrático) e temperatura de estagnação.

Rendimento do colector depende de vários elementos, como do vidro da cobertura, do tipo de isolamento e do percurso do fluido do painel, mas depende sobretudo das propriedades da superfície absorvedora, isto é, o tipo de revestimento desta superfície.

O tipo de absorvedor utilizado varia consoante o fabricante podendo ser em chapa de tubos prensados ou de tubos soldados, sendo este último o mais comum. No caso dos tubos soldados, podem ser em serpentina, um só tubo (single meander) ou em harpa (conjunto de tubos paralelos), sendo a soldadura efectuada na maioria das vezes através de tecnologia laser ou ultra-sons. Os revestimentos com melhores características ópticas são revestimentos que conseguem uma absorção de 95% e, ao mesmo tempo, uma baixa emissão, não superior a 5%, conhecidos por absorvedores selectivos de alto rendimento. Existem no mercado absorvedores com valores de absorvidade inferiores e de emissividade superiores aos absorvedores selectivos, ou seja com características radiactivas inferiores, sendo geralmente denominados por absorvedores não selectivos. Na figura seguinte apresenta-se um esquema demonstrativo das diferenças entre estes dois tipos de absorvedor.

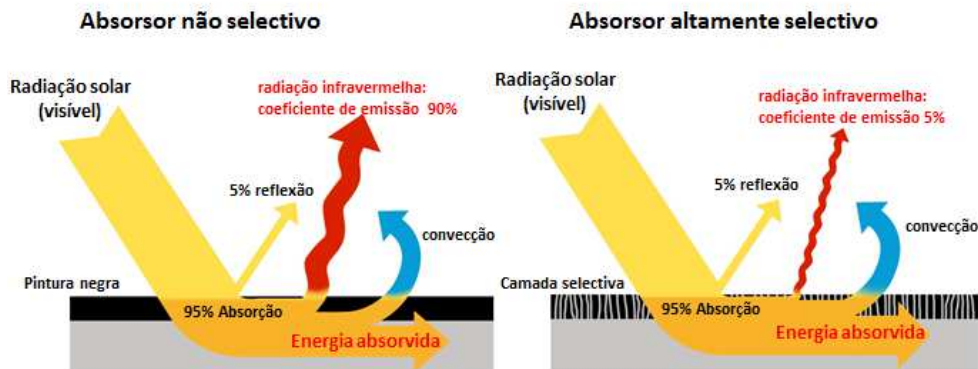


Figura 31 - Selectividade dos absorvedores

Importa referir que, num sistema solar térmico, apenas parte da energia disponível vai ser transferida para o fluido. Este processo está dependente do rendimento do colector, considerando-se este como o quociente entre a energia recebida e a energia disponível. Consequentemente, quanto maior o rendimento, maior será a energia disponível. No entanto, nem toda a radiação que incide sobre um corpo é directamente convertida em calor, uma vez que parte da radiação não chega a interagir com o colector. A radiação ao incidir no colector, dependendo do angulo de incidência, é mais ou menos, reflectida de novo para a atmosfera. A figura seguinte representa os vários tipos de perdas que existem num colector solar:

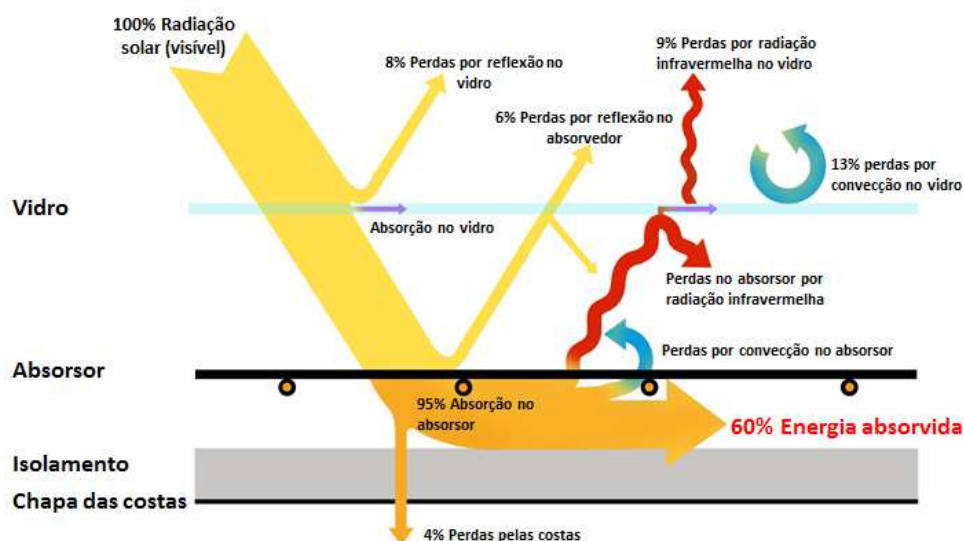


Figura 32 - Colector Plano – Fluxos de energia

Existem diversos tipos de colectores, cada um com o seu próprio design, apresentando custos e performances específicos, no entanto, no que respeita às dimensões, é necessário distinguir os diferentes tipos de áreas de superfície que os caracterizam.

Assim, na descrição da geometria de um coletor plano são consideradas as seguintes áreas:

- **Área Bruta** - a dimensão total (superfície bruta) do coletor que corresponde às dimensões exteriores e define, por exemplo, a quantidade mínima de superfície de telhado necessária para a instalação;
- **Área de Abertura** - a área da superfície de abertura que corresponde à área através da qual a radiação solar passa para o coletor;
- **Área de absorção** - a área de captação que corresponde à área da superfície da placa absorvedora

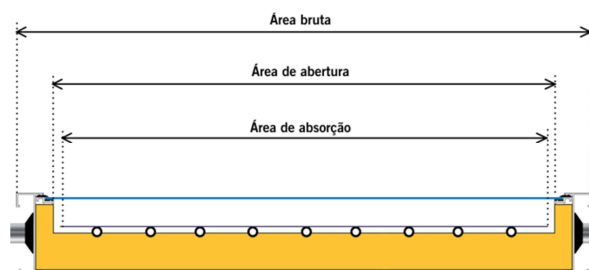


Figura 33 – Tipos de áreas

3.3.3 - Tipos de instalação dos colectores solares

Normalmente os telhados são o local privilegiado para a instalação dos sistemas solares térmicos, no entanto podem ser instalados noutros locais, podendo fazer parte da própria cobertura ou mesmo da fachada. As várias possibilidades são as seguintes:

- Integrados num telhado inclinado;
- Montados num telhado inclinado;
- Colocados em suportes num telhado plano ou numa superfície livre;
- Montados numa fachada;



Figura 34 – Telhado inclinado



Figura 35 – Integrado no telhado



Figura 36 – Terraço plano



Figura 37 - Fachada

3.3.4 - Certificação dos colectores

Para que os colectores solares térmicos possam ser comercializados em Portugal, têm de estar certificados com base na norma europeia denominada Solar Keymark.

O Solar Keymark é um esquema de certificação europeu que reconhece laboratórios acreditados e no qual participam também as entidades certificadoras. Quem certifica são as entidades certificadoras, com base em ensaios realizados, de acordo com as normas europeias aplicáveis, por laboratórios acreditados reconhecidos pelo Solar Keymark.



Figura 38 – Símbolo da entidade certificadora europeu

Actualmente, em Portugal apenas existe um laboratório acreditado para efectuar os ensaios, que é o Laboratório de Ensaio de Colectores Solares (LECS) do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG, ex-INETI e ex-INEGI). A nível nacional, a entidade certificadora é a CERTIF – Associação para a Certificação de Produtos.



Figura 39 – Símbolo da entidade certificadora nacional

A certificação dos sistemas solares térmicos possibilita uma maior credibilidade e uma maior garantia na qualidade dos produtos, visto que os produtos certificados passam por ensaios normalizados para assim obterem aprovação.

A certificação é composta por normas de requisitos do produto e normas de ensaio. Para colectores solares existem as normas EN 12975-1:2007 e a EN 12975-2:2007. No que se refere aos sistemas solares tipo “kit” (todos os acessórios incluídos), onde estão incluídos os sistemas termossifão, as normas são às EN 12976-1:2007 e EN 12976-2:2007.

3.3.5 - Depósitos Acumuladores

Como normalmente as necessidades de consumo não coincidem com o momento em que a energia solar se encontra disponível, existe a necessidade de recurso a acumuladores, geralmente de água quente, para armazenar a energia captada pelo sistema solar durante as horas de sol, de modo a que esta possa estar disponível em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades.

O depósito acumulador é um elemento fundamental do sistema solar térmico, uma vez que ajusta o desfasamento de tempo entre a oferta e a procura. As suas características mais importantes são a resistência mecânica, a durabilidade e o nível de isolamento térmico.

Quanto menor for o coeficiente de perdas térmicas de um acumulador, melhor será o seu desempenho em termos de poupança de energia.

Os depósitos acumuladores podem ser agrupados segundo o material em que são construídos e seu revestimento interno, a posição de instalação (vertical ou horizontal) e ainda segundo o permutador de calor.

3.3.6 - Tipos de depósitos acumuladores

Relativamente à posição, conforme referido anteriormente, os depósitos de acumulação podem ser adequados à instalação na horizontal, ou na vertical. Os depósitos acumuladores horizontais não facilitam a estratificação²⁷ da água, no seu interior. É uma solução de baixo custo, de fácil montagem e caso o depósito tenha de ficar no exterior do edifício, tem pouco impacto visual. São normalmente usados em sistemas termossifão, uma vez que se encontram acoplados ao colector e instalados no telhado.

Os depósitos acumuladores mais eficazes são os verticais, pois permitem uma maior estratificação, encontrando-se a água mais quente na parte superior devido a ser menos densa, e a água mais fria na base. A entrada de água fria pode alterar essa estratificação devido à pressão de chegada, devendo existir uma placa deflectora nessa mesma entrada, não permitindo que por turbulência destrua a estratificação térmica (apesar da estratificação não ser tão importante nos depósitos horizontais, a placa deflectora deverá também aqui existir).

A estratificação de temperaturas é uma característica importante nos depósitos de acumulação de água quente, principalmente nas instalações solares, uma vez que influenciam o desempenho e contribuem para aumentar a eficiência de todo o sistema. Podemos melhorar a estratificação reduzindo o caudal de circulação do fluido térmico e através de um adequado dimensionamento das tubagens das entradas e saídas do depósito

²⁷ Estratificação - É um fenómeno da física que faz com que a água quente (menos densa) vá para a parte superior do depósito e a água mais fria (mais densa) fique na parte inferior.

(em particular nos depósitos de acumulação de energia/depósitos de inércia). O fluido térmico que volta aos colectores deve ser retirado da parte de baixo do depósito acumulador, onde a temperatura é mais fria, o que melhora a eficiência do colector e aumenta o rendimento da instalação solar térmica, fazendo em simultâneo decrescer as necessidades de aquecimento auxiliar.

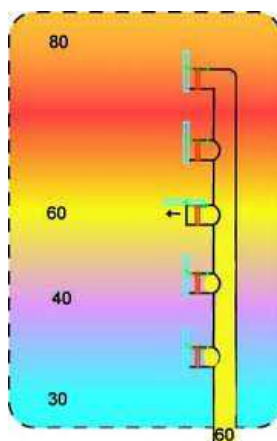


Figura 40 – Esquema da estratificação da temperatura da água

Os materiais dos depósitos acumuladores mais utilizados são:

1. Aço inoxidável – para AQS ou Inercia térmica
2. Aço esmaltado vitrificado²⁸ – para AQS
3. Aço com revestimentos plásticos (resinas epoxi²⁹) – para AQS ou inercia térmica
4. Cobre – para AQS
5. Aço negro – para inercia térmica, sem revestimento interno

²⁸ Esmaltado Vitrificado – Tratamento para o interior dos depósitos acumuladores AQS, composto de vidro e metal, que depois de aplicado é sujeito a uma cozedura, geralmente entre os 750 e 850 °C (1382 e 1562°F). O Esmalte vitrificado tem excelentes propriedades: quimicamente resistente, longa duração, resistente a riscos, solida, lisa, cor de longa duração, fácil de limpar e se exposto aos UV não perde propriedades.

²⁹ Resinas epóxi – é um plástico termofixo que endurece quando se mistura com um agente catalisador ou endurecedor, limitado normalmente por uma temperatura máxima de 70°C.

Os depósitos de aço inoxidável são normalmente os mais leves, sensíveis a águas com cloro e mais caros que os de aço esmaltado vitrificado. Os depósitos esmaltados têm de ser equipados com um ânodo de magnésio para protecção contra a corrosão (uma vez acompanhados da devida manutenção ao ânodo de magnésio, têm normalmente uma longa duração). Os depósitos de cobre são neste momento os menos utilizados, devido aos sucessivos aumentos da matéria-prima (cobre), o que os torna muito caros. Os de aço com revestimento de plásticos, são os mais baratos mas apresentam frequentemente problemas de fiabilidade à corrosão. Normalmente este tipo de revestimento é aplicado em depósitos acumuladores de grandes dimensões, acima de 3000 litros. Os de aço negro, não têm qualquer tipo de revestimento interior, uma vez que se destinam apenas a inércia térmica, utilizando-se para tal fluídos térmicos com aditivos anti corrosão. Nestes casos, a água (de consumo) circula no interior dos depósitos em circuito fechado.

Dependendo do tipo de sistema que pretendemos utilizar, assim devemos seleccionar o depósito acumulador e respectivo material com que estes são revestidos no seu interior. Por exemplo, se vamos utilizar um sistema onde produzamos AQS de forma instantânea, através de um permutador de placas, o depósito a utilizar pode ser um de aço negro, mais barato, porque não precisa de revestimento para água de consumo.

Os depósitos de acumulação podem possuir ou não permutadores de calor no seu interior, sendo o seu número função da concepção do sistema. Quando estes têm permutadores, o normal e os mais usuais para AQS são os de 1 ou 2 permutadores, sendo que os de 3 permutadores, normalmente destinam-se a servir para aquecimento e AQS.

Os permutadores são equipamentos destinados a transferir o calor captado pelos colectores para o fluido a consumir, podendo ser internos ou externos. Os externos, em placas, são mais utilizados para grandes consumos, e os internos para pequenos e médios consumos.

Segundo o tipo de permutadores podemos classificar os depósitos acumuladores da seguinte forma:

1. Depósitos acumuladores com permutador de camisa
2. Depósitos acumuladores com permutador de serpentina
3. Depósitos acumuladores combinados
4. Depósitos acumuladores sem permutador interno

Em termos de funcionamento, os mais simples, são os depósitos acumuladores com permutador de camisa, os quais possuem na sua superfície lateral uma câmara onde circula a água aquecida pelos colectores solares. São utilizados sobretudo em instalações de pequenas dimensões. Este tipo de permutador é muito comum nos sistemas termosifão quando o acumulador é horizontal.

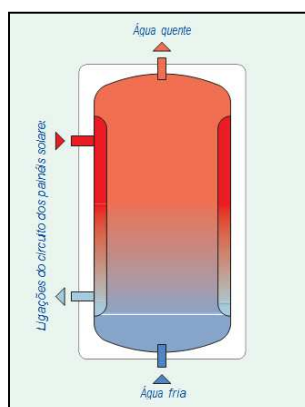


Figura 41 – Deposito com permutador camisa

Os **depósitos acumuladores com permutador de serpentina**, podem ser de serpentina simples ou dupla. Nas serpentinas simples e duplas, a que se encontra na parte inferior recebe o calor proveniente dos colectores, enquanto nos de serpentina dupla a da parte superior pode ser ligada a uma caldeira ou bomba de calor de apoio. Os acumuladores de

serpentinas têm uma boa eficiência, sendo utilizados tanto em instalações pequenas como de média dimensão.

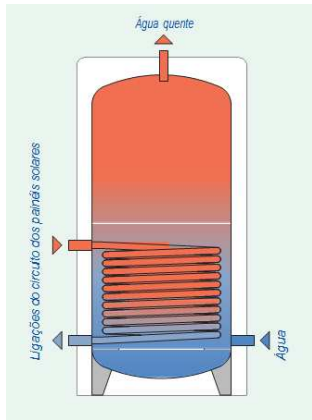


Figura 42 – Depósito com 1 permutador serpentina

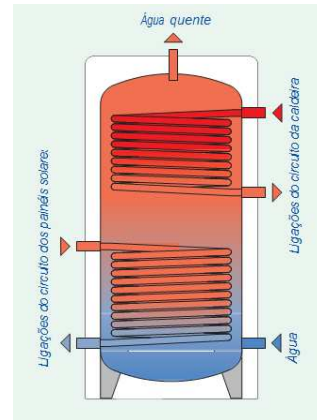


Figura 43 - Depósito com 2 permutadores serpentina

Existem ainda os **depósitos acumuladores combinados**. Trata-se de um tanque dentro de outro tanque, também chamados “*tank in tank*”.. Os acumuladores combinados, são usados em instalações solares combinadas, isto é, desempenham duas funções, a de produção de águas quentes sanitárias e a de aquecimento ambiente. A parte externa destina-se ao aquecimento, contendo água quente, e a zona mais interna produz água quente para as necessidades sanitárias. Os depósitos “*tank in tank*” tornam mais fácil e simples a realização das instalações solares combinadas, já que permitem ligar directamente ao depósito todos os circuitos, a saber:

- O circuito solar,
- O circuito de integração do calor da caldeira,
- O circuito da instalação de aquecimento,
- O circuito da água quente sanitária.

Estes depósitos são utilizados sobretudo em instalações de pequenas e médias dimensões.

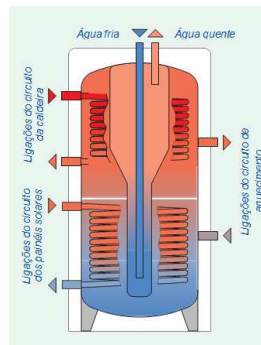


Figura 44 – Depósito combinado (tank in tank)

Por último, os depósitos acumuladores sem serpentina, são os mais simples, normalmente utilizados em instalações de grandes dimensões. Nestes casos a permuta de calor com o líquido proveniente dos colectores solares é efectuada com permutadores externos de placas ou tubulares.

Os permutadores de placas são mais compactos. Os tubulares, como possuem secções de passagem mais amplas, estão menos expostos aos perigos de “bloqueio” devido a incrustações e depósitos de sujidade.

Relativamente aos permutadores de calor internos, a utilização de permutadores externos permitem potências mais elevadas, a possibilidade de servir vários depósitos com um único permutador e uma maior versatilidade na concepção das instalações.

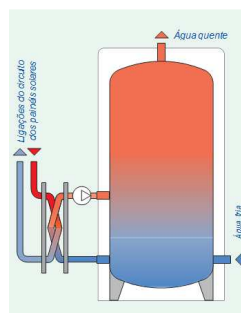


Figura 45 – Depósito de acumulação com permutador de calor externo

Para além do mencionado anteriormente, dentro dos depósitos acumuladores existem bainhas que permitem a colocação de sondas de leitura de temperatura e ou termostatos,

resistência eléctrica e ânodos de magnésio. Estes dois últimos elementos, muito embora desempenhem funções distintas, são de extrema importância.

A resistência eléctrica, é uma opção quando não existe outro tipo de apoio para a manutenção da temperatura da água ou quando o sistema solar não é suficiente, Deverá ser instalada na parte superior do depósito (a cerca de 2/3 da sua altura) e dispor de um dispositivo que permita controlar, ou mesmo impedir o seu funcionamento durante o período diurno, assim como dispor de um termostato para que o seu funcionamento pare quando for atingida a temperatura seleccionada no depósito acumulador.



Figura 46 – Resistência eléctrica

O ânodo de magnésio, surge apenas em depósitos acumuladores de aço esmaltado vitrificados, sendo um componente que tem por missão proteger o depósito acumulador de pequenas fissuras que este acaba por desenvolver, protegendo-o da ferrugem e corrosão. O ânodo é colocado, normalmente no topo do depósito acumulador e é constituído por um suporte interior em aço revestido de magnésio. Pelo processo de electrólise, o magnésio irá corroer antes do aço (a electrólise acontece quando há duas peças de metal interligado dentro de água).



Figura 47 – Ânodo magnésio

3.4 - Circuito Primário (solar)

O circuito primário de uma instalação solar é responsável pelo transporte do calor captado pelos colectores solares até aos depósitos de acumulação, sendo constituído pelos seguintes componentes:

- Tubagens (ida e retorno)
- Isolamento térmico
- Fluido de transferência térmica
- Grupo hidráulico (bomba circuladora, válvula de segurança, válvulas de retenção, válvulas de corte, manómetros, caudalímetro e controlador solar)
- Equipamento e acessórios para o enchimento e esvaziamento da instalação;
- Purgadores de ar;
- Equipamento de segurança – vaso de expansão e válvula de segurança;
- Permutador de calor do circuito solar.

3.4.1 - Tubagens

As tubagens são elementos que permitem a ligação dos colectores para o depósito acumulação, sendo estas necessárias para transportar o fluido térmico entre o colector e o depósito de acumulação.

As tubagens podem ser distinguidas mediante o circuito em que estas serão utilizadas, se no circuito primário se no circuito secundário.

No circuito primário, para o transporte do termofluido entre os colectores e o depósito acumulador, os materiais mais frequentes são o aço inox e o cobre, no entanto o cobre é o material mais utilizado, uma vez que, para além de admitir temperaturas elevadas, é de fácil instalação, resistente à corrosão quer do termofluido quer de agentes externos, fácil de manipular (permitindo fazer curvas o que evita alguns acessórios) e tem baixo coeficiente de dilatação térmica. A utilização de aço inox tem vindo a crescer apresentando boa resistência à corrosão, facilidade de corte e uma vasta gama de acessórios para montagem rápida.

O material mais utilizado no circuito secundário é o plástico (p.ex., polipropileno) com alma em alumínio, designado por “multicapa” ou multicamada”,. Estes são materiais resistentes até temperaturas de 95°C, maleáveis, economicamente de baixo custo. No circuito secundário, em particular quando neste circula AQS, não deve ser utilizar o aço negro uma vez que este sofre oxidações, as quais deterioram a potabilidade da água.

Na tubagem do circuito primário deverão existir duas intercepções (duas tomadas) para que se possa efectuar a ligação ao sistema de enchimento/esvaziamento da instalação solar. Este sistema é constituído por um reservatório (depósito), normalmente em plástico, onde é misturada a água e o anticongelante dando origem ao termofluído, acoplado a uma bomba, sendo normalmente designado por grupo bomba de enchimento. Estas intercepções ao circuito primário são usadas tanto para enchimento como para esvaziamento, operações relativamente frequentes numa instalação solar, realizadas no início/arranque da instalação e em operações de manutenção em que é preciso proceder ao seu esvaziamento, incluindo a troca de termofluído.

Normalmente nos grupos hidráulicos, as duas tomadas já vêm preparadas, o que facilita bastante a sua utilização.

3.4.2 - Isolamento Térmico

O isolamento térmico das tubagens, é um factor muito importante para a diminuição das perdas térmicas e para o melhor rendimento do sistema solar. Para que a eficiência do sistema de aquecimento de águas sanitárias não se perca no transporte e no depósito acumulador, a utilização de isolamento térmico é muito importante, incluindo nos acessórios, válvulas e ligações. O material a ser instalado deve ter uma condutibilidade térmica λ_{ref} inferior 0,040 W/(m.K) a 20°C, conforme a tabela seguinte e de acordo com o Decreto lei nº 79 de 4 Abril de 2006, cópia em anexo da página nº 2432. Quando as tubagens estiverem instaladas no exterior, devemos acrescentar às espessuras de isolamento a utilizar, 10 mm.

ANEXO III

Espessuras mínimas de isolamento

Fluido interior quente

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

Notas

1 — Tubagens e acessórios — os diâmetros indicados são sem isolamento.

2 — As espessuras são válidas para um isolamento com condutibilidade térmica de referência, λ_{ref} , de 0,040 W/(m.K) a 20 °C. Se forem utilizados isolamentos com condutibilidade térmica diferente, a espessura deve ser corrigida na proporção directa do respectivo λ em relação ao valor de referência atrás indicado.

3 — Quando os componentes estiverem instalados no exterior, às espessuras é adicionado como mínimo 20 mm para os fluidos frios nos casos em que $D > 60$ mm, e 10 mm nos restantes casos de fluidos quentes e frios.

Tabela 8 – Espessuras mínimas de isolamento

O isolamento da tubagem que se encontre exposto às condições climatéricas deve ser resistente aos raios UV e deve encontrar-se protegido por uma cobertura metálica.

3.4.3 - Fluido de transferência térmica

O fluido térmico mais adaptado a este tipo de instalações para o transporte de energia, é a água, no entanto na maioria das situações o fluido mais utilizado nas instalações é uma mistura de água com um produto anticongelante, nomeadamente o propileno glicol ou o etilenoglicol. O mais usado é o propileno glicol, por ser biodegradável e não tóxico. O fluido térmico também deverá possuir aditivos que inibam a corrosão e o desgaste.

O uso do produto anticongelante permite garantir que, numa situação em que o colector solar está submetido a temperaturas negativas (para temperaturas do ar exterior próximas ou inferiores a 0º C), o fluido térmico não solidifique (congelamento). Dependendo da localização da instalação o nível de protecção térmica necessária, faz-se variar a relação da mistura água/glicol, utilizando-se normalmente, no mínimo, cerca de 30% de anticongelante. Para concentrações inferiores de glicol a resistência dos agentes anticorrosivos às vaporizações não é tão elevada, o que compromete a durabilidade da mistura.

Concentração do glicol	Temperatura de protecção
15%	-5
20%	-8
25%	-12
30%	-15
35%	-20
40%	-25
45%	-30

Tabela 9 – Concentração do glicol

O uso da mistura anticongelante no circuito primário de uma instalação, tem ainda vantagens e inconvenientes no comportamento desta, face a temperaturas elevadas. Por outro lado o risco de sobreaquecimento diminui, pois a vaporização da mistura ocorre a uma

temperatura superior à da água mas, sempre que se verificar sobreaquecimento a mistura perde propriedades, o que faz com que a mistura não seja estável, degradando-se e perdendo a sua eficácia, sendo este um processo irreversível. A sua viscosidade é mais elevada do que a água, o que conduz a maiores perdas de carga no sistema. Por outro lado, a capacidade calorífica da mistura é inferior à da água, prejudicando assim a capacidade de transporte de energia do fluido. No entanto as vantagens superam largamente os inconvenientes, o que conduz ao uso generalizado. A mistura/glicol é feita no local, aquando do enchimento.

3.4.4 - Grupo Hidráulico

O grupo hidráulico é constituído por vários elementos fundamentais à instalação, interligados entre si e fornecidos já montados de fábrica. Estes elementos garantem várias funcionalidades em simultâneo, como a medição de caudal, a purga de ar, tomadas para enchimento/esvaziamento da instalação, informação de temperaturas e pressões na ida e retorno, entre outras. O grupo hidráulico é normalmente usado em instalações de pequena e média dimensão, uma vez que em instalações de dimensão superior, os elementos são instalados em separado.

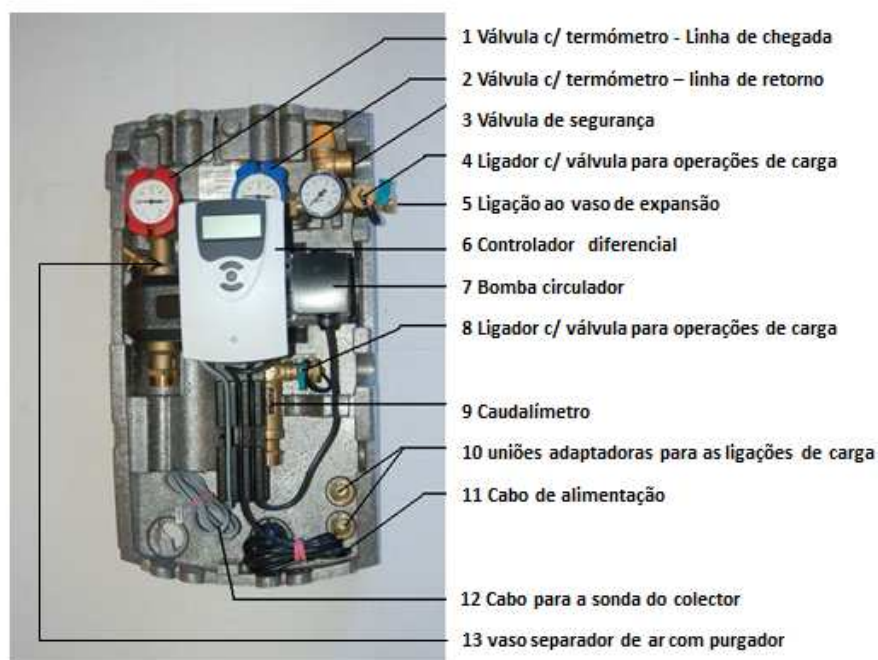


Figura 48 – Esquema do interior do grupo hidráulico

São algumas as vantagens na utilização dos grupos hidráulicos, nomeadamente as seguintes:

- Montagem facilitada
- Enchimento e esvaziamento económicos e fáceis
- Manutenção fácil
- Regulação precisa e rápida, sem necessidade de recorrer a diagramas, tabelas ou equipamentos de medição caros
- Eliminação constante de ar no circuito

3.4.5 - Bomba de circulação

A bomba de circulação é o elemento principal nos circuitos fechados de circulação forçada, sendo esta necessária para efectuar a movimentação do termofluido entre os colectores e o depósito acumulador. Dimensiona-se de forma a compensar as perdas de carga ao longo do circuito. São instaladas na parte mais baixa do circuito, na horizontal ou vertical sempre no sentido do fluxo. Estas bombas devem despende o mínimo de energia possível sem se encontrarem sobredimensionadas, e devem resistir a temperaturas máximas na ordem dos 180 °C.



Figura 49 - Bomba circuladora

As bombas de circulação utilizadas actualmente neste tipo de instalações são na sua maioria, de velocidade variável, estando o variador directamente integrado no motor e sendo a variação de velocidade realizada de uma forma automática pela própria bomba ou através de um outro comando remoto, tipo controlador solar.

Com a preocupação da poupança energética, as bombas que não cumprirem os requisitos mínimos da directiva ErP³⁰ não podem ser vendidas, obrigando aos fabricantes, desde o

³⁰ Directiva ErP - Estudos mostram que as bombas consomem 10% da electricidade mundial e dois terços de todas as bombas consomem até 60% de energia desnecessária. Assim, se a globalidade dos sistemas de bombagem fossem convertidos para alta eficiência, teríamos uma poupança de 4% no consumo global de energia, o que seria comparável ao consumo residencial de mil milhões de ocupantes (quase a população total da China) !!!

Com a Directiva 2009/125/EC, em 21 de Outubro de 2009, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia estabeleceram a criação de um quadro que define os requisitos de concepção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia, que é hoje conhecida como ErP (Energy-related

início de 2013 que só bombas que cumpram os requisitos mínimos desta directiva podem ser produzidas.

3.4.6 - Purgador

Devem ser colocados nas zonas mais altas do circuito solar – este tipo de acessórios podem ser automáticos ou manuais e têm como função a purga de ar existente no circuito, o qual poderá impedir a correta circulação do fluido, provocar a corrosão da instalação, afectar a capacidade de transporte de energia e provocar ruídos na instalação. Os purgadores devem ser resistentes ao glicol e a temperaturas de pelo menos 150°C.



Figura 50 - Purgador de ar

Se optarmos por colocar purgadores automáticos no circuito do solar estes deverão ter uma válvula de corte intercalada com o circuito (primário ou secundário), a qual deverá ser imediatamente fechada após a operação de purga de ar à instalação. Isto porque o purgador automático não reconhece a diferença entre ar e vapor, e se por alguma razão o sistema entrar em vaporização, corre-se o risco de perder o termofluido.. Por esta razão, os purgadores a utilizar no circuito primário deverão ser sempre manuais e sem peças plásticas, para que possamos controlar a sua abertura. Os purgadores devem ser colocados de preferência na saída do campo de colectores. A purga de ar deve ser feita por pessoal especializado. Uma purga não controlada pode provocar uma queda de pressão que pode causar falhas na instalação solar. Quando se realizarem purgas de ar deve ser verificada a pressão da instalação. Em caso de necessidade deverá proceder-se ao enchimento da instalação com termofluido.

3.4.7 - Separadores de ar

Para uma purga adequada e completa do circuito solar, é aconselhável utilizar separadores de ar, que devem ser instalados no retorno do circuito solar e na sua zona inferior, onde não pode formar-se vapor.

Um sistema hidráulico, mesmo depois de purgado de forma clássica através de purgadores de ar, continua a conter uma quantidade significativa de ar sob a forma de microbolhas que não têm a tendência natural a libertar-se, só por si, sendo assim recomendado recorrer-se ao uso de separadores de ar (em forma de microbolhas).

A existência de ar não dissolvido é altamente prejudicial ao funcionamento de um sistema hidráulico fechado, uma vez que o ar tem influência negativa no escoamento, na transferência de calor, na altura manométrica a vencer pelas bombas, existindo o perigo dos rolamentos da bomba griparem por falta de arrefecimento, uma vez que este é feito com água.

É importante compreender as funções dos purgadores de ar e dos separadores de microbolhas e compreender por que razão o uso de um não exclui a utilização do outro.

3.5 - Equipamentos de segurança

Em qualquer instalação de circuito fechado, incluindo as do solar térmico, tem de estar munida de dois elementos principais de segurança à instalação – a válvula de segurança e o vaso de expansão – que protegem o sistema de danos devido à expansão do fluido térmico e por consequência aumento de pressão.

3.5.1 - Válvula de segurança

É obrigatório, em qualquer sistema de circuito fechado, existir válvulas de segurança, sendo estas designadas como um equipamentos de segurança do sistema. Destinam-se a proteger equipamentos ou instalações completas de sobrepressões, resultantes do aumento da temperatura ou de pressão no interior do sistema. Ao ser o valor limite para o qual se encontra regulada a válvula de segurança, esta abre, descarregando (esvaziando) a instalação por forma a “aliviar” a sua pressão interior.

No circuito primário, a válvula de segurança encontra-se localizada normalmente junto ao vaso de expansão, podendo no entanto ser instaladas em qualquer parte do circuito. No circuito secundário, encontra-se localizada normalmente na entrada de água fria dos depósitos acumuladores. Em qualquer dos casos, não deverá existir qualquer válvula entre a de segurança e o circuito ou o depósito a proteger.

A pressão de descarga da válvula de segurança deve ser superior à pressão de trabalho, cerca de 2 a 3 bar acima, sendo desta forma aconselhável a utilização de válvulas de segurança com um valor na ordem dos 5 a 6 bar de descarga. Uma vez que a pressão do circuito primário é da ordem dos 3 bar, consegue-se desta forma manter elevada, (cerca de 140°C), a temperatura de ebulição do fluido. A mistura do termofluido que pode sair da válvula, numa eventual descarga, não deve ser descarregada para o esgoto, devendo-se, por isso, utilizar um recipiente de recolha. O tudo de descarga para o esgoto deve ter, no mínimo, o mesmo diâmetro que o da válvula de segurança. A capacidade de funcionamento da válvula deve ser comprovada regularmente.

A generalidade dos grupos hidráulicos pré-montados estão equipados com válvula de segurança de 6 bar.



Figura 51 - Válvula de segurança

3.5.2 - Vaso de expansão

O fluido de trabalho de um circuito sofre variações de temperatura, pelo que torna-se necessário absorver as conseqüentes variações de volume e de pressão, sendo essa a função do vaso de expansão. Em condições normais o vaso de expansão impede que a válvula de segurança actue, ou seja, que descarregue o termofluido, esvaziando o circuito primário.

Um vaso de expansão, é um depósito dividido no seu interior em duas partes, por uma membrana elástica de borracha que cumpre a função de absorver as dilatações. Esta membrana separa a zona que vai receber a água, ou fluido térmico, da zona que está preenchida com gás. Este gás dever ser preferencialmente azoto, uma vez que sendo um gás inerte protege o vaso de possíveis efeitos de corrosão na parede interna mas, na generalidade dos casos, é utilizado ar comprimido. Os vasos de expansão estão equipados com uma membrana especialmente resistente capaz de aguentar temperaturas até 140°C e uma mistura de glicol até 50%. Em termos de pressão de serviço os vasos de expansão vêm já com uma pressão pré definida de fábrica, que geralmente é de 2,5 bar, devendo ser rectificadada para 1 bar abaixo da pressão do circuito primário a frio e com a bomba parada.



Figura 52 - Vaso de expansão

No caso dos vasos de expansão solares, estes devem estar dimensionados para receber a dilatação dos fluidos condutores térmicos, provocado pela eventual vaporização nos colectores, em caso de estagnação. Para este último caso (vaporização) deve-se ter em conta o volume total do painel e o volume do primeiro metro dos tubos de ligação. Recentemente demonstrou-se que até 40% do volume do tubo pode vaporizar. Deve-se verificar sempre a pressão de pré-carga antes de o instalar.

Até [m2] de colector	Vaso de Expansão (litros)
7,5	25
10	33
15	50
20	80
25	100

Tabela 10 - Tabela de selecção de vaso de expansão

3.6 - Pressão do Circuito e Manómetro

Os sistemas solares deverão ser colocados a uma pressão de 3 bar no circuito primário, conseguindo-se desta forma manter elevada, (cerca de 140°C), a temperatura de ebulição do fluido no circuito primário.

A pressão do circuito deverá ser de +1 bar relativamente à pressão de pré-carga do vaso de expansão, ou a pressão de pré-carga do vaso de expansão deve ser 1 bar inferior à pressão do circuito nesse ponto.

A medição da pressão existente no circuito primário (solar) é feita através de um manómetro. A verificação regular da pressão do circuito permite detectar eventuais falhas, como por exemplo a existência de alguma fuga no circuito, ou descarga da válvula de segurança.



Figura 53 - Manómetro

3.7 – Válvulas

3.7.1 - Válvula de retenção

A função principal deste tipo de válvula é apenas permitir a circulação de fluido num só sentido, impedindo a sua passagem no sentido contrário, Sendo normalmente instalada no retorno do fluido.

No caso dos sistemas solares, nomeadamente quando aplicadas no circuito primário, servem para evitar o efeito termossifão (circulações parasitas), que podem activar-se quando o fluido na serpentina do depósito de acumulação, está mais quente do que os colectores, por exemplo, durante os períodos de fraca insolação ou à noite. Este tipo de circulações naturais, são na prática circulações que transformam os colectores em dissipadores de calor e a estas circulações deve-se o mau funcionamento de instalações solares.



Figura 54 - Válvula de retenção

Deve-se desta forma eliminar o efeito termossifão em todas as ligações (ascendentes) a depósitos depósito acumuladores de água quente ou em depósito acumuladores intermédios.

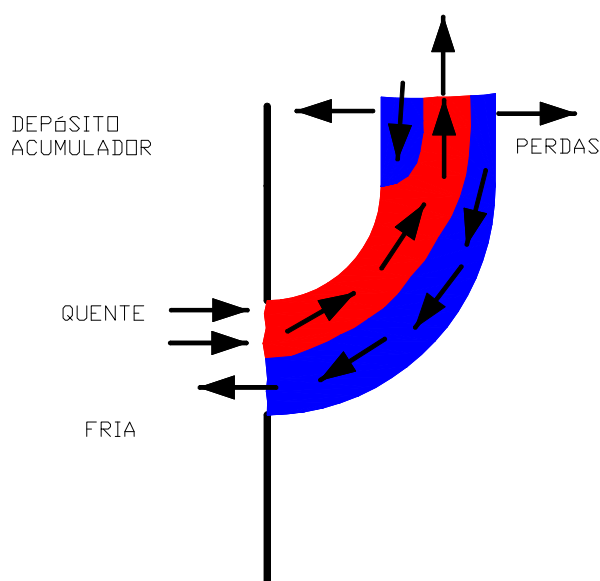


Figura 55 - Efeito termossifão

Outra forma de se evitar este efeito, caso não se utilize a válvula de retenção, é instalar, nas tubagens de ligação aos depósitos de acumulação, “freios de gravidade”, sem isolamento térmico, com comprimento de 10 vezes o diâmetro do tubo.

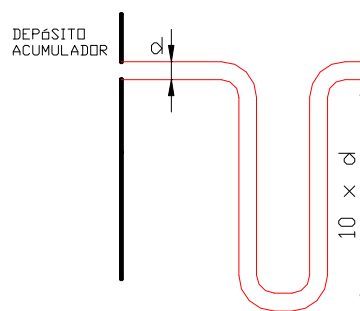


Figura 56 - Freio de gravidade

Outra forma de resolver este efeito, caso não se utilize a válvula de retenção, é efectuar freios de gravidade sem isolamento e com comprimento de 10 vezes o diâmetro do tubo

Note-se que os grupos hidráulicos pré-montados vêm já instalados com válvulas de retenção anti-termosifão em ambos os ramais (ida e retorno), evitando este efeito no circuito primário.

3.7.2 - Válvulas de corte

As válvulas de corte, permitem ou impedem a passagem de fluido. A função essencial deste tipo de válvulas é de seleccionar ou isolar determinada secção ou componente da instalação (prumada, ramal, colector solar, permutador de calor, caldeira, etc.), permitindo assim a sua desactivação, reparação ou remoção. Este tipo de válvulas produzem baixas perdas de carga quando abertas.



Figura 57 - Válvula de corte

3.7.3 - Válvula misturadora termostática

A válvula misturadora termostática coloca-se normalmente na saída de água quente do depósito acumulador, permitindo limitar a temperatura de consumo através da mistura com a água fria da rede de abastecimento. O depósito acumulador pode atingir valores elevados de temperatura de AQS (max. 90°C), pelo que a não existência de uma válvula misturadora termostática pode resultar em perigo de queimaduras para os utilizadores, choques térmicos na tubagem e elevada perda de energia

A regulação da válvula termostática é feita normalmente para temperaturas de 35 °C a 50 °C, sendo estas as temperaturas de consumo. Este tipo de válvulas não necessita de recurso a energia exterior porque funciona pelo princípio de cabeçal termostático. Este tipo de válvulas devem resistir, ainda que por períodos curtos de tempo, a temperaturas até 90°C, permitindo assim a realização, por exemplo, de ciclos de desinfeção.



Figura 58 - Válvula Misturadora Termostática

3.7.4 - Válvula de 3 vias



Figura 59 - Válvula de 3 Vias

3.8 – Regulação

3.8.1 - Reguladores de caudal ou caudalímetros

Reguladores de caudal ou caudalímetros, têm como função, numa instalação solar térmica, de impedir que o caudal máximo que atravessa o ramal por ela servido ultrapasse o valor estabelecido, pretendendo-se desta forma garantir que todos os ramais da instalação recebam o caudal adequado. Este tipo de caudalímetros permite não só a regulação do caudal, como também a sua medição, servindo assim como elemento de corte estanque.

Recomenda-se a sua instalação no retorno do circuito primário solar, uma vez que é a parte mais fria do circuito. O caudal deve ser ajustado à temperatura de serviço (aprox. 60°C de temperatura do colector), já que em estado frio o caudal volumétrico é demasiado baixo (a viscosidade do anticongelante aumenta com a diminuição da temperatura). Os caudalímetros são muito uteis no diagnóstico de possíveis anomalias na instalação.

O caudal é um factor importante para aumentar o desempenho dos sistemas solares térmicos, existindo em cada sistema um caudal óptimo que maximiza a eficiência do colector. Um dos valores mais usuais utilizado em instalações de pequena e média dimensão é o de 30 l/h.m², contudo este valor depende do tipo de colector



Figura 60 - Caudalímetro em linha



Figura 61 - Caudalímetro com visor lateral

3.8.2 - Controlador solar

Todos os sistemas solares de circulação forçada necessitam de um controlador, o qual tem como objectivo controlar o funcionamento da instalação. Este tipo de unidades de controlo permite, entre outras, as seguintes acções:

- Controlar o arranque e paragem da instalação, através do controlo de funcionamento da bomba de circulação;
- Medir temperaturas (colector solar e depósito de acumulação)
- Assegurar a segurança do sistema;
- Reportar dados;
- Verificar a disponibilidade de energia



Figura 62 – Controlador Solar

Independentemente do tipo de sistema, o objectivo do controlador passa sempre por comandar o arranque e a paragem das bombas, a qualquer momento e em segurança. Esta operação assenta no controlo de temperatura para o qual são necessários dois sensores, um medindo a temperatura onde ela é mais elevada (colector) e outro medindo a temperatura dentro do acumulador, à altura do permutador solar. Esta informação é transmitida à unidade de controlo que a analisa e verifica se o diferencial de temperaturas é superior ao definido, activando o funcionamento das bombas, se for o caso disso.

Quando no acumulador se atinge a temperatura máxima, por uma questão de segurança, a unidade de controlo transmite a informação para desligar o sistema.

As unidades de controlo podem ainda monitorizar os tempos de operação e a quantidade de calor captada e efectuar o controlo remoto e diagnósticos à distância. Muito importante é também o facto de se poder efectuar a medição e controlo de caudais, nomeadamente a velocidade de transferência de calor do fluido no sistema, conseguindo o máximo rendimento térmico da instalação quando se atinge um caudal óptimo.

Unidades de controlo mais recentes efectuam um diagnóstico de erros, dando a informação dos erros que acontecem com maior frequência e identificando as possíveis causa-efeitos. A

grande maioria dos controladores diferenciais, incorporam ainda funções de protecção contra o congelamento em caso de baixas temperaturas e também configurações de protecção contra o sobreaquecimento, actuando no sistema quando se atinge determinadas temperaturas.

Os controladores solares são capazes de ajustar o caudal de acordo com as alterações de temperatura, regulando a velocidade da bomba do circuito primário, conseguindo levar a bomba a valores mínimos de caudal se necessário, o que leva a que se possa aproveitar energia mesmo com um nível de radiação baixa.

3.8.3 - Sensor de temperatura

Os controladores solares, são fornecidos com sondas de temperatura, no mínimo 2 sondas, uma para o colector e uma outra para o depósito acumulador, conforme referido anteriormente. Estas são diferentes, porque a sonda para colocar na saída do colector solar deverá suportar temperaturas superiores a 200 °C e a do depósito acumulador é um pouco menos exigente, superiores a 120 °C.



Figura 63 – Sensor de temperatura

3.9 - Dissipador de calor

Os dissipadores de calor podem ser utilizados quando há o risco de se verificarem com frequência sobre aquecimentos da instalação provocados por inexistência prolongada de consumos de água quente. Assim, caso não exista consumo suficiente, a temperatura dos colectores pode atingir temperaturas de estagnação, o que pode levar à degradação do sistema solar, em particular de alguns dos seus componentes, como por exemplo:

- ✓ Termofluido
- ✓ Bomba circuladora
- ✓ Colectores
- ✓ Vaso de expansão

Aconselha-se que o controlador solar, conforme referido anteriormente, tenha activas as funções de programação para evitar a estagnação do sistema, tanto quanto possível. No entanto há situações em que tal não é possível, sendo necessário que o sistema liberte para o exterior o excesso de energia que está a produzir, o que só é possível através de um dissipador de calor. O dissipador de calor é uma unidade instalada no exterior do edifício, que é composta por um permutador de calor onde circula o fluido térmico, equipado com um ventilador. Este deverá ser dimensionado para a totalidade da potência máxima recebida pelos colectores.



Figura 64 – Dissipador de calor

3.10 - Permutador de calor

Nas situações em que o fluido do circuito primário é diferente do fluido do circuito secundário de consumo, é necessário transferir a energia térmica de um fluido para outro. O permutador de calor é o elemento da instalação onde ocorre esta transferência de energia. Os permutadores podem ser internos (incorporados) ou externos ao depósito de acumulação. Os permutadores internos são geralmente limitados em termos de área de transferência de calor, enquanto os externos não têm essa limitação. Por esta razão, os internos são usados em pequenas instalações, ou seja em depósitos acumuladores de pequena e média dimensão, normalmente até 2000 litro de acumulação. Em instalações de maior dimensão utilizam-se os permutadores de calor exteriores, os quais devem ser isolados termicamente para evitar grandes perdas. Os externos mais utilizados são os de placas, uma vez que são mais eficientes, pois oferecem uma maior superfície de contacto. No caso das piscinas os mais utilizados são os permutadores exteriores tubulares. Os permutadores de AQS são normalmente em aço inoxidável, enquanto nas piscinas, devido ao cloro e à água salgada, são normalmente em titânio.



Figura 65 – Permutador interno



Figura 66 – Permutador de placas

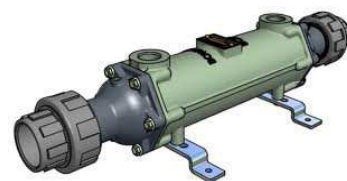


Figura 67 – Permutador tubular

3.11 - Sistema Auxiliar

Devido a consumos elevados ou baixa radiação solar, existem períodos em que a acumulação produzida pela energia solar não é suficiente para as necessidades. Nestas alturas, deve-se utilizar um equipamento auxiliar, ou de apoio, normalmente com recurso a energias ditas convencionais, para garantir o abastecimento de água quente. Este equipamento de apoio, pode ser um esquentador, uma caldeira, uma resistência eléctrica ou até uma bomba de calor, devendo ter a capacidade de regular a sua potência em função da temperatura, pois o papel é apenas de completar a parte de energia em falta.



Figura 68 – Esquentador Termostático



Figura 69 – Caldeira Mural



Figura 70 – Bomba de Calor AQS



Figura 71 – Resistência Eléctrica

3.12 - Classificação dos sistemas solares térmicos

Dependendo do tipo de componentes e equipamentos a utilizar numa instalação solar térmica, estas podem ser classificadas de duas formas: pelo tipo de circuito e pelo tipo de

circulação. A escolha dos componentes a utilizar depende do tipo de utilização pretendido e também da localização geográfica do sistema, conforme se descreve de seguida.

3.12.1 - Tipo de circuito

Os sistemas solares térmicos são classificados pelo tipo de circuito, como directos ou indirectos consoante o circuito é aberto ou fechado, respectivamente.

Num sistema solar com circuito aberto o fluido de trabalho que circula nos colectores é o mesmo do consumo (água de consumo), uma vez que só existe um único circuito. Este tipo de sistemas solares utilizam-se em países quentes, onde não existe o risco de congelamento do circuito solar. As instalações de aquecimento directo não são recomendadas em locais com águas duras, pois favorecem a deposição de calcário que chega a obstruir as tubagens da placa absorvedora, tornando o sistema deficitário ou inutilizável.

Nos sistemas solares indirectos, o fluido de trabalho funciona em circuito fechado, ou seja, existem sempre 2 circuitos, um circuito primário (fluido térmico) e um secundário (água de consumo). O circuito primário nunca se mistura com o circuito secundário. Neste tipo de sistema tem que obrigatoriamente existir um permutador para transferir o calor do circuito primário para o secundário.

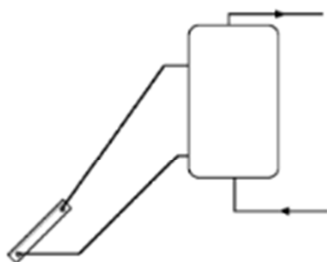


Figura 72 – Sistema Directo

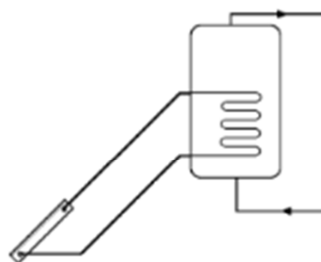


Figura 73 – Sistema Indirecto

3.12.2 - Tipo de circulação

Relativamente à forma como é feita a circulação do fluido térmico, os sistemas solares podem-se dividir em dois tipos de circulação:

1. Circulação natural – o fluido circula de forma natural, por convecção., Considera-se que são sistemas passivos, mais conhecidos por termosifão.
2. Circulação forçada – o fluido circula recorrendo a uma bomba circuladora para efectuar a circulação. Considera-se que são sistemas activos, conhecidos por sistemas de circulação forçada.

3.13 - Sistema circulação natural (termossifão)

Os sistemas de circulação natural por efeito de termosifão, são geralmente sistemas indirectos, contudo, em algumas situações, pouco frequentes, podem ser sistemas directos.

O sistema termosifão consiste geralmente num colector, ou num conjunto de colectores, ligados a um depósito acumulador, bem isolado e posicionado a um nível mais alto do que os colectores. Não são necessárias bombas circuladoras, pois a circulação de água faz-se por convecção natural, induzida pela diferença de densidade entre a água quente e fria.

3.13.1 - Princípio de funcionamento do sistema termosifão

A utilização de circulação por termosifão é apenas possível caso o depósito esteja colocado num nível superior aos colectores solares.

A radiação solar captada no colector solar é transferida para o fluido que circula pela tubagem do absorvedor, o qual pelo aumento da sua temperatura se torna menos denso. Desta forma desloca-se para a parte superior do circuito, ou seja, para o depósito de acumulação onde a permuta é feita para a água de consumo: O fluido térmico arrefece, aumenta a sua densidade e desce para o colector. Uma vez no colector, o ciclo fica fechado e

começa de novo a circulação, desde que haja radiação solar suficiente. A água que se encontra no fundo do depósito será a primeira a aquecer, fazendo com que esta suba, enquanto a água que se encontra mais acima desce por se encontrar mais fria, formando deste modo uma corrente. O caudal de circulação aumenta com o aumento da intensidade de radiação solar. A água a utilizar é retirada da parte superior do depósito solar, sendo a reposição feita pela parte inferior.

Pode dizer-se que se trata de um processo natural, onde não existem elementos mecânicos nem electrónicos, sendo auto-regulado sem necessitar de consumir nenhuma outra energia, não se encontra sujeito a avarias mecânicas.



Figura 74 – Sistema Termossifão

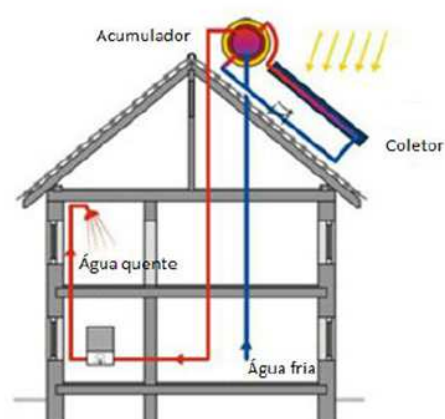


Figura 75 – Funcionamento Termossifão

Este tipo de circulação é aconselhável em pequenas instalações, sendo bastante utilizado ao nível doméstico (vivenda unifamiliares ou apartamentos) e em aplicações em que as necessidades de água quente sanitária são baixas. Tem a vantagem de ser uma instalação mais simples e barata.

3.14 – Sistema de circulação forçada

Os sistemas de circulação forçada são caracterizados pela existência de uma bomba circuladora que faz a movimentação do fluido térmico entre os colectores e o depósito acumulador. Podemos no entanto destacar dois tipos de sistemas de circulação forçada, o designado normal e o drain back com recolha do fluido térmico.

Princípio de funcionamento de um sistema de circulação forçada

A radiação solar captada no colector solar é transferida sob a forma de calor para o fluido que circula pela tubagem do circuito primário (fechado). No caso da temperatura à saída dos colectores for superior à temperatura no depósito de acumulação, numa determinada quantidade pré-definida, por exemplo 6 °C, um controlador diferencial activa o funcionamento da bomba de circulação, a qual faz movimentar o fluido térmico dos colectores até ao depósito de acumulação, transportando a calor neles captado e transferindo-o para o depósito. A circulação do fluido é, assim, gerida pelo controlador solar, que dá ordens à bomba de circulação em função do diferencial de temperaturas que vão sendo registadas, ou seja, a diferença entre a temperatura do fluido à saída do colector e a temperatura da água na parte mais baixa do depósito acumulador. Dependendo do tipo de instalação e sua utilização, este tipo de sistema pode precisar de mecanismos de segurança para prevenir o sobreaquecimento (vaporização) do fluido do circuito primário.

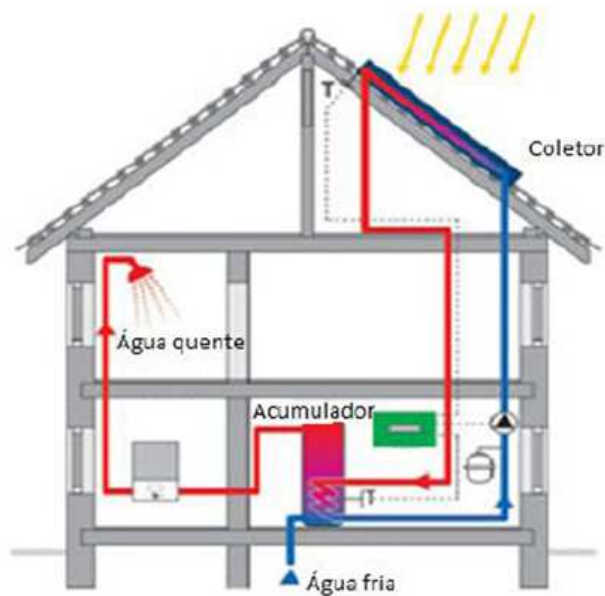


Figura 76 – Funcionamento Circulação forçada

Sempre que não é possível um sistema em termosifão, ou porque o depósito não pode estar acima do colector, ou mesmo porque se pretende uma maior potência de aquecimento devido a elevadas necessidades de consumo, recorre-se à circulação forçada.

Circulação forçada – Drain Back

O sistema Drain Back, funciona de forma idêntica a um sistema de circulação forçada normal, tendo como única diferença o facto de permitir a drenagem automática do fluido térmico. Este método previne o congelamento e o sobreaquecimento do circuito primário, aquando de prolongadas paragens do equipamento. Neste tipo de sistema toda a água dos colectores e tubagens é drenada para dentro de um pequeno depósito sempre que o sistema atinge temperaturas demasiado baixas ou quando o depósito de acumulação já atingiu a temperatura solicitada e os colectores continuam a subir de temperatura, evitamos assim a vaporização do circuito primário.

O circuito dos colectores, pode inclusive funcionar com água como fluido de trabalho sem necessidade de recorrer a anticongelante. Quando a bomba de circulação está desligada, por

acção de gravidade, todas as tubagens de água acima deste nível, bem como os colectores, são preenchidos com ar e todas as tubagens e outros componentes abaixo deste nível são preenchidos com água.

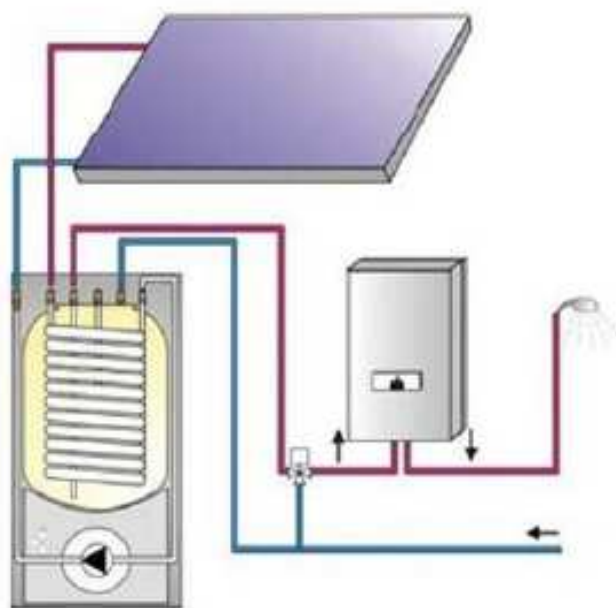


Figura 77 – Sistema Drain Back

Neste tipo de sistema evita a necessidade de instalar purgadores e vaso de expansão, a instalação auto protege-se contra o congelamento e sobreaquecimento, conforme referido anteriormente. Para além disso, com este tipo de sistema não existe o risco de perdas de calor através do denominado “efeito termossifão” mencionado anteriormente.

Este sistema apresenta apenas uma única desvantagem, a altura máxima do circuito primário não pode exceder os 15 metros.

4 – Caso de estudo

4.1 Descrição do Edifício

O edifício alvo do presente estudo, é um edifício de habitação multifamiliar e de comércio, localizado na Estrada Sra. da Saúde, em Faro.

As fachadas têm a seguinte exposição:

- Alçado principal – Este
- Alçado posterior – Oeste
- Alçado Lateral Direito – Norte
- Alçado Lateral Esquerdo – Sul

O edifício é composto por quatro fracções de comércio no rés-do-chão, sendo os 1º, 2º, 3º e 4º andares destinados a habitação e compostos por quatro fracções por piso e o 5º andar composto por duas fracções. A cobertura é acessível e será onde irão ficar localizados os colectores solares.

Piso	Tipologia	Número de fracções
R/Chão	Loja A	1
	Loja B	1
1ºPiso	T2	4
2ºPiso	T2	4
3ºPiso	T2	4
4ºPiso	T2	4
5ºPiso	T3	1
	T4	1

Tabela 11 - Tipologias do edifício

Lojas	T2	T3	T4
2	16	1	1

Tabela 12 – Totais das Tipologias

4.2 Necessidade de AQS e dados para simulação

As necessidades de água quente sanitária, de acordo com o Anexo VI, alínea 2.1, do Decreto-Lei nº 80/2006 (RCCTE), são determinadas de acordo com o n.º de ocupante convencional existente em cada fracção autónoma, em função da sua tipologia (ver quadro VI.1).

Tipologia	T0	T1	T2	Tn
Número de ocupante	2	2	3	n+1

Tabela 13 – Ocupação convencional das fracções autónomas residências, de acordo com a sua tipologia

Nas fracções de habitação, o consumo diário de referência é de 40 litros por ocupante e nas fracções autónomas de serviços, de acordo com o estabelecido no RCCTE, pode admitir-se sem qualquer outra justificação, um consumo total diário de 100 litros.

Considerando os critérios acima descritos, as necessidades de água quente sanitária do edifício são as seguintes:

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de ocupantes por fracção (ocup)	Necessidades de AQS por fracção (l)
R/C	Loja A	1	-	100
	Loja B	1	-	100
1ºPiso	T2	4	3	120
2ºPiso	T2	4	3	120
3ºPiso	T2	4	3	120
4ºPiso	T2	4	3	120
5ºPiso	T3	1	4	160
	T4	1	5	200
Total		20	57	2480

Tabela 14 – Necessidades de AQS no Edifício

Não havendo nenhuma razão que justificasse um valor diferente, admitiu-se no caso em estudo que as fracções autónomas de serviços têm um consumo diário de AQS de 100 litros.

De referir que, para efeitos do cálculo das necessidades de energia para a produção de AQS, de acordo com o estabelecido no RCCTE, considera-se a temperatura de consumo de 60 °C e que a temperatura da água fria da rede é de 15 °C.

Nesta análise, acumulação de AQS por fracção irá estar sujeita a alterações, em função das características de cada esquema utilizado.

É necessário prever um sistema de apoio, que funciona através de energia convencional, para satisfazer as necessidades de AQS, sobretudo no Inverno ou em períodos de maior consumo, em que a energia solar é insuficiente, face às necessidades das fracções. Este apoio tem de possuir capacidade suficiente para fazer face, *per si*; às necessidades de AQS, caso a energia solar não seja suficiente ou deixe de funcionar, por avaria ou manutenção. No presente caso, optou-se por uma caldeira a gás.

De acordo com a metodologia actual, estabelecida pelo RCCTE, a determinação do contributo solar na satisfação das necessidades de AQS deverá ser feita através de simulação com o Software SOLTERM, do LNEG, com base numa área de colectores de 1 m² por ocupante. No entanto, de acordo com a interpretação da ADENE, Agência para a Energia, este valor de 1 m², refere-se a um colector “padrão”, com um rendimento óptico de 69%, coeficientes de perdas $a_1 = 7,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e $a_2 = 0,014 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ e modificador de ângulo, $\theta = 50^\circ$. A instalação solar a instalar, baseada em colectores “reais”, deverá satisfazer, no mínimo, o mesmo valor do contributo solar obtido com o colector padrão.

Para efectuarmos a simulação do colector padrão com base na regra acima referida, 1 m² por ocupante, é preciso chegarmos ao número de ocupantes do nosso edifício. Uma vez que temos uma situação mista de edifício de serviços e de habitação e o Solterm não permite calcular uma situação mista, calculou-se o número de ocupantes com base nas necessidades totais a dividir pelos 40 l e chegámos ao valor de 62 ocupantes.

Na figura e tabela seguinte, apresentam-se os dados e resultados da simulação feita com o colector padrão para o edificio em análise.

Foi considerada uma acumulação de 2500 Litros (25 x 100 Litros), uma vez que as necessidades são de 2480 Litros. Esta aproximação deve-se à limitação que o Solterm possui

na selecção de depósitos de acumulação, não permitindo a selecção de diferentes capacidades de acumulação por sistema simulado.

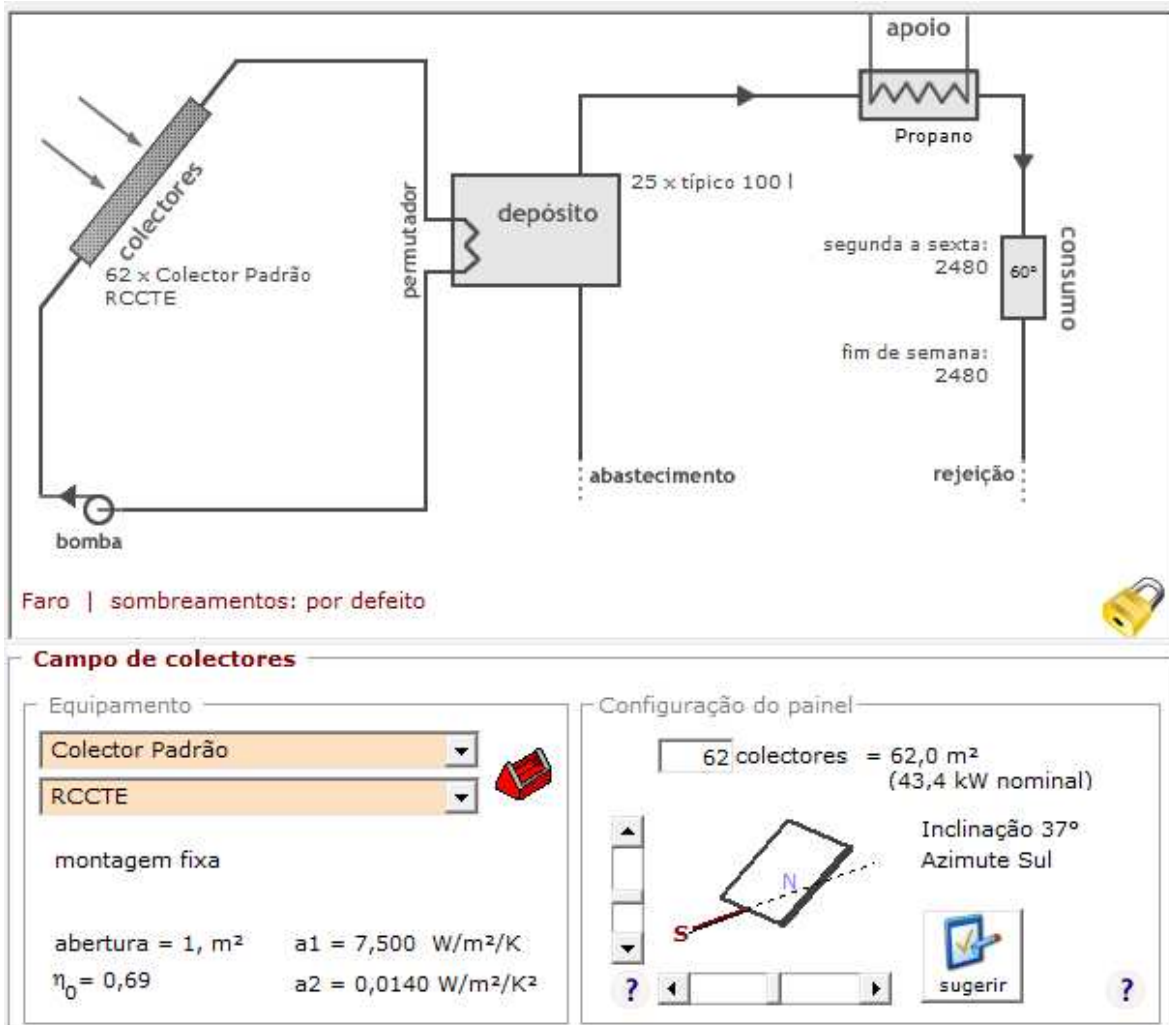


Figura 78 – Simulação Solterm colector padrão

Balanço energético mensal e anual						
	Rad. Horiz. kwh/m ²	Rad. Inclín. kwh/m ²	Desperdiçado kwh	Fornecido kwh	Carga kwh	Apoio kwh
Janeiro	68	110	,	1500	4023	2522
Fevereiro	84	118	,	1560	3633	2074
Março	120	145	,	1880	4023	2143
Abril	163	172	,	2231	3893	1662
Maio	208	196	,	2533	4023	1490
Junho	221	198	,	2631	3893	1262
Julho	236	217	,	3024	4023	999
Agosto	219	221	,	3159	4023	864
Setembro	154	177	,	2615	3893	1278
Outubro	113	154	,	2270	4023	1753
Novembro	78	125	,	1768	3893	2125
Dezembro	66	112	,	1586	4023	2437
Anual	1729	1945	,	26756	47365	20609

Figura 79 – Resultado da Simulação Solterm para Colector padrão

De forma a chegarmos, no mínimo, ao valor da contribuição solar obtida com o colector padrão, utilizando o colector real, efectuou-se a simulação no Solterm com o colector RKE 2500 ALPIN Easy. Assim, com 15 colectores deste modelo (2,50m²) foi possível obter um valor de contributo solar, um pouco superior ao obtido com o colector padrão. Na figura e tabela seguinte apresentam-se os resultados desta simulação.

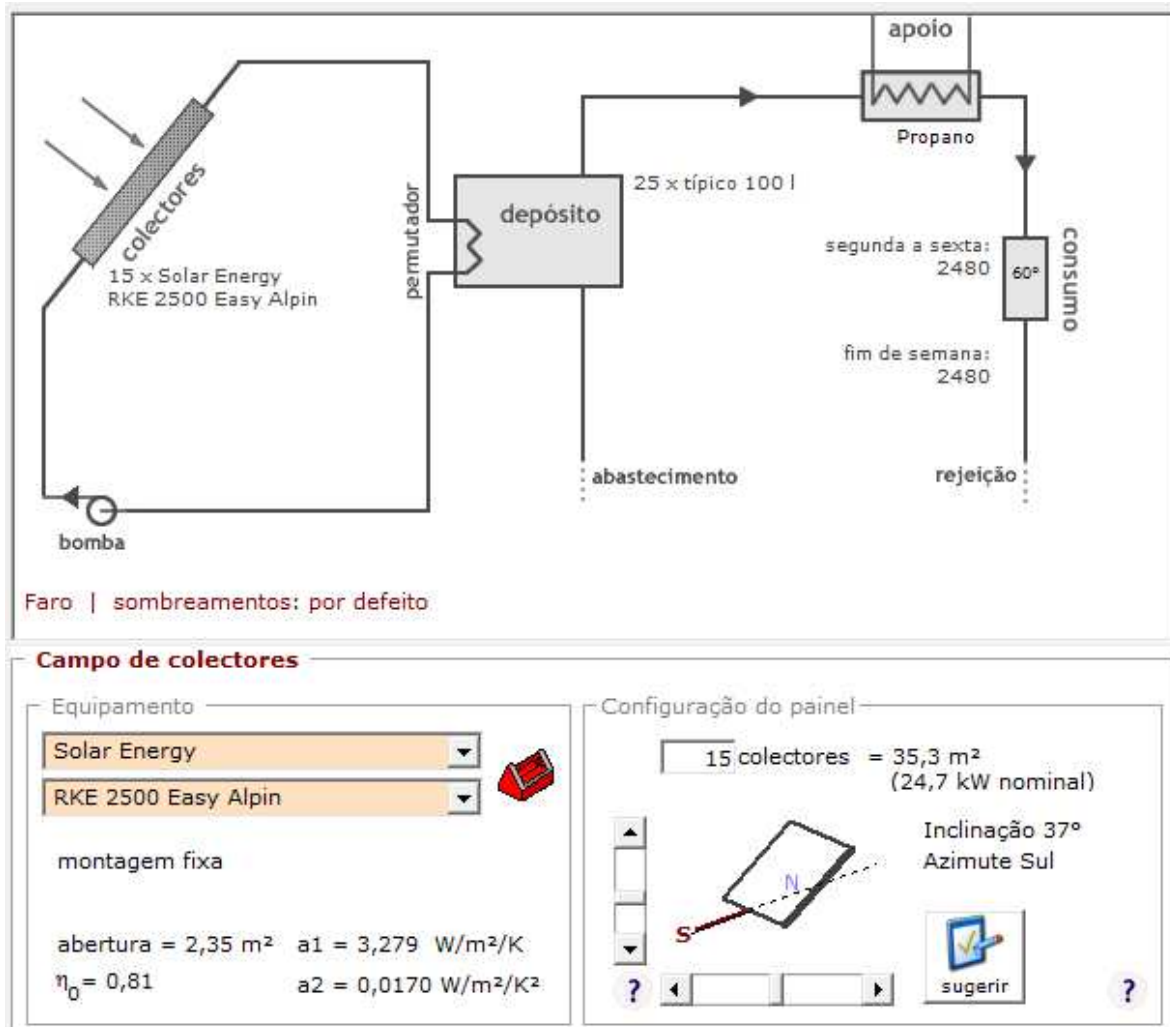


Figura 80 - Simulação Solterm colector RKE 2500 ALPIN Easy

Balanço energético mensal e anual

	Rad. Horiz. kwh/m ²	Rad. Inclín. kwh/m ²	Desperdiçado kwh	Fornecido kwh	Carga kwh	Apoio kwh
Janeiro	68	110	,	1744	4023	2279
Fevereiro	84	118	,	1794	3633	1840
Março	120	145	,	2149	4023	1874
Abril	163	172	,	2519	3893	1374
Maio	208	196	,	2790	4023	1233
Junho	221	198	,	2789	3893	1104
Julho	236	217	,	3167	4023	856
Agosto	219	221	,	3342	4023	681
Setembro	154	177	,	2773	3893	1120
Outubro	113	154	,	2440	4023	1583
Novembro	78	125	,	1985	3893	1908
Dezembro	66	112	,	1807	4023	2215
Anual	1729	1945	,	29299	47365	18066

Figura 81 - Resultado da Simulação Solterm para Colector RKE2500 Alpin Easy

São apresentadas em anexo as simulações completas no Solterm com o colector padrão e o colector RKE 2500 ALPIN Easy.

4.3 – Sistemas a analisar

Existem inúmeras soluções para os sistemas solares que efectuem o aquecimento de águas sanitárias, tornando-se mais complexo nos sistemas de maior dimensão, especialmente em edifícios multifamiliares, como é o caso do presente estudo. Estas variantes podem ser enquadradas nas diferentes possibilidades para a captação/aproveitamento da energia solar (centralizada ou descentralizada), para a acumulação (centralizada, descentralizada ou semi-centralizada) e para o tipo de apoio utilizado (caldeira, resistência eléctrica, ou bomba de calor e se é centralizado ou descentralizado).

Os vários sistemas que iremos analisar, podem ser classificados como sistemas de média/grande dimensão, sendo esta classificação atribuída a instalações com uma área de colectores $\geq 20 \text{ m}^2$.

A maioria dos Softwares de simulação de sistemas solares térmicos apresenta grandes limitações em instalações para edifícios multifamiliares, como é o caso do SOLTERM, Software obrigatório “por lei”. Assim, por forma a simular diferentes tipos de esquemas de princípio normalmente utilizados neste tipo de edifícios, considerando também a existência de fracções com diferentes tipologias e, portanto, diferentes necessidades de consumo, optou-se por se utilizar o Software *Transol Pro 3.1*.

Dos vários sistemas possíveis de utilizar em edifícios multifamiliares, foram escolhidos para análise e comparação os seguintes esquemas:

1. Termossifão individual
2. Sistema de circulação forçada individual
3. Sistema centralizado com acumulação individual por apartamento
4. Sistema com permutador de placas centralizado e acumulação individual por apartamento

5. Sistema com acumulação de inércia centralizado e permutadores placas individuais por apartamento
6. Sistema com acumulação e apoio centralizado com contadores de entalpia por apartamento

Para além dos sistemas acima referidos, estava prevista a análise de um sistema com acumulação semi-centralizada, i.e. com acumulação de inércia centralizada e acumulação individual por apartamento. Acabou por se optar por não apresentar este sistema, porque na fase de simulações o Software *Transol* apresentou resultados inconsistentes, alguns mesmo impossíveis, nomeadamente valores de fracção solar acima dos 100%. Eventualmente poderá ser um “bug³¹” do Software de cálculo *Transol*, neste sistema.

Efectuaremos as simulações no *Transol* dos sistemas 3, 4, 5 e 6, comparando os resultados de forma a entendermos a performance de cada um deles. Os sistemas 1 e 2, como se trata de sistemas individuais aplicados a edifícios, não são comparáveis com os sistemas colectivos, de qualquer das formas, foram efectuadas simulações com o *Solterm* para estes dois sistemas. São apresentadas em anexo as simulações efectuadas pelo *Solterm* e *Transol*, para cada um dos sistemas apresentados.

Foi igualmente determinado o custo previsto para cada um dos sistemas. Neste custo o sistema de apoio ao sistema solar está considerado em separado, excepto no sistema 6, uma vez que se trata de um sistema totalmente centralizado, o apoio faz parte integrante do sistema solar. Em pormenor o custo de cada um dos sistemas em anexo.

Os sistemas 3, 4, 5 e 6 foram simulados com igual número de colectores solares, ou seja, o campo de colectores é exactamente o mesmo para os quatro sistemas, variando a acumulação, conforme tipo de esquema.

³¹ Bug - é um erro no funcionamento de um programa informático, que pode causar discrepâncias

4.3.1 - Sistema termossifão individual por fracção (sistema 1)



Figura 82 – Sistema 1 Termossifão

Neste tipo de solução através de sistema termossifão para cada fracção, todos os componentes são individuais, nomeadamente os colectores, depósito de acumulação e o sistema de apoio, assim como os consumos de água fria e o da energia de apoio, os quais são contabilizados por fracção autónoma.

Cada fracção tem o seu sistema instalado na cobertura, o que significa que na cobertura existe um ponto de água fria e um ponto de água quente, provenientes da fracção. O facto do depósito acumulador estar junto dos colectores solares, permite a libertação de espaço no interior de cada fracção.

O sistema termossifão não necessita de alimentação eléctrica para funcionar, a não ser que optemos pelo sistema de apoio com resistência eléctrica, que é geralmente incorporada no depósito acumulador. Apesar deste ser o sistema de apoio mais utilizado nos sistemas termossifão, em alternativa podemos optar por efectuar o apoio através de esquentador, caldeira ou bomba de calor.

Este tipo de sistema, em edifícios acima dos 2 ou 3 pisos, tem muitas perdas de energia, uma vez que obriga a grandes comprimentos de tubagens até chegar ao ponto de consumo de

cada fracção, como é a situação do caso de estudo. Desta forma, a utilização de sistemas termossifão não é aconselhável para o presente edifício.

No entanto, existe forte tendência no mercado para a utilização de sistemas termossifão em edifícios multifamiliares, pela simplicidade de instalação, manutenção e, principalmente, pelo seu custo.

Dados considerados para simulação do sistema 1:

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Kit Termossifão considerado por fracção
R/C	Loja A	1	-	100	160
	Loja B	1	-	100	160
1ºPiso	T2	4	3	120	200
2ºPiso	T2	4	3	120	200
3ºPiso	T2	4	3	120	200
4ºPiso	T2	4	3	120	200
5ºPiso	T3	1	4	160	300
	T4	1	5	200	300

Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	4120
----------------	----	---------------	----	----------------------	------

Tabela 15 - Acumulação de AQS do sistema 1

Custo previsto do sistema 1:

Uma vez que se trata de sistemas individualizados, apresentar um custo total do sistema como se fosse centralizado não é a melhor forma, apresentamos o custo de cada sistema conforme a tipologia:

Tipologia	Custo P/ Tipologia
Lojas	1.840,68 €
T2	1.978,35 €
T3	2.932,52 €
T4	2.932,52 €

Tabela 16 - Custo do sistema 1 por tipologia

Resultados Obtidos

Para este tipo de sistema, a análise foi efectuada para uma tipologia de cada tipo, tendo sido considerados 3 tipos de sistemas Termosifão, nomeadamente 160 Litros, 200 Litros e 300 Litros. Utilizando o software de simulação Solterm, foram obtidos os seguintes resultados:

Tipologia	Tipo de sistema	Energia Fornecida por fracção (kWh)	Numero Fracções	Total energia fornecida x nº de Fracções (kWh)
Lojas	160 L	1368	2	2736
T2	200 L	1719	16	27504
T3	300 L	2415	1	2415
T4	300 L	2758	1	2758
			Total	35413

Tabela 17 - Valores simulação Solterm para o sistema 1

Após obtermos a energia fornecida por tipologia, multiplicámos esse valor pelo número de fracções existentes no edifício por forma a determinar o valor total da contribuição solar.

4.3.2 – Circulação Forçada individual com acumulação individual por fracção (sistema 2)

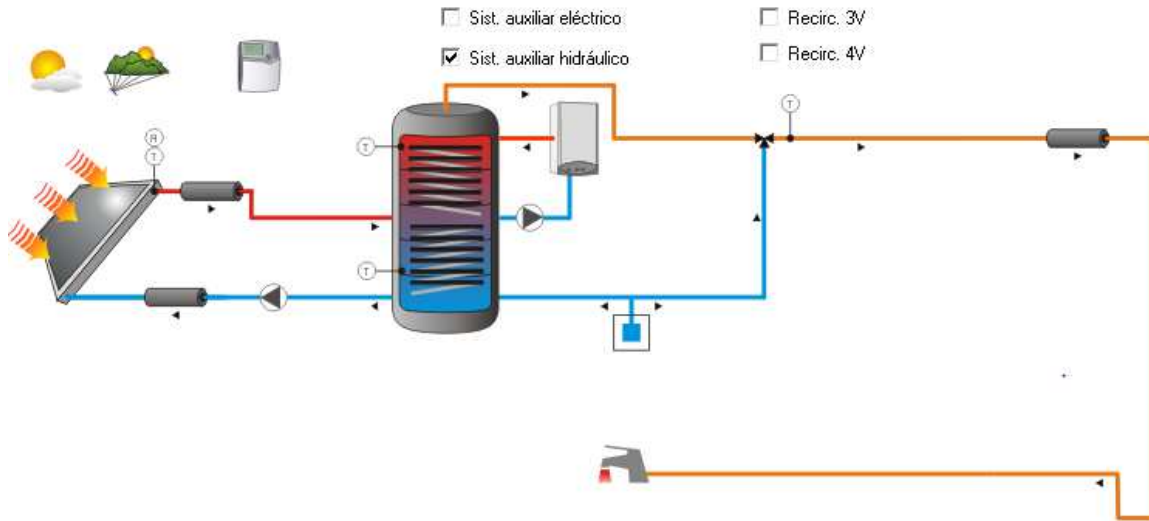


Figura 83 – Sistema 2 circulação forçada individual

À Semelhança do sistema 1, todos os componentes desta solução são independentes. A única diferença é que este é um sistema de circulação forçada, em que o depósito acumulador está instalado no interior de cada fracção. Funciona com um controlador solar que dá ordens à bomba circuladora para estabelecer a circulação entre o campo de colectores e o depósito.

O apoio deste sistema também está instalado no interior da fracção, tendo-se optado neste caso por uma caldeira.

Esta solução e a anterior, são mais adequadas edifícios de habitação unifamiliar (moradias/vivendas).

Dados considerados para simulação do sistema 2

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Depósito acumulador considerado por fracção
R/C	Loja A	1	-	100	150
	Loja B	1	-	100	150
1ºPiso	T2	4	3	120	200
2ºPiso	T2	4	3	120	200
3ºPiso	T2	4	3	120	200
4ºPiso	T2	4	3	120	200
5ºPiso	T3	1	4	160	300
	T4	1	5	200	300
Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	4100

Tabela 18 – Acumulação de AQS do sistema 2

Custo previsto do sistema:

À semelhança do sistema 1, também neste caso, por se tratar de sistemas individualizados, apresentamos o custo de cada sistema conforme a tipologia:

Tipologia	Custo P/tipologia
Lojas	2.932,95 €
T2	3.286,49 €
T3	4.630,56 €
T4	4.630,56 €

Tabela 19 – Custo do sistema 2 por tipologia

Resultados Obtidos

Para este tipo de sistema, a análise foi efectuada para uma tipologia de cada tipo, tendo sido considerados 3 tipos de sistemas de circulação forçada, nomeadamente 150 Litros, 200 Litros e 300 Litros. Utilizando o software de simulação Solterm, foram obtidos os seguintes resultados:

Tipologia	Tipo de sistema	Energia Fornecida por fracção (kWh)	Numero Fracções	Total energia fornecida x nº de Fracções (kWh)
Lojas	150 L	1589	2	3178
T2	200 L	1838	16	29408
T3	300 L	2779	1	2779
T4	300 L	3330	1	3330
			Total	38695

Tabela 20 - Valores simulação Solterm para o sistema 2

Após obtermos a energia fornecida por tipologia, multiplicámos esse valor pelo número de fracções existentes no edifício por forma a determinar o valor total da contribuição solar.

4.3.3 - Sistema centralizado com acumulação individual por fracção (sistema 3)

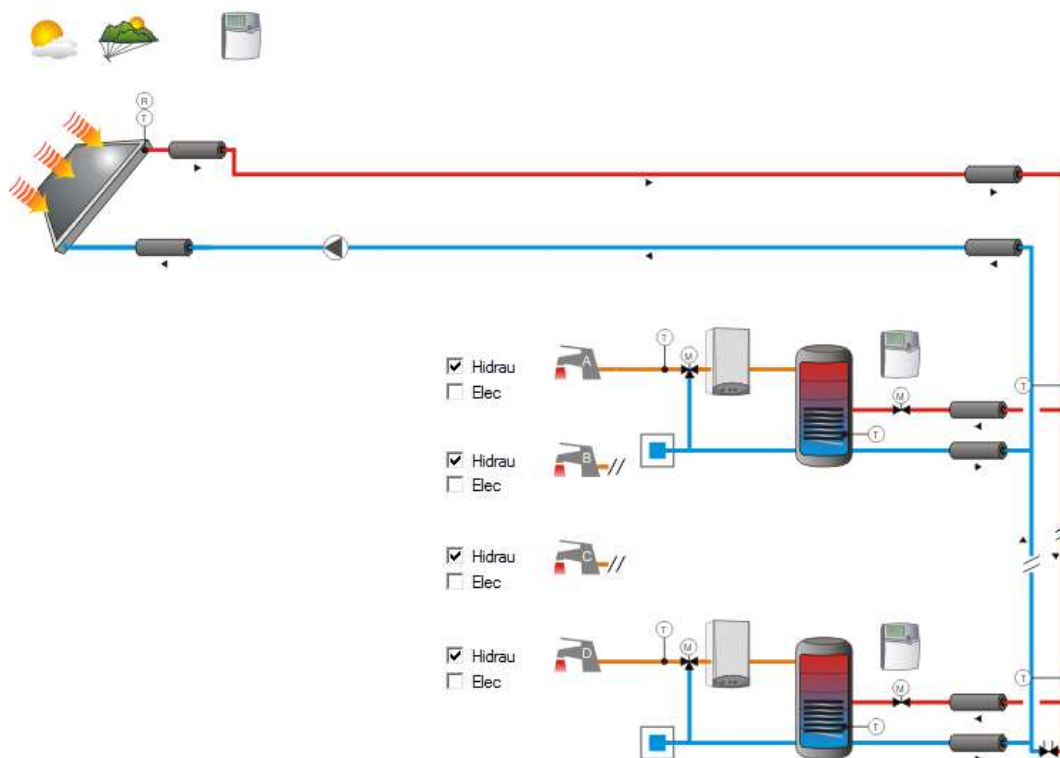


Figura 84 – Sistema 3 centralizado com acumulação individual por fracção

Neste tipo de sistema existe um único circuito hidráulico (circuito fechado), entre o campo de colectores e os depósitos de acumulação. O grupo de circulação é responsável pela distribuição do fluido solar desde o campo de colectores até aos depósitos acumuladores.

A circulação do fluido térmico do circuito primário, é controlado por um controlador diferencial que verifica a temperatura no campo de colectores e no retorno da distribuição do edifício. Este controlador dá ordens de paragem ou arranque a uma bomba circuladora.

Relativamente aos sistemas de apoio mais utilizados para a solução solar em causa, são apoios individuais por fracção. Ficam assim, instalados em cada fracção, o depósito de acumulação e o apoio ao sistema solar, que neste ultimo pode ser uma caldeira, esquentador ou uma resistência eléctrica. Fica igualmente por parte da fracção o “controlo” do depósito acumulador, o qual é feito através de uma válvula de 2 vias colocada à entrada do acumulador, quando este estiver à temperatura estabelecida, a válvula fecha não permitindo que o fluido vindo do campo de colectores continue a passar pelo acumulador, correndo o risco de estarmos a “roubar” energia já acumulada. Esta válvula de 2 vias é controlada por um controlador diferencial, que verifica a diferença de temperatura entre o acumulador e a prumada, vinda do campo de colectores.

O volume dos depósitos acumuladores instalados em cada fracção, tem de ser suficiente para garantir o consumo diário de água quente, uma vez que não existe outra acumulação comum ao edifício. Estes depósitos acumuladores são normalmente de pequena dimensão, com um permutador interno de serpentina, onde circula o fluido do circuito primário.

Este sistema tem o inconveniente de toda a distribuição do circuito primário pelo edificio, ter que utilizar tubagem em cobre ou inox, uma vez que se trata do circuito primário sujeito a temperaturas elevadas. A utilização destes materiais, face às tubagens em plástico, encarece a instalação porque são significativamente mais caros e obriga a que todo o circuito primário tenha termofluido (polipropileno glicol).

Dados considerados para simulação do sistema 3

Na tabela seguinte são apresentados os dados das necessidades de AQS e os volumes de acumulação considerados para efeitos de simulação com o Transol, do sistema 3.

Instalações Solares Térmicas em Edifícios de Habitação Colectiva

Estudo de soluções alternativas num caso prático

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Depósito acumulador considerado por fracção
R/C	Loja A	1	-	100	120
	Loja B	1	-	100	120
1ºPiso	T2	4	3	120	120
2ºPiso	T2	4	3	120	120
3ºPiso	T2	4	3	120	120
4ºPiso	T2	4	3	120	120
5ºPiso	T3	1	4	160	160
	T4	1	5	200	200

Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	2520
----------------	----	---------------	----	----------------------	------

Tabela 21 – Acumulação de AQS do sistema 3

Custo previsto do sistema:

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo por Fracção
Sistema 3	45.793,20 €	2.289,66 €

Tabela 22 – Custo do Sistema 3

Resultados obtidos:

Resultados Globais (%)	
Fracção solar	77,60 %

Tabela 23– Resultados Globais do sistema 3

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)	
Radiação solar incidente	76.283
Necessidade líquida	31.866
Consumo energia auxiliar	7.829
Produção campo solar	41.695

Tabela 24 – Resultados energéticos globais do sistema 3

Perdas energéticas do sistema (kWh)	
Tubagens do primário	250
Tubagens de distribuição	481
Tubagens aos acumuladores	9.857
Acumulador doméstico	7.167

Tabela 25 – Perdas energéticas do sistema 3

4.3.4 – Sistema com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção (sistema 4)

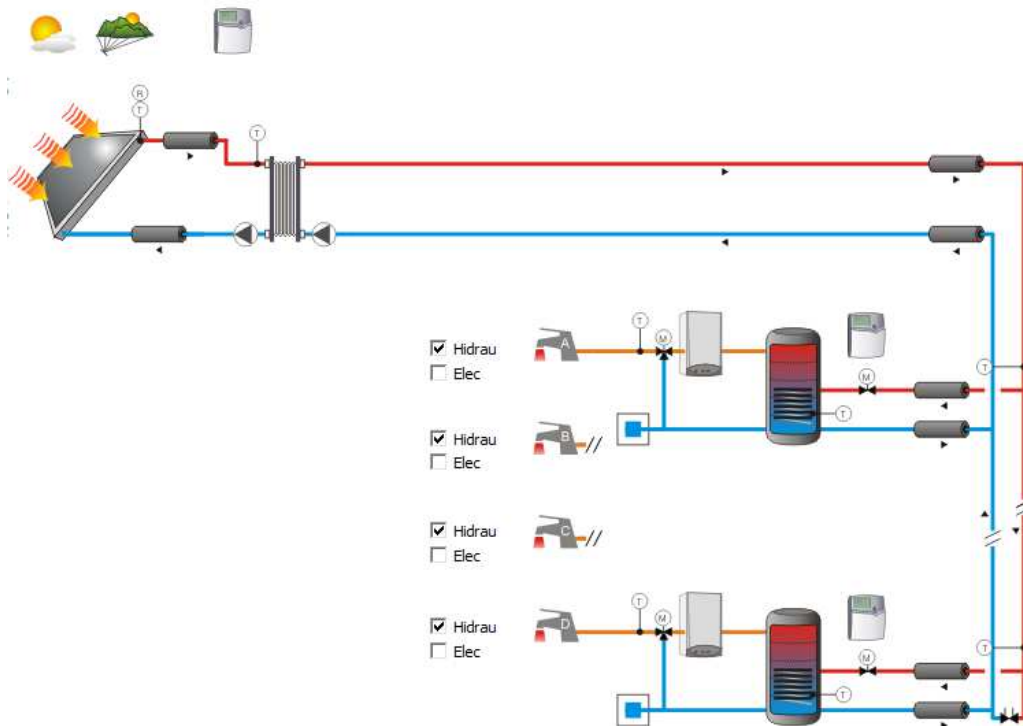


Figura 85 - Sistema 4 com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção

Este sistema é todo ele semelhante ao sistema 3, à excepção de que neste o circuito primário é separado por um permutador de placas. Este é instalado, o mais próximo possível do campo de colectores, uma vez que permite diminuir a extensão do circuito primário, assim como a quantidade de anticongelante. O circuito é, assim, separado por um permutador de placas, de forma a permitir, para além da transferência de energia, a

separação hidráulica entre o fluido que circula no campo de colectores e o fluido de distribuição de energia pelas fracções, o que dá origem a dois circuitos fechados mas, apenas um com termofluido (polipropileno glicol).

O circuito de distribuição de energia pelas fracções, dispensa a utilização de uma mistura de água e glicol como termofluido, podendo ser somente utilizada a água, uma vez que os riscos de congelação são mínimos. Este segundo circuito pode ser feito com tubagens plásticas porque não está sujeito a altas temperaturas, uma vez que a temperatura de circulação de distribuição do edifício até aos acumuladores, é controlada por uma válvula misturadora termostática, limitando a temperatura para 60°C – 70 °C.

Este esquema, pelo facto de existirem dois circuitos, obriga à colocação de 2 bombas circuladoras, uma para o primário, do campo de colectores, e a outra para a distribuição pelas fracções. Para além da bomba de circulação do circuito de distribuição, tal como no circuito primário, é necessário instalar os elementos de segurança, nomeadamente o vaso expansão e válvula de segurança.

No que respeita ao controlador, este é aplicado neste sistema da mesma forma que no caso do sistema 3, com a única diferença de que, em vez de se controlar uma bomba de circuladora, passa-se a controlar duas, uma do circuito primário e outra do circuito de distribuição, as quais funcionam em simultâneo.

Em termos de acumulação e respectivo controlo e do apoio, a solução adoptada neste sistema é exactamente igual à do sistema anterior.

Dados considerados para simulação do sistema 4

Os dados considerados para a simulação deste sistema, em termos de acumulação de AQS são exactamente os mesmos que foram considerados no sistema 3, conforme referido.

Custo previsto do sistema:

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo por Fração
Sistema 4	48.784,06 €	2.439,20 €

Tabela 26 - Custo do Sistema 4

Resultados obtidos:

Resultados Globais (%)	
Fração solar	77,70 %

Tabela 27– Resultados Globais do sistema 4

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)	
Radiação solar incidente	76.283
Necessidade líquida	31.866
Consumo energia auxiliar	7.731
Produção campo solar	40.247

Tabela 28 – Resultados energéticos globais do sistema 4

Perdas energéticas do sistema (kWh)	
Tubagens do primário	259
Tubagens de distribuição	394
Tubagens aos acumuladores	7.689
Acumulador doméstico	7750

Tabela 29 – Perdas energéticas do sistema 4

4.3.5 – Sistema com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção (sistema 5)

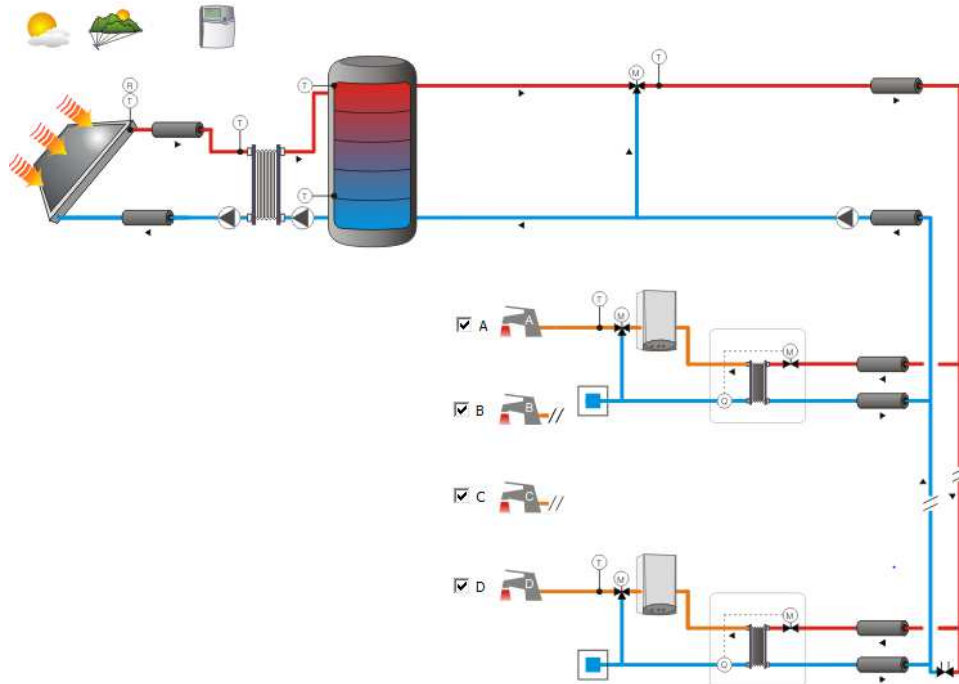


Figura 86 - Sistema 5 com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção

Este sistema caracteriza-se pela acumulação centralizada, realizada com recurso a um depósito de inércia, localizado normalmente numa zona comum do edifício e pela utilização de módulos de produção instantânea de AQS em cada uma das fracções. A energia acumulada nesse depósito de fica disponível para os módulos de AQS, constituídos por permutadores de calor, instaladas em cada fracção. Através destes módulos de AQS, a água fria proveniente da rede é aquecida ou pré-aquecida instantaneamente, seguindo de imediato para o consumo ou, caso seja necessário, passando pelo sistema de apoio para que seja feito o aquecimento complementar, antes de seguir para o consumo.

Este depósito de acumulação (inércia) central, tem de ter capacidade suficiente para fazer face às necessidades de todas as fracções.

Todo o circuito de distribuição pelo edifício, circulação do campo de colectores ao permutador é exactamente igual ao sistema 4. A diferença para o sistema 4 é a acumulação no interior de cada fracção que não existe, porque é substituída pelos módulos de AQS. Neste caso mantem-se no interior de cada fracção o apoio ao sistema, da mesma forma que no esquema 4.

Devido ao módulo de produção instantânea de AQS ser de reduzidas dimensões, este sistema é adequado para edifícios onde as fracções possuam pouco espaço, onde a instalação de depósitos de acumulação não é adequada.

Dados considerados para simulação do sistema 5:

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Depósito acumulador centralizado
R/C	Loja A	1	-	-	3000
	Loja B	1	-	-	
1ºPiso	T2	4	3	-	
2ºPiso	T2	4	3	-	
3ºPiso	T2	4	3	-	
4ºPiso	T2	4	3	-	
5ºPiso	T3	1	4	-	
	T4	1	5	-	

Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	3000
----------------	----	---------------	----	----------------------	------

Tabela 30 - Acumulação de AQS do sistema 5

Custo previsto do sistema:

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo por Fracção
Sistema 5	56.780,57 €	2.839,03 €

Tabela 31 - Custo do Sistema 5

Resultados obtidos:

Resultados Globais (%)	
Fracção solar	66,90 %

Tabela 32– Resultados Globais do sistema 5

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)	
Radiação solar incidente	76.283
Necessidade líquida	31.866
Consumo energia auxiliar	10.786
Produção campo solar	36.836

Tabela 33 – Resultados energéticos globais do sistema 5

Perdas energéticas do sistema (kWh)	
Tubagens do primário	307
Tubagens de distribuição	814
Tubagens às estações transferência	12.938
Acumulador Solar	1.597

Tabela 34 – Perdas energéticas do sistema 5

4.3.6 – Sistema com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção (sistema 6)

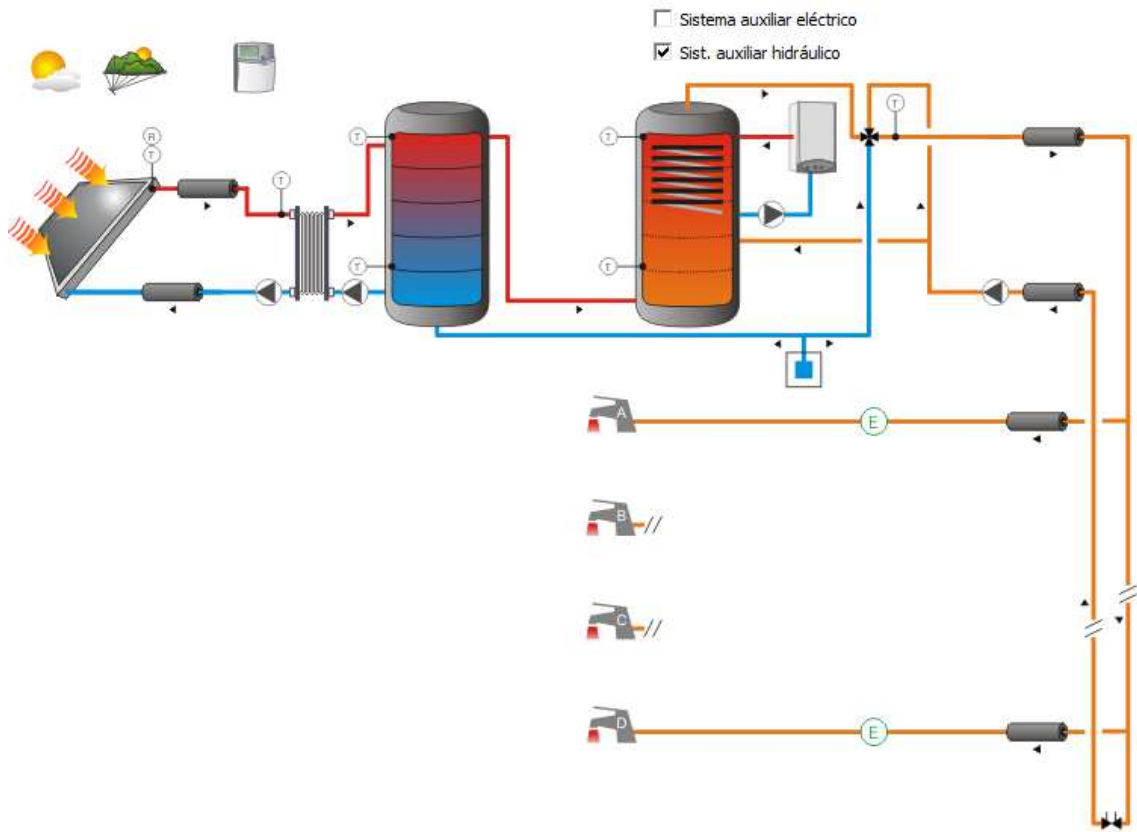


Figura 87 - Sistema 6 com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção

Este tipo de solução é diferente de todas as outras, uma vez que se trata de um sistema totalmente centralizado.

Em instalações totalmente centralizadas, todos os componentes são comuns a todas as fracções, incluindo o equipamento de apoio ao sistema solar. Neste tipo de sistemas é necessário efectuar a medição de energia fornecida a cada fracção, para que os custos possam ser imputados de acordo com o consumo energético individual. Para efectuar esta medição são instalados em cada fracção unidades de contagem de energia, designados por contadores entálpicos. Deverá ser contabilizada a energia e o consumo de água, podendo o custo ser composto.

Os depósitos de acumulação a utilizar nesta solução, tem de suportar a água de consumo, ou seja, deverão ter tratamento interno, como por exemplo revestimento esmaltado e vitrificado.

A rede hidráulica de distribuição de AQS às várias fracções deve ser dimensionada tendo em consideração a simultaneidade pretendida. Deverá ser também analisada a necessidade de um circuito de recirculação de AQS, para que não haja nem tempos de espera nem desperdícios de água significativos.

Neste sistema apenas existe um circuito fechado, o do campo de colectores ao permutador de placas, sendo o restante circuito de AQS. Ou seja, apenas o circuito primário necessita de mistura com termofluido. O controlo é feito, conforme os esquemas anteriores, através de um controlador solar para dar ordens de paragem e arranque às duas bombas de circulação, instaladas junto do permutador de placas.

Dados considerados para simulação do sistema 6

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Depósito acumulador centralizado
R/C	Loja A	1	-	-	2 x 1500
	Loja B	1	-	-	
1ºPiso	T2	4	3	-	
2ºPiso	T2	4	3	-	
3ºPiso	T2	4	3	-	
4ºPiso	T2	4	3	-	
5ºPiso	T3	1	4	-	
	T4	1	5	-	
Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	

Tabela 35 - Acumulação de AQS do sistema 5

Custo previsto do sistema

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo por Fração
Sistema 6	52.304,98 €	2.615,25 €

Tabela 36 - Custo do Sistema 6

Resultados obtidos:

Resultados Globais (%)	
Fração solar	77,80 %

Tabela 37– Resultados Globais do sistema 6

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)	
Radiação solar incidente	76.283
Necessidade líquida	20.080
Consumo energia auxiliar	12.294
Produção campo solar	35.747

Tabela 38 – Resultados energéticos globais do sistema 6

Perdas energéticas do sistema (kWh)	
Tubagens do primário	318
Tubagens de distribuição	589
Tubagens às estações transferência	21.664
Acumulador Solar	1.110
Acumulador Auxiliar	1.772

Tabela 39 – Perdas energéticas do sistema 6

4.4 - Análise de resultados

Após a realização das simulações dos sistemas descritos anteriormente, é possível comparar os diversos resultados obtidos, apresentando-se na tabela seguinte aqueles que se consideram mais importantes. Conforme podemos observar na tabela seguinte, os sistemas com maior destaque, são o sistema 3 e 4:

Sistemas	3	4	5	6
Resultados Globais (%)				
Fracção solar	77,60%	77,70%	66,90%	77,80%

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)				
Radiação solar incidente	76.283	76.283	76.283	76.283
Necessidade líquida	31.866	31866	31.866	20.080
Consumo auxiliar	7.829	7.731	10.786	12.294
Produção campo solar	41.695	40.247	36.836	35.747

Perdas energéticas do sistema (kWh)				
Tubagens do primário	250	259	307	318
Acumulador solar	0	0	1.597	1.110
Acumulador auxiliar	0	0	0	1.772
Tubagens de distribuição	481	394	814	589
Tubagens às Fracções (acumuladores ou estações transferências)	9.857	7.689	12.938	21.664
Acumulador doméstico	7.167	7.750	0	0

Tabela 40 - Resultados de maior destaque nos vários sistemas

O sistema 4 destaca-se pelos cerca de 78% de fracção solar conseguida e por baixo valor de perdas, de uma forma geral, quando comparado com os outros sistemas. O sistema 5, apresenta um valor baixo na fracção solar e uma maior quantidade de perdas energéticas o que por consequência dá valores muito altos do apoio ao sistema solar. A fracção solar do sistema 6 apresenta valores semelhantes ao sistema 4, no entanto o valor das perdas deste sistema é bastante elevado quando comparado com os restantes.

Na verdade os sistemas 3 e 4 são muito semelhantes em quase todos os resultados mas, o sistema 4 apresenta menores perdas energéticas, o que é uma vantagem, fazendo com que o sistema de apoio ao sistema solar funcione menos vezes e consequentemente tenha consumos de energia primária mais baixos. Para além disso, tem a vantagem de não necessitarmos de distribuir todo o circuito primário pelo edifício, o que permite reduzir a quantidade de termofluido e a utilização de tubagem resistente a temperaturas mais baixas

(à partida mais barata, o que compensará, pelo menos em parte, o acréscimo de custo resultante do permutador de calor).

Por último a análise de comparação de custos é fundamental para a escolha do sistema ideal.

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo médio por Fração
Sistema 1	41.200,00 €	2.060,00 €
Sistema 2	67.710,80 €	3.385,54 €
Sistema 3	45.793,20 €	2.289,66 €
Sistema 4	48.784,06 €	2.439,20 €
Sistema 5	56.780,57 €	2.839,03 €
Sistema 6	52.304,98 €	2.615,25 €

Tabela 41 – Custos dos vários sistemas

O sistema que apresenta um valor mais baixo de custo é, conforme referido anteriormente, o sistema 1, correspondente ao sistema termossifão individual mas, tal como foi referido anteriormente, este não é o adequado à generalidade dos edifícios de habitação colectiva, sobretudo àqueles que se desenvolvem em altura. Analisando os restantes sistemas e considerando a performance de cada um, resultado das simulações, comparando também o custo de cada um, mais uma vez o destaque cabe ao sistema 3 e 4, sendo estes muito semelhantes. Há neste caso uma diferença de custo (o sistema 4 é mais caro), no entanto consideramos que não é muito significativa. O facto de se reduzir significativamente a quantidade de termofluido (mistura água + glicol) e este ser um dos componentes da instalação que requer a sua substituição com alguma regularidade, poderá ser determinante na escolha do sistema 4.

5 - Conclusões e Perspectivas futuras

Após as simulações dos diferentes esquemas de instalações para o edifício de habitação colectiva analisado e a consequente análise dos vários resultados, conclui-se que os sistemas de energia solar térmica com maiores vantagens do ponto de vista de eficiência energética, são os sistemas 3 e 4. No entanto, face à diferença de preço pouco significativa mas, com valores de consumo de energia primária e de perdas mais baixos, que compensam facilmente as diferenças do investimento inicial, o sistema 4 é claramente a melhor opção.

O sistema termosifão continua a ser a opção mais interessante do ponto de vista económico mas, mas a sua instalação em edifícios de habitação colectiva não é adequada.

O *Software* utilizado, *Transol*, está sem dúvida preparado para este tipo de instalações solares, nomeadamente as multifamiliares, uma vez que nos permite simular diferentes necessidades de AQS, assim como diferentes tipos de acumulação, permitindo assim uma análise mais rigorosa em edifícios com fracções de diferente tipologia. O maior destaque deste *Software* vai para a capacidade de cálculo a nível das perdas e consumos detalhados do ponto de vista energético, dos vários equipamentos e troços de tubagem, conseguindo retirar a informação com bastante precisão. É assim possível proceder de forma mais objectiva a alterações na instalação, por exemplo na fase de projecto, com vista à melhoria da sua eficiência

O *Software* SolTerm, ainda que seja uma ferramenta útil na análise de desempenho de sistemas solares, possui ainda algumas limitações e incorrecções que devem ser revistas. Porém, o RCCTE refere que a contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento de águas quentes sanitárias deverá ser calculada utilizando este software, Contudo, os resultados produzidos pelo *Software* devem ser analisados com sentido crítico, uma vez que seu funcionamento é muito limitado, sobretudo quando pretendemos simular instalações solares multifamiliares, não permitindo a simulação de fracções com diferentes

volumes de acumulação e não contemplando a análise das perdas no circuito de distribuição, entre outras limitações.

Seria interessante numa perspectiva futura, analisar-se um caso prático de um ou mais sistemas aqui referidos, já implementados e a funcionar, e compará-lo com os resultados obtidos nas simulações.

Por outro lado, seria uma boa forma alertar o mercado e os profissionais, para os erros que são cometidos diariamente em instalações solares. A grande maioria das instalações já executadas e a funcionar, não estão a tirar partido de todas as suas potencialidades, por deficiência de instalação, de equipamentos mas, principalmente por défice no controlo. O controlo é sem dúvida um dos pontos mais importantes num sistema solar térmico, uma boa gestão do funcionamento dos vários elementos da instalação, o mais “afinada” possível, de forma a tirar o maior rendimento, é fundamental para o sucesso de uma instalação solar. O profissional do ramo, por desconhecimento na maioria das vezes, não executa da melhor forma as instalações deste tipo de equipamentos, carecendo de informação e de formação sobre um tema que é fundamental.

Os sistemas de energia solar térmica para o aquecimento de AQS, são sem dúvida nenhuma uma das melhores soluções do ponto de vista económico. Espera-se com a elaboração desta tese e que com a informação nela contida, que estes sistemas sejam cada vez mais utilizados nos nossos edifícios, tanto novos como já existentes. É fundamental percebermos o que se pode melhorar no desempenho de uma instalação solar térmica, uma vez que o objectivo desta é tirar partido de uma energia que é gratuita.

Referências Bibliográficas

1. RODRIGUES, António Moret, PIEDADE, António Canha da, Braga, Ana Marta - Térmica de Edifícios, 1ª edição, Edições Orion 2009;
2. RORIZ, Luis; ROSENDO, João; LOURENÇO, Fernando; CALHAU, Kathrin - Energia Solar em Edifícios, 1ª edição, Edições Orion 2010;
3. RORIZ, Luiz - Climatização: Concepção, instalação e condução de sistemas, 2ª edição, Edições Orion 2008;
4. ADENE – Agência para a Energia – Perguntas e Respostas sobre RCCTE (versão 2.0). [Online] www.adene.pt;
5. ADENE – Agência para a Energia – Perguntas e Respostas sobre RSECE – Energia (versão 2.0) [Online] www.adene.pt;
6. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril;
7. Regulamento das Características de Comportamento Térmico, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril;
8. Sistemas de Incentivos às PME. [Online] www.incentivos.qren.pt;
9. Quadro de Referência Estratégico Nacional 2007-2013. [Online] www.qren.pt;
10. Programa Água Quente Solar . Ambiente Online
11. www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=5983
12. Iniciativa pública - Programa Água Quente Solar . [Online] www.agua quente solar.pt
13. Guia do Formulário QREN – Projectos Individuais [Online] www.incentivos.qren.pt;
14. FORUM Energias Renováveis em Portugal – Solar Térmico activo. IP-AQSpP [Online] www.agua quente solar.com
15. FORUM Energias Renováveis em Portugal – Relatório Síntese. IP-AQSpP [Online] www.agua quente solar.com
16. Manual de Projectistas de Sistemas de Energia Solar Térmica, Instituto de Soldadura e Qualidade.
17. Energia Solar Térmica – Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação [Online] www.greenpro.de
18. DGGE – Direcção Geral de Energia e Geologia [Online] www.dgge.pt
19. ADENE – Agência para a Energia [Online] www.adene.pt
20. Medida Solar Termica [Online] www.paineis solares.gov.pt
21. Revista Hidraulica nº25 – Publicação Caleffi de Maio 2006 – As instalações Solares, Técnicas e esquemas de realização
22. Revista Hidraulica nº27 – Publicação Caleffi de Outubro 2007 – Sistemas Solares, Esquemas de realização
23. Publicação Roca 2005 – Energia Solar, Fundamentos y aplicaciones para agua caliente
24. Artigo da revista Renováveis magazine nº 13 – 1º trimestre de 2013 – Carvalho, Luis: Aspectos de dimensionamento de instalações solares térmicas colectivas
25. Edifícios e Energia – <http://www.edificioseenergia.pt/>

Agradecimentos

Desejo agradecer a todos os que directa ou indirectamente me ajudaram a realizar este trabalho. No entanto quero agradecer em especial:

Ao Professor António Hugo Lamarão agradeço a sua disponibilidade para ser meu orientador mesmo sabendo que seria mais uma função a desempenhar para além das muitas em que está envolvido.

Ao Eng.º Rafael Ribas pela disponibilidade demonstrada em alguns esclarecimentos sobre os sistemas de energia solar.

Aos vários Professores e colegas do Mestrado de Energia e Climatização pelos ensinamentos e pelo quanto me fizeram crescer na área.

Agradeço à minha família pela ajuda e pelo incentivo para que nunca desistisse dos meus objectivos.

Um especial agradecimento à Rita Nunes pela companhia, ajuda e carinho em todos os momentos complicados do Mestrado e deste trabalho.

Resumo

Se considerarmos todos os edifícios do mundo, estes são responsáveis por uns surpreendentes 40% do consumo global de energia e pela resultante pegada ecológica, ultrapassando significativamente os resultados de todos os meios de transporte em conjunto. Existem grandes e atractivas oportunidades de redução da utilização de energia nos edifícios com menores custos e maiores retornos que noutros sectores.

Estas reduções são fundamentais para alcançar o objectivo da Agência Internacional de Energia (AIE), de reduzir em cerca de 70% das emissões de gases com efeito de estufa, de todo o planeta em 2050, isto para atingir os níveis de CO₂ estabelecidos e exigidos pelo Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (IPCC, na sigla inglesa). No caso dos edifícios de habitação, a produção de água quente (AQS), é o segundo maior factor de consumo de energia: cerca de 30% do consumo energético total.

Para ajudar a minimizar todos estes grandes consumos de energia, existem soluções, nomeadamente para o aquecimento da AQS, que podemos aplicar nos edifícios de habitação colectiva (multifamiliares) ou moradas, utilizando fontes de energia renovável. E neste caso estamos a falar da energia solar térmica.

Das várias soluções propostas e utilizadas diariamente, principalmente nos edifícios de habitação colectiva, existirá aquela que, do ponto de vista técnico-económico, numa perspectiva de eficiência energética/custo-benefício, se antevê como a melhor solução, uma vez que é frequente que não se tenha conhecimento de causa sobre cada uma delas.

A presente tese baseia-se na análise de várias soluções de sistemas de energia solar térmica para o aquecimento de AQS em edifícios de habitação colectiva, com o objectivo de analisar e comparar as várias soluções. Espera-se contribuir para a clarificação dos vários sistemas utilizados e propostos actualmente no mercado.

Abstract

The set of all buildings of the world are responsible for an astonishing 40% of the global energy consumption and its consequent ecological footprint, exceeding significantly the results of all transportation facilities. There are many and attractive opportunities to reduce the energy consumption of buildings with lower costs and bigger returns than other sectors.

These reductions are essential to achieve the goal set by the International Energy Agency (IEA), namely to reduce about 70% the emission of greenhouse effect gases of the planet until 2050, in order to reach the CO₂ levels required by the Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC). As far as residential buildings are concerned, domestic hot water (DHW) is the second biggest factor of energy consumption reaching 30% of the total.

In order to reduce these huge energy consumptions, renewable energy systems can be used, such as solar energy, and applied to water heating of residential buildings.

Considering the several solutions presented and used on a daily basis, mainly for multifamily housing, there is one that seems to be the best, taking into account technical and economical factors, mainly focusing the energy efficiency and cost-benefit criteria.

This work is based on the analysis of several solar energy solutions for water heating in residential buildings and aims the comparison of those solutions, highlighting the main characteristics of the currently used systems.

Palavras-chave:

Energia solar

Sistema solar térmico

Colectores solares

Água quente Sanitária

Eficiência Energética

Key-Words:

Solar Energy

Thermal solar system

Solar collector

Sanitary hot water

Energy Efficiency

Índice

1 – Enquadramento	1
1.1 - Objectivos e âmbito de aplicação.....	2
2 – Energia e Ambiente na União Europeia.....	3
2.1 - Protocolo de Quioto	3
2.1.1 - Metas e objectivos de Quioto na União Europeia.....	5
2.2 - Estratégia de Portugal para a Energia - ENE 2020.....	7
2.2.1 - Principais Eixos	9
2.2.2 - Medidas propostas para as renováveis para 2020.....	11
2.2.3 - ENE 2020 Resultados Esperados até 2020	12
2.3 - Incentivos à Energia Solar em Portugal	13
2.4 - Mercado do solar térmico	22
2.4.1 – Portugal.....	23
2.4.2 - Mercado Mundial	27
2.5 – Legislação Portuguesa.....	31
3 - Energia Solar	36
3.1 - Radiação Solar.....	37
3.2 - Sistemas de utilização de energia solar	42
3.3 - Energia Solar térmica.....	42
3.3.1 - Colector Solar	49
3.3.2 - Colector solar Plano.....	54
3.3.3 - Tipos de instalação dos colectores solares.....	59
3.3.4 - Certificação dos colectores.....	60

3.3.5 - Depósitos Acumuladores.....	61
3.3.6 - Tipos de depósitos acumuladores	62
3.4 - Circuito Primário (solar).....	69
3.4.1 - Tubagens.....	70
3.4.2 - Isolamento Térmico.....	71
3.4.3 - Fluido de transferência térmica	72
3.4.4 - Grupo Hidráulico.....	73
3.4.5 - Bomba de circulação	75
3.4.6 - Purgador	76
3.4.7 - Separadores de ar.....	77
3.5 - Equipamentos de segurança	77
3.5.1 - Válvula de segurança	78
3.5.2 - Vaso de expansão	79
3.6 - Pressão do Circuito e Manómetro.....	80
3.7 – Válvulas	81
3.7.1 - Válvula de retenção	81
3.7.2 - Válvulas de corte	83
3.7.3 - Válvula misturadora termostática.....	84
3.7.4 - Válvula de 3 vias	85
3.8 – Regulação	85
3.8.1 - Reguladores de caudal ou caudalímetros	85
3.8.2 - Controlador solar.....	86
3.8.3 - Sensor de temperatura.....	88

3.9 - Dissipador de calor	89
3.10 - Permutador de calor	90
3.11 - Sistema Auxiliar	91
3.12 - Classificação dos sistemas solares térmicos.....	91
3.12.1 - Tipo de circuito	92
3.12.2 - Tipo de circulação.....	93
3.13 - Sistema circulação natural (termossifão)	93
3.13.1 - Princípio de funcionamento do sistema termossifão	93
3.14 – Sistema de circulação forçada	95
4 – Caso de estudo	98
4.1 Descrição do Edifício	98
4.2 Necessidade de AQS e dados para simulação	99
4.3 – Sistemas a analisar	104
4.3.1 - Sistema termossifão individual por fracção (sistema 1)	106
4.3.2 – Circulação Forçada individual com acumulação individual por fracção (sistema 2).....	109
4.3.3 - Sistema centralizado com acumulação individual por fracção (sistema 3)	111
4.3.4 – Sistema com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção (sistema 4)	114
4.3.5 – Sistema com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção (sistema 5)	117
4.3.6 – Sistema com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção (sistema 6)	120
4.4 - Análise de resultados.....	122

5 - Conclusões e Perspectivas futuras	125
Referências Bibliográficas.....	127
ANEXOS.....	128
ANEXO I – Resultados da Simulação Solterm 5.1	129
Simulação do Colector Padrão.....	130
Simulação do Colector RKE2500 Alpin.....	132
Simulação do sistema 1 – Termossifão 160 Litros.....	134
Simulação do sistema 1 – Termossifão 200 Litros.....	136
Simulação do sistema 1 – Termossifão 300 Litros, Tipologia T3	138
Simulação do sistema 1 – Termossifão 300 Litros, Tipologia T4	140
Simulação do sistema 2 – Circulação forçada 150 Litros, Tipologia Loja	142
Simulação do sistema 2 – Circulação forçada 200 Litros, Tipologia T2	144
Simulação do sistema 2 – Circulação forçada 300 Litros, Tipologia T3	146
Simulação do sistema 2 – Circulação forçada 300 Litros, Tipologia T4.....	148
ANEXO II – Resultados da Simulação Transol	150
Sistema 3 - Sistema centralizado com acumulação individual por fracção.....	151
Sistema 4 - Sistema com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção	159
Sistema 5 - Sistema com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção	167
Sistema 6 - Sistema com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção	175
ANEXO III – Custos Previstos dos Sistemas Simulados	183
Sistema 1 - Sistema termossifão individual por fracção.....	184

Sistema 2 - Circulação Forçada individual com acumulação individual por fracção ..	185
Sistema 3 - Sistema centralizado com acumulação individual por fracção.....	186
Sistema 4 – Sistema com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção	187
Sistema 5 – Sistema com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção	189
ANEXO IV – Certificado do Colector Solar RKE 2500 ALPIN Easy.....	193

Índices de Figuras

Figura 1 – Distribuição da radiação solar em Portugal	13
Figura 2 – Quantidade de colectores solares instalados trimestralmente em 2012 (m ² e kWth)	24
Figura 3 – Quantidade de colectores solares instalados no ano de 2011 e de 2012.....	25
Figura 4 - Evolução da quantidade de m ² de colector instalada anualmente (m ² e kWth).....	25
Figura 5 – Evolução da capacidade acumulada (m ² e kWth).....	26
Figura 6 – Mercado solar nos 27 da EU e Suíça.....	26
Figura 7 – Mercado solar nos 27 da EU e Suíça.....	26
Figura 8 – Energia Solar na superfície terrestre	36
Figura 9 – Componentes de radiação solar global	36
Figura 10 – Radiação solar	39
Figura 11 – Trajectória do sol.....	39
Figura 12 – Mapa Europeu com a incidência da radiação solar.....	40
Figura 13 - Mapa de Portugal com a incidência da radiação solar.....	41
Figura 14 – Funcionamento do colector solar.....	43
Figura 15 - Ângulo de inclinação e azimute dos colectores	45
Figura 16 - Ângulos solares externos	46
Figura 17 - Radiação solar global para diferentes orientações do colector solar	46
Figura 18 - As trajectórias do sol e as sombras.....	47
Figura 19 – Distancia entre baterias de colectores.....	48
Figura 20 – Colectores planos instalados em telhado.....	49
Figura 21 – Colector plástico em corte	50
Figura 22 – Bateria de colectores de plástico	50
Figura 23 – Colector de tubos de Vácuo	51
Figura 24 – Pormenor tubo Vácuo	51
Figura 25 – Colector Cilindro-parabólico.....	51
Figura 26 - Colector Cilindro-parabólico	51
Figura 27 – Bateria colectores CPC.....	52
Figura 28 – Pormenor de colector CPC	52
Figura 29 - Curvas de rendimento de colectores solares.....	53
Figura 30 – Constituição de colector plano.....	55

Figura 31 - Selectividade dos absorsores	57
Figura 32 - Colector Plano – Fluxos de energia	58
Figura 33 – Tipos de áreas.....	59
Figura 34 – Telhado inclinado	60
Figura 35 – Integrado no telhado.....	60
Figura 36 – Terraço plano.....	60
Figura 37 - Fachada	60
Figura 38 – Símbolo da entidade certificadora europeu.....	60
Figura 39 – Símbolo da entidade certificadora nacional.....	61
Figura 40 – Esquema da estratificação da temperatura da água	63
Figura 41 – Deposito com permutador camisa	65
Figura 42 – Depósito com 1 permutador serpentina	66
Figura 43 - Depósito com 2 permutadores serpentina	66
Figura 44 – Depósito combinado (tank in tank).....	67
Figura 45 – Depósito de acumulação com permutador de calor externo	67
Figura 46 – Resistência eléctrica	68
Figura 47 – Ânodo magnésio.....	69
Figura 48 – Esquema do interior do grupo hidráulico	74
Figura 50 - Purgador de ar.....	76
Figura 51 - Válvula de segurança.....	79
Figura 52 - Vaso de expansão.....	80
Figura 53 - Manómetro	81
Figura 54 - Válvula de retenção.....	82
Figura 55 - Efeito termossifão	82
Figura 56 - Freio de gravidade.....	83
Figura 57 - Válvula de corte.....	84
Figura 58 - Válvula Misturadora Termostática.....	85
Figura 59 - Válvula de 3 Vias	85
Figura 60 - Caudalimetro em linha	86
Figura 61 - Caudalimetro com visor lateral	86
Figura 62 – Controlador Solar	87
Figura 63 – Sensor de temperatura.....	88

Figura 64 – Dissipador de calor	89
Figura 65 – Permutador interno.....	90
Figura 66 – Permutador de placas	90
Figura 67 – Permutador tubolar.....	90
Figura 68 – Esquentador Termostático.....	91
Figura 69 – Caldeira Mural	91
Figura 70 – Bomba de Calor AQS	91
Figura 71 – Resistência Eléctrica	91
Figura 72 – Sistema Directo	92
Figura 73 – Sistema Indirecto.....	92
Figura 74 – Sistema Termossifão	94
Figura 75 – Funcionamento Termossifão.....	94
Figura 76 – Funcionamento Circulação forçada.....	96
Figura 77 – Sistema Drain Back	97
Figura 78 – Simulação Solterm colector padrão	101
Figura 79 – Resultado da Simulação Solterm para Colector padrão.....	102
Figura 80 - Simulação Solterm colector RKE 2500 ALPIN Easy.....	103
Figura 81 - Resultado da Simulação Solterm para Colector RKE2500 Alpin Easy	103
Figura 82 – Sistema 1 Termossifão.....	106
Figura 83 – Sistema 2 circulação forçada individual	109
Figura 84 – Sistema 3 centralizado com acumulação individual por fracção	111
Figura 85 - Sistema 4 com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção	114
Figura 86 - Sistema 5 com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção.....	117
Figura 87 - Sistema 6 com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção	120

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Quadro alusivo à diferença das emissões de gases CFC entre 1990 a 2004 dos principais poluidores, segundo a ONU	4
Tabela 2 – Instituições envolvidas	17
Tabela 3 – Exemplo do custo dos sistemas solares disponíveis para o cliente final na MST.....	22
Tabela 4 – Valores totais do mercado de energia solar térmica.....	30
Tabela 5 – Tipo de utilização e respectiva Inclinação	44
Tabela 6 - Exemplo de distâncias com base num colector com H= 2 m, localizado na latitude 37º	48
Tabela 7 – Vantagens de desvantagens dos colectores.....	54
Tabela 8 – Espessuras mínimas de isolamento	71
Tabela 9 – Concentração do glicol	72
Tabela 10 - Tabela de selecção de vaso de expansão	80
Tabela 11 - Tipologias do edifício.....	98
Tabela 12 – Totais das Tipologias.....	98
Tabela 13 – Ocupação convencional das fracções autónomas residências, de acordo com a sua tipologia.....	99
Tabela 14 – Necessidades de AQS no Edifício.....	99
Tabela 15 - Acumulação de AQS do sistema 1	107
Tabela 16 - Custo do sistema 1 por tipologia.....	107
Tabela 17 - Valores simulação Solterm para o sistema 1.....	108
Tabela 18 – Acumulação de AQS do sistema 2	110
Tabela 19 – Custo do sistema 2 por tipologia	110
Tabela 20 - Valores simulação Solterm para o sistema 2.....	111
Tabela 21 – Acumulação de AQS do sistema 3	113
Tabela 22 – Custo do Sistema 3	113
Tabela 23– Resultados Globais do sistema 3	113
Tabela 25 – Perdas energéticas do sistema 3	114
Tabela 26 - Custo do Sistema 4	116
Tabela 27– Resultados Globais do sistema 4	116
Tabela 28 – Resultados energéticos globais do sistema 4	116
Tabela 29 – Perdas energéticas do sistema 4	116

Tabela 30 - Acumulação de AQS do sistema 5	118
Tabela 31 - Custo do Sistema 5	118
Tabela 32– Resultados Globais do sistema 5	119
Tabela 33 – Resultados energéticos globais do sistema 5	119
Tabela 34 – Perdas energéticas do sistema 5	119
Tabela 35 - Acumulação de AQS do sistema 5	121
Tabela 37– Resultados Globais do sistema 6	122
Tabela 38 – Resultados energéticos globais do sistema 6	122
Tabela 39 – Perdas energéticas do sistema 6	122
Tabela 40 - Resultados de maior destaque nos vários sistemas	123
Tabela 41 – Custos dos vários sistemas	124

Lista de Abreviaturas (Nomenclaturas)

AQS – Água quente sanitária

EU – União Europeia

AQSpP - Água Quente Solar para Portugal

DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia

1 – Enquadramento

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), implementado pela publicação do pacote legislativo constituído pelos decretos-lei n.º 78/2006, 79/2006 e 80/2006, tornou obrigatório, de uma forma geral, o recurso a instalações solares térmicas para a preparação de águas quentes sanitárias (AQS), em edifícios novos.

A aplicação do regulamento a edifícios de habitação colectiva, em particular no que diz respeito à instalação de sistemas solares térmicos para a preparação de AQS, criou novos desafios em termos da escolha da solução mais adequada, de entre um conjunto de alternativas possíveis, quer se trate do aproveitamento da energia solar, quer da acumulação, quer da distribuição, quer dos sistemas de apoio. Da combinação destas diferentes alternativas, resultará aquela que, do ponto de vista técnico-económico, numa perspectiva de eficiência energética/custo-benefício, se antevê como a melhor solução.

Por forma a concretizar os objectivos pretendidos, aplicar-se-á o regulamento a um edifício de apartamentos, com diferentes tipologias, simulando vários tipos de sistemas solares térmicos para a preparação e AQS, possíveis de implementação no edifício, determinando o seu desempenho energético, traduzido no contributo solar e na classificação energética de cada uma das fracções do edifício (apartamentos) assim como as vantagens e desvantagens associadas a cada sistema.

Numa primeira fase, como referência regulamentar, será feita a simulação dinâmica da instalação com base no software SOLTERM 5.1.3, desenvolvido pelo INETI, o qual é obrigatório, de acordo com o D.L. n.º 80/2006, de 4 de Abril, para determinação do contributo solar das instalações. Contudo, este software é pouco flexível, não permitindo integrar as várias alternativas que se pretendem analisar no âmbito do presente trabalho, pelo que, para tal, se fará recurso ao software de simulação *Transol*.

1.1 - Objectivos e âmbito de aplicação

Pretende-se nesta tese analisar e comparar várias soluções alternativas para instalações solares térmicas em edifícios de habitação colectiva, tendo por base a aplicação a um edifício de apartamentos, procurando identificar as vantagens e desvantagens associadas a cada uma, numa perspectiva técnico-económica de eficiência energética e de custo-benefício. A análise terá por base a simulação das instalações com o software *Transol Pro 3.1*, de simulação dinâmica de instalações solares térmicas, fazendo-se a comparação dos resultados para as diferentes soluções alternativas.

Far-se-á igualmente a simulação das instalações utilizando o software *SOLTERM 5.1.3*, desenvolvido pelo INETI, o qual é, de acordo com o estabelecido no RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (D.L. n.º 80/2006, de 4 de Abril), considerado obrigatório para determinação do contributo solar térmico das instalações solares. A comparação dos resultados obtidos através da utilização das duas ferramentas de simulação, é igualmente realizada.

2 – Energia e Ambiente na União Europeia

2.1 - Protocolo de Quioto

“O Protocolo de Kyoto é um tratado internacional com compromissos rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa do aquecimento global.”¹.

O Protocolo de Quioto surge após vários eventos, iniciados com a *Toronto Conference on the Changing Atmosphere*, no Canadá em Outubro de 1988, seguida pelo IPCC's² *First Assessment Report em Sundsvall*, Suécia em Agosto de 1990 e que terminou com a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (CQNUMC, ou UNFCCC em inglês) em Junho de 1992, no Rio de Janeiro, Brasil na ECO-92. Foi em Quioto, no Japão, em 1997, que este protocolo foi discutido e negociado, tendo sido iniciada a subscrição em 11 de Dezembro de 1997, sendo ratificado em 15 de Março de 1999. Para o protocolo entrar em vigor seria necessário que 55% dos países, representando pelo menos 55% das emissões de gases com efeito de estufa, o ratificassem – a entrada em vigor deu-se, finalmente, em 16 de Fevereiro de 2005, após a ratificação da Rússia, em Novembro de 2004: De referir que Portugal ratificou o Protocolo de Quioto em 31 de Maio de 2002.

O Protocolo de Quioto propõe um calendário pelo qual os países-membros (principalmente os mais desenvolvidos) têm a obrigação de reduzir a emissão de gases do efeito estufa em, pelo menos, 5,2% em relação aos níveis de 1990 no período entre 2008 e 2012, também chamado como primeiro período de compromisso (para muitos países, membros da UE, corresponde a 15% abaixo das emissões esperadas para 2008). O protocolo determina seis gases cujas emissões devem ser reduzidas:

- CO₂ - Dióxido de Carbono
- N₂O - Óxido Nitroso
- CH₄ - Metano

¹ Texto retirado: <http://www.portal-energia.com/protocolo-de-quioto/>

² IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change ou Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

- HFC - Hidrofluorcarboneto
- PFC - Perfluorcarboneto
- SF₆ - Hexofluor Sulfuroso

As metas de redução não são homogéneas a todos os países, colocando níveis diferentes para os 38 países que mais gases emitem.

A redução destas emissões deverá acontecer em várias actividades económicas. O protocolo estimula os países que assinaram a cooperarem entre si, através de algumas acções básicas, como por exemplo:

- Reformular os sectores de energia e transportes;
- Promover o uso de fontes energéticas renováveis;
- Eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da Convenção;
- Proteger florestas

Se o Protocolo de Quioto for implementado com sucesso, a temperatura global do planeta poderá reduzir-se, entre 1,4°C e 5,8 °C até 2100.

País	Diferença entre as emissões de CFC (1990-2004)	Objectivo da União Europeia para 2012	Obrigaçao do Tratado 2008-2012
Alemanha	-17%	-21%	-8%
Canadá	27%	Não assinado	-6%
Espanha	49%	15%	-8%
U.S.A	16%	<i>Não assinado</i>	<i>Não assinado</i>
França	-0.8%	0%	-8%
Grécia	27%	25%	-8%
Irlanda	23%	13%	-8%
Japão	+6.5%	<i>Não assinado</i>	-6%
Reino Unido	-14%	-12.5%	-8%
Portugal	41%	27%	-8%
Outros 15 países da UE	-0.8%	<i>Não assinado</i>	-8%

Tabela 1 – Quadro alusivo à diferença das emissões de gases CFC³ entre 1990 a 2004 dos principais poluidores, segundo a ONU⁴

³ **CFC:** (Clorofluorcarbonetos) classe de compostos orgânicos que contêm carbono, cloro e flúor, usados na refrigeração, em frigoríficos, ar condicionado, embalagens, isolamentos, ou como solventes e impulsores em aerossóis. Os CFCs não são tóxicos, mas vêm sendo abolidos porque se acumulam na atmosfera superior, onde a luz solar os transforma em agentes

2.1.1 - Metas e objectivos de Quioto na União Europeia

Na UE cerca de 70% da energia utilizada domesticamente é gasta no aquecimento das casas e cerca de 14% no aquecimento de água (AQS).

A Europa está hoje empenhada em reduzir até 2020 as suas emissões de gases com efeito de estufa para, pelo menos, 20% abaixo dos níveis de 1990.

De forma a atingir estes níveis de redução, foram definidos entre outros, os seguintes objectivos:

- Melhorar a eficiência energética em 20% até 2020;
- Aumentar a quota de energias renováveis no consumo de energia para uma média de 20% até 2020 em toda a EU;
- Aumentar em 10% a percentagem de biocombustíveis destinados aos transportes até 2020, de acordo com um conjunto de regras claras que assegurem que o objectivo é atingido de uma forma sustentável;

Cada País tem um objectivo individual, que reflecte o seu potencial de promover a utilização de energias renováveis. O objectivo de redução das emissões da UE será aumentado até 30% se os países desenvolvidos assumirem, também o mesmo objectivo num acordo global.

Desde o início da década de 1990, que têm sido adoptadas, a nível comunitário, várias iniciativas relacionadas com as alterações climáticas. Em 2000, a Comissão Europeia lançou o Programa Europeu de Mudança do Clima (PEMC), uma vez que a Comissão trabalha com organizações do sector do ambiente e industrial entre outras partes interessadas, no sentido de identificar medidas eficazes destinadas à redução de emissões.

químicos que destroem a camada de ozono protectora da terra.
http://www.energiasrenovaveis.com/Glossario.asp?Letra=3&ID_area=19

⁴ Tabela retirado do site: http://pt.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_Quioto

Os dirigentes europeus aprovaram, em 2008 um pacote climático e energético constituído por um conjunto de propostas para acções concretas e um conjunto de objectivos ambiciosos.

Algumas medidas do PEMC⁵ destinam-se, por exemplo:

- i. A melhorar a eficiência energética dos edifícios (um bom isolamento pode reduzir em 90% os custos de aquecimento);
- ii. Aumentar a utilização de energias de fontes renováveis, tais como o vento, o sol, as marés, a biomassa (matéria orgânica, como madeira, resíduos da indústria transformadora, plantas, estrume de animais, etc.) e energia geotérmica (calor gerado por vulcões ou fontes termais);
- iii. Reduzir as emissões de metano provenientes de aterros.

A União Europeia tenta liderar as negociações internacionais com o objectivo de assegurar o controlo das alterações climáticas antes que seja tarde demais, o que significa lutar por um novo acordo suficientemente ambicioso, de forma dar resposta à gravidade das alterações climáticas que enfrentamos e implementar medidas a uma escala mundial para estabilizar as emissões de gases com efeito de estufa antes de 2020 e, posteriormente, reduzir essas emissões para metade dos níveis de 1990 até 2050.

Será necessário criar um sistema energético de baixo teor de carbono sustentável e implementá-lo o mais rapidamente possível. Significa aumentar a eficiência energética, o que permite reduzir as emissões globais, instigar o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias energéticas não poluentes de forma a assegurar a aplicação dos mecanismos de financiamento necessários.

Uma grande parte do investimento necessário, mais de metade será realizado nos países em desenvolvimento, por essa razão a UE tenta criar fontes de financiamento internacional inovadoras com base na capacidade de pagamento e nos níveis de emissão dos países.

⁵ Programa Europeu de Mudança do Clima

A Comissão Europeia tem como prioridade fundamental, o combate às alterações climáticas. A comunicação é muito importante, por essa razão a Comissão realiza campanhas de sensibilização a nível europeu, para que a mensagem sobre a importância do papel dos cidadãos no combate às alterações climáticas, seja divulgada. Outras iniciativas no âmbito da comunicação incluem a produção e divulgação de vídeo clipes, publicações e um diário para as escolas, a realização de conferências, a organização de exposições e a coordenação de uma rede de embaixadores do clima.

Para 2020, espera-se que 11 países, entre eles a França, a Polónia, Portugal e o Reino Unido, consigam atingir suas metas nacionais. A Alemanha, a Áustria e a Finlândia, terão que se esforçar muito mais para alcançarem seus objetivos. No último ano, os maiores aumentos nas emissões ocorreram na Alemanha, na Holanda, na Polónia e no Reino Unido, embora este último tenha reduzido suas emissões em 24,8% desde 1990.

“Perseguir nossos esforços para fazer da Europa uma sociedade de baixo carbono é o caminho a seguir. Isso estimulará a inovação tecnológica, induzirá o crescimento económico e criará empregos, ao mesmo tempo que reduzirá mais emissões para que possamos atingir nossas metas climáticas e energéticas de 2020 e metas de longo prazo”, defendeu Connie Hedegaard, comissária climática da UE.⁶

2.2 - Estratégia de Portugal para a Energia - ENE 2020

São cinco os eixos, nos quais assenta a ENE 2020 e se define as grandes linhas de orientação política e medidas de maior relevância para a área da energia:

a) Competitividade, crescimento e independência energética e financeira:

Ambiciona a dinamização dos diferentes sectores da economia, para a criação de emprego e valor através da aposta em projectos pioneiros e inovadores nas áreas da eficiência energética, das energias renováveis:

⁶ Retirado do site : http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/actions/whatiseudoing_pt.htm

- (i) Produção descentralizada e da mobilidade eléctrica, num quadro de equilíbrio territorial;
- (ii) Promoção da concorrência nos mercados através da consolidação do mercado ibérico de electricidade (MIBEL)⁷, da criação do mercado ibérico do gás natural (MIBGAS)⁸ e da regulamentação do sistema petrolífero nacional e contribuindo para a maior independência energética e financeira do nosso país face a choques energéticos externos.

b) Aposta nas energias renováveis:

Uma forte aposta na promoção do desenvolvimento de uma fileira industrial, que estimule o crescimento económico e de emprego, e que permita atingir as metas nacionais de produção de energia renovável, intensificando a diversificação das energias renováveis no mix energético, simultaneamente, reduzindo a dependência externa nacional, de forma a aumentar a segurança de abastecimento.

c) Promoção da eficiência energética;

Ambiciona a promoção da eficiência energética, tornando estável o objectivo de redução de 20 % do consumo de energia final em 2020, através do estabelecimento de medidas, assim como na aposta em projectos inovadores, designadamente

- (i) O veículo eléctrico e as redes inteligentes;
- (ii) A produção descentralizada de base renovável;
- (iii) A optimização dos modelos de iluminação pública e de gestão energética dos edifícios públicos, residenciais e de serviços.

⁷ MIBEL (Mercado Ibérico da Energia Eléctrica) - resulta de um processo de cooperação desenvolvido pelos Governos de Portugal e de Espanha com o objectivo de promoverem integração dos sistemas eléctricos dos dois países.

⁸ MIBGAS (Mercado Ibérico de Gás Natural) – Portugal e Espanha, no que se refere ao Sector do Gás, decidiram instituir vários grupos de trabalho com o objectivo de preparar a criação e desenvolvimento do mercado ibérico do gás natural – MIBGAS

d) Garantia de segurança de abastecimento energético:

Pretende-se garantir uma segurança de abastecimento através da manutenção da política de diversificação do *mix* energético, do ponto de vista das fontes e das origens do abastecimento, e do reforço das infra-estruturas de transporte e de armazenamento que permitam a estabilidade do mercado ibérico em concordância com as orientações da política energética europeia.

e) Promoção da sustentabilidade da estratégia:

Ambiciona a promoção da sustentabilidade económica, ambiental e técnica como condição fundamental para o sucesso da política energética, recorrendo a instrumentos da política fiscal, para a criação de um fundo de equilíbrio tarifário que permita continuar o processo de crescimento das energias renováveis.

2.2.1 - Principais Eixos

São cinco os eixos, nos quais assenta a ENE 2020 e se define as grandes linhas de orientação política e medidas de maior relevância para a área da energia:

f) Competitividade, crescimento e independência energética e financeira:

Ambiciona a dinamização dos diferentes sectores da economia, para a criação de emprego e valor através da aposta em projectos pioneiros e inovadores nas áreas da eficiência energética, das energias renováveis:

- (iii) Produção descentralizada e da mobilidade eléctrica, num quadro de equilíbrio territorial;

(iv) Promoção da concorrência nos mercados através da consolidação do mercado ibérico de electricidade (MIBEL)⁹, da criação do mercado ibérico do gás natural (MIBGAS)¹⁰ e da regulamentação do sistema petrolífero nacional e contribuindo para a maior independência energética e financeira do nosso país face a choques energéticos externos.

g) Aposta nas energias renováveis:

Uma forte aposta na promoção do desenvolvimento de uma fileira industrial, que estimule o crescimento económico e de emprego, e que permita atingir as metas nacionais de produção de energia renovável, intensificando a diversificação das energias renováveis no mix energético, simultaneamente, reduzindo a dependência externa nacional, de forma a aumentar a segurança de abastecimento.

h) Promoção da eficiência energética;

Ambiciona a promoção da eficiência energética, tornando estável o objectivo de redução de 20 % do consumo de energia final em 2020, através do estabelecimento de medidas, assim como na aposta em projectos inovadores, designadamente

- (iv) O veículo eléctrico e as redes inteligentes;
- (v) A produção descentralizada de base renovável;
- (vi) A optimização dos modelos de iluminação pública e de gestão energética dos edifícios públicos, residenciais e de serviços.

⁹ MIBEL (Mercado Ibérico da Energia Eléctrica) - resulta de um processo de cooperação desenvolvido pelos Governos de Portugal e de Espanha com o objectivo de promoverem integração dos sistemas eléctricos dos dois países.

¹⁰ MIBGAS (Mercado Ibérico de Gás Natural) – Portugal e Espanha, no que se refere ao Sector do Gás, decidiram instituir vários grupos de trabalho com o objectivo de preparar a criação e desenvolvimento do mercado ibérico do gás natural – MIBGAS

i) Garantia de segurança de abastecimento energético:

Pretende-se garantir uma segurança de abastecimento através da manutenção da política de diversificação do *mix* energético, do ponto de vista das fontes e das origens do abastecimento, e do reforço das infra-estruturas de transporte e de armazenamento que permitam a estabilidade do mercado ibérico em concordância com as orientações da política energética europeia.

j) Promoção da sustentabilidade da estratégia:

Ambiciona a promoção da sustentabilidade económica, ambiental e técnica como condição fundamental para o sucesso da política energética, recorrendo a instrumentos da política fiscal, para a criação de um fundo de equilíbrio tarifário que permita continuar o processo de crescimento das energias renováveis.

2.2.2 - Medidas propostas para as renováveis para 2020

Em termos quantitativos, no que diz respeito às energias renováveis, são os seguintes os objectivos estabelecidos na ENE 2020

- Energia eólica: atingir 8.500 MW de potência instalada em 2020.
- Energia hídrica: 8.600 MW de capacidade instalada em 2020; implementação de um plano de acção para as mini-hídricas para o licenciamento de 250 MW; desenvolvimento de capacidade reversível.
- Biomassa: instalação efectiva da potência já atribuída (250 MW), introduzindo mecanismos de flexibilidade na concretização dos projectos; promoção da produção de biomassa florestal.
- Solar: 1.500 MW de potência instalada em 2020; actualização do programa de Microgeração e introdução de um programa de Minigeração; desenvolvimento de um novo *cluster* industrial baseado na energia solar de concentração, para projectos de demonstração; promoção da energia solar térmica.

- Ondas, geotermia e hidrogénio: implementação da zona piloto para a energia das ondas (250 MW em 2020); promoção de uma nova fileira na área da geotermia (250 MW em 2020); exploração do potencial do hidrogénio.
- Biocombustíveis e biogás: implementação efectiva das Directivas Europeias e das melhores práticas associadas aos biocombustíveis; exploração do potencial associado ao biogás proveniente da digestão anaeróbia de resíduos.

2.2.3 - ENE 2020 Resultados Esperados até 2020

É esperado que com a ENE 2020 sejam atingidos os seguintes resultados:

- Redução para 74% em 2020, da dependência energética externa;
- Cumprimento dos compromissos assumidos relativos ao combate às alterações climáticas, para 2020:
 - i. 31% da energia final proveniente de recursos renováveis,
 - ii. 20% de redução do consumo de energia final;
- Redução em 25% do saldo importador energético, com a produção de energia a partir de fontes endógenas (redução das importações \approx 2.000 milhões €/ano em 2020);
- Consolidação do *cluster* industrial¹¹ associado às energias renováveis:
 - i. Obtenção de um Valor Acrescentado Bruto (VAB) de 3.800 milhões de euros
 - ii. Criação de mais 100.000 postos de trabalho (a crescer aos 35.000 já existentes no sector) em 2020.
- Continuar a desenvolver o *cluster* industrial associado à eficiência energética:

¹¹ Um **cluster**, no mundo da indústria, é uma concentração de empresas que se comunicam por possuírem características semelhantes e coabitarem no mesmo local, colaboram entre si e, assim, tornam-se mais eficientes.

- i. Criação de 21.000 postos de trabalho;
 - ii. Investimento de 13.000 milhões de euros até 2020;
 - iii. Exportações adicionais de 400 milhões de euros;
- Continuação da promoção do desenvolvimento sustentável, de forma a criar condições para que sejam cumpridas as metas de redução de emissões de GEE assumidas no quadro europeu.

2.3 - Incentivos à Energia Solar em Portugal

A energia solar assume-se com uma enorme importância num país como Portugal onde o número total de horas de sol é um dos mais elevados da Europa – cerca de 3 mil horas de sol por ano em algumas regiões. A energia solar pode ser aproveitada para a produção de electricidade mas é na produção de água quente sanitária e ou aquecimento de piscinas que assume uma grande importância, sendo o recurso à queima de combustíveis fósseis substituído, evitando-se assim emissões de dióxido de carbono.

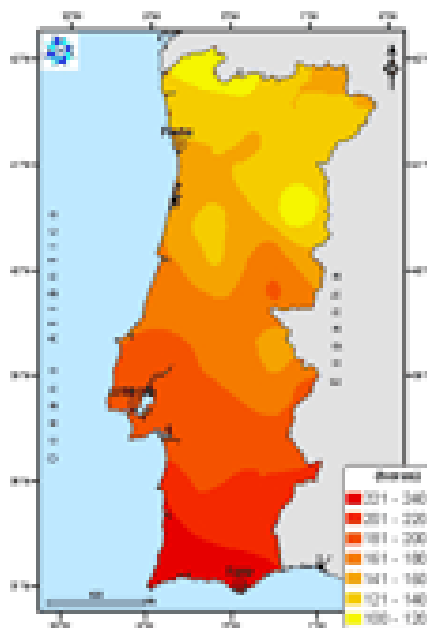


Figura 1 – Distribuição da radiação solar em Portugal

Apesar das excelentes condições existentes em Portugal, em termos da disponibilidade da fonte de energia solar, verifica-se que o mercado nacional de colectores solares para aquecimento de água tem uma dimensão muito inferior à de outros países da Europa.

No ano de 2001, através da Resolução do Conselho de Ministros nº154/2001, de 19 de Outubro, foi lançado o **Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas**, este reunia um conjunto de medidas para melhorar a eficiência energética e o aproveitamento das energias renováveis em Portugal, entre as quais a promoção da utilização de colectores solares para aquecimento de água, quer nos sectores residencial e serviços, quer na Indústria.

Para implementar este programa e aumentar a contribuição dos colectores solares para o aquecimento de água, o programa Operacional da Economia (POE) aprovou a Iniciativa Pública AQSpP¹² promovida pela Direcção Geral de Energia e Geologia (DGEG), reunindo e potenciando sinergias entre várias instituições com vista à sua concretização:

- i. A Agência para a Energia (ADENE);
- ii. O Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial (INETI);
- iii. A Sociedade Portuguesa de Energia Solar (SPES);
- iv. Associação Portuguesa da Indústria Solar (APISOLAR);

O Programa “Água Quente Solar para Portugal”, pretendia promover e dinamizar a energia solar térmica para aquecimento de água, tinha o objectivo de incentivar o desenvolvimento do mercado de uma forma sustentada, restabelecendo a confiança na tecnologia.

A meta (ambiciosa) que se visava atingir era de 150 000 m², criando um mercado anual sustentado de colectores solares instalados, que atingissem valores na ordem de 1 000 000 m² instalados e operacionais em 2010, o que não representava, na altura, mais de 7% do potencial explorável.

¹² AQSpP – Água Quente Solar para Portugal

Esperava-se uma penetração de 25% do potencial máximo do sector doméstico e 10% do potencial da industrial – o mercado seria composto por 80% de sistemas de sector doméstico (pequenos sistemas) e 20% de sistemas do sector da indústria/serviços (grandes sistemas, incluindo escolas, ginnodesportivos, hospitais, piscinas, hotéis, etc.).

As grandes linhas de intervenção da IP-AQSp¹³ foram definidas com o objectivo de fazer face às maiores dificuldades que não permitem o desenvolvimento da energia solar, nomeadamente:

- A sua fraca credibilidade junto dos utilizadores devido à falta de qualidade da maioria dos equipamentos e das instalações da década de 80;
- A percepção de custo elevado dos equipamentos pelos utilizadores.

Ao proceder ao aproveitamento deste potencial endógeno, o Governo pretendia que Portugal desse um passo importante para:

- Reduzir da sua dependência energética, e forma a aumentar a contribuição das energias renováveis no balanço energético nacional; contribuição de 0,1 Mtep para a energia final (0,15 Mtep de energia primária, que, na sua maior parte, era importada);
- Reduzir as emissões associadas ao uso de combustíveis fósseis; redução de 0,8% nas emissões de gases com efeito de estufa, em relação aos valores totais de referência de 1990, correspondendo a 0,5 milhões de toneladas de CO₂ equivalente evitado
- Criar e desenvolver uma nova actividade económica com impacto, na indústria, engenharia, comércio e na criação de emprego distribuído por todo o território; Criação de novos empregos, num valor que se estimava superior a 1500.
- Melhorar a qualidade de vida, conforto e poupança individual de cada cidadão;
- Criar uma nova oportunidade para exportação a prazo de tecnologia, equipamentos serviços.

¹³ IP-AQSp – Iniciativa pública de água quente solar para Portugal

Para o Programa “Água Quente Solar” foram criados um conjunto de medidas de incentivo (fiscais e financeiras).

Incentivos Fiscais

Manteve-se o incentivo que já existia do IRC para empresas, que se traduzia na possibilidade de amortização do investimento no sistema solar em apenas 4 anos para efeito de cálculo desse imposto.

Manteve-se a possibilidade de dedução à colecta no IRS, para particulares, de 30% da importância despendida, com a aquisição de equipamentos novos para utilização de energias renováveis mas, aumentaram o limite máximo dedutível de 600 para 700 Euros.

Incentivos financeiros constituídos pelo MAPE¹⁴:

Comtemplava o apoio ao aproveitamento da energia solar para aquecimento de água, num quadro dos projectos de utilização racional de energia, apoio esse que poderia atingir os 40% dos investimentos em sistemas de colectores solares.

Pretendia-se introduzir o conceito de garantia de qualidade dos componentes e das instalações, gerando maior confiança nos utilizadores, mediante:

- Certificação obrigatória de colectores e sistemas solares térmicos, na sequência de ensaios de qualificação;
- Formação e certificação de profissionais (projectistas e instaladores), sendo obrigatório o recurso a instaladores certificados para acesso aos apoios e incentivos fiscais;
- Garantia mínima dos equipamentos de 6 anos.

¹⁴ MAPE - Medida de Apoio ao Aproveitamento do Potencial Energético e Racionalização de Consumos

Criação de um Observatório de Energia Solar

O Observatório foi criado, com o objectivo de acompanhar a implementação do Programa AQSpP¹⁵, analisando o que se fazia no terreno, através da instituição de uma metodologia de apreciação permanente e referenciada dos componentes, instalações e instaladores, bem como das exigências dos utilizadores face a este produto, para permitir uma avaliação do progresso e a identificação de medidas correctivas que venham a provar-se desejáveis.

Pretendia-se que os resultados do Programa “Água Quente Solar” contribuíssem, decisivamente para o cumprimento dos objectivos traçados no âmbito do Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas.

Era da responsabilidade da DGEG, a implementação do projecto, que assegurou a colaboração de quatro instituições encarregadas de executar tarefas específicas, articuladas entre si, desenvolvendo e explorando sinergias.

Instituição	Área de intervenção
Agência para a Energia – ADENE	Promoção de Imagem Observatório
Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial – INETI	Certificação de Qualidade
Sociedade Portuguesa de Energia Solar – SPES	Promoção de Imagem
Associação Portuguesa da Indústria do Solar – APISOLAR	Promoção de Imagem

Tabela 2 – Instituições envolvidas¹⁶

Até ao ano de 2009, para além dos incentivos referidos anteriormente, não foram criados qualquer tipo de incentivo.

¹⁵ AQSpP – Água quente solar para Portugal

¹⁶ Tabela retirada do site <http://www.energiasrenovaveis.com>

Surgiu em 2009 a Medida Solar Térmico 2009 (MST2009), a qual se traduziu na atribuição de subsídios e benefícios fiscais para a aquisição de painéis solares térmicos a consumidores particulares, nas suas residências e, sobretudo, em habitações já existentes.

Os benefícios desta medida, e que se traduziam em condições especiais para a aquisição de painéis solares térmicos, foram promovidos pelo Ministério da Economia e Inovação (MEI) e pelo Ministério das Finanças, em associação com o Ministério do Trabalho e Solidariedade Social e Secretaria de Estado da Juventude e do Desporto.

Este Programa teve início a 2 de Março de 2009 destinando-se, numa fase inicial, ao consumo doméstico, sobretudo para a instalação de colectores solares térmicos em casas usadas, visto que o novo RCCTE já conduz à obrigatoriedade da instalação destes equipamentos em habitações novas.

De forma a apoiar a instalação de colectores solares térmicos para AQS, surgiu a necessidade de se proceder, em Agosto de 2009, ao alargamento do Programa às Instituições Particulares de Solidariedade Social (IPSS) e aos Clubes ou Associações Desportivas de Utilidade Pública (ADUP).

Foi assinado, no âmbito deste Programa, início de 2009, um protocolo do Estado com algumas instituições de crédito, o qual pretendia divulgar/informar acerca dos subsídios disponíveis e/ou conceder crédito, em caso de necessidade, às famílias que estivessem interessadas na instalação de um sistema solar térmico em sua casa.

Para o fornecimento, instalação, manutenção de painéis solares térmicos e equipamentos acessórios, as empresas deveriam cumprir um volume máximo de 200 000 m² painéis solares térmicos no caso do Regime Geral e de 50 000 m² para o Regime PME¹⁷.

¹⁷ PME – Pequenas e médias empresas

Requisitos para fornecimento, instalação e manutenção (Fonte: APISOLAR):

- I. Disponibilização de produtos “chave-na-mão” e a responsabilidade pelo fornecimento, instalação (apenas por instaladores com Certificado de Aptidão Profissional), manutenção e garantia do equipamento;
- II. Capacidade de instalação e manutenção dos equipamentos em todo o território nacional, no Regime Geral, de acordo com os níveis de qualidade de serviço pré-definidos, e a nível do distrito no Regime PME;
- III. Disponibilização de três soluções técnicas alternativas e com sistemas completos certificados pela Solar Keymark ou Certif (excepto para circulação forçada, em que só o colector tem de ser certificado), no caso do Regime Geral, e de pelo menos uma solução técnica com colectores certificados pela Solar Keymark ou Certif, no Regime PME;
- IV. Preços “chave-na-mão”, compatíveis com as soluções de água quente existentes, em valores que não excedam os 2720€, para sistema termossifão de 200 L; 3550€ para sistema termossifão de 300 L; e 4870€ para sistema de circulação forçada de 300 L. Todos estes valores já incluem o IVA;
- V. Entidades certificadas pelas normas europeias e instalações realizadas por instaladores com C.A.P;
- VI. Capacidade de produção, instalação e manutenção de qualquer uma das soluções fornecidas de um volume de produção e instalação anual superior a 200 000 m², no Regime Geral, e de 50 000 m² no Regime PME;
- VII. Capacidade de produção, instalação e manutenção de equipamentos flexível com cumprimento de níveis mínimos de qualidade de serviço para que o contacto com o consumidor para marcação de visita para instalação seja inferior a 3 dias; a deslocação ao consumidor para instalação seja inferior a 4 semanas; o tempo de instalação do equipamento seja inferior a 4 dias; e o tempo médio de reparação, reposição, manutenção seja inferior a 2 semanas;
- VIII. Disponibilização de uma linha telefónica para apoio ao consumidor;

- IX. Abrangido a entidades que demonstrem possuir uma autonomia financeira superior a 25%, no caso do Regime Geral, e a entidades classificadas como Micro, Pequenas e Médias empresas (PME) ao abrigo do D.L. nº 372/2007, de 6 de Novembro, e da Recomendação nº 2003/361/CE, da Comissão Europeia, de 6 de Maio.

Para o cliente final as vantagens da aquisição dos equipamentos solares eram bastante aliciantes.

Vantagens de aquisição dos equipamentos solares (*Fonte: Portal do Governo Português, 2009*):

- I. Serviço "chave-na-mão": financiamento, equipamento e instalação;
- II. Manutenção e Garantia do equipamento assegurada durante 6 anos;
- III. Comparticipação imediata do Estado no valor fixo de 1641,70 €;
- IV. Benefícios fiscais de 30% do custo do investimento em sede de IRS com máximo de 796€;
- V. Cerca de 20% de poupança na factura do gás;
- VI. Facilidade no processo de encomenda;
- VII. 100% de financiamento em crédito individual/pessoal com condições especiais;
- VIII. Euribor a 3 meses + 1,5%;
- IX. Só pagará juros após instalação do equipamento;
- X. Possibilidade de pronto pagamento.

Além disso, o serviço “chave na mão” era da responsabilidade dos fabricantes e incluía o equipamento, a instalação e a garantia e manutenção durante 6 anos. Todos os instaladores que detenham certificação de aptidão profissional (CAP) para a instalação de painéis solares estão abrangidos por esta medida do governo, devendo para o efeito chegar a acordo com um dos fabricantes aderentes (Governo Português, 2009).

Quanto aos subsídios concedidos aos futuros consumidores particulares dos sistemas solares térmicos, o Programa referido determina:

Subsídios (Fonte: Portal do Governo Português, 2009):

- I. A medida destina-se exclusivamente a consumidores particulares, para instalação nas suas residências, principalmente em casas usadas;
- II. Poderá adquirir-se um sistema solar térmico com as condições referidas até 31 de Dezembro de 2009 ou até se esgotar o plafond da comparticipação prevista pelo Estado, num total de 100 Milhões de Euros;
- III. Um sistema bem dimensionado permite poupar até 70% da energia necessária para o AQS;
- IV. O Governo definiu como objectivo para 2009 a instalação de 250 000 m² de painéis solares térmicos em mais de 65 000 habitações, sendo estimado o investimento total de 225 milhões de euros e a criação de cerca de 2 500 postos de trabalho;
- V. Os equipamentos custam cerca de metade, face ao preço normal de venda ao público. Esta redução é conseguida, em 20%, por via do efeito de escala (negociações em bloco com os fornecedores) e, em 45%, pela comparticipação pública de 100 milhões de euros (financiada pela iniciativa do Governo "investimento e emprego"). O consumidor conseguirá uma poupança superior a duas vezes o valor que investiu, durante a vida útil do equipamento (20 anos);
- VI. A iniciativa prevê apenas um sistema solar térmico por casa e por contribuinte. Caso seja casado, o cônjuge poderá adquirir o segundo sistema para a segunda casa;
- VII. Os estrangeiros com número de contribuinte também poderão beneficiar do subsídio do Estado;
- VIII. Dependendo da dimensão e do uso da instalação, o painel solar térmico é amortizado entre os 5 e 7 anos. Considerando o incentivo existente, o tempo de retorno poderá ser de apenas 4 a 6 anos.

A aquisição dos sistemas tinham vantagens a nível fiscal, IRS e IVA.

IRS e IVA (Fonte: Portal do Governo Português, 2009):

- I. De acordo com a Lei nº 109-B/2001, de 27 de Dezembro, os equipamentos específicos para a captação e aproveitamento da energia solar estão sujeitos à taxa intermédia do IVA de 12%;
- II. São dedutíveis à colecta, desde que não susceptíveis de serem considerados custos na categoria B, 30% das importâncias despendidas com a aquisição de equipamentos solares novos, com o limite máximo de 796€. Este benefício é cumulativo com outros benefícios que o cliente tenha (ex. crédito habitação);
- III. A dedução no IRS é válida para outros equipamentos de energias renováveis, mesmo que sejam adquiridos fora da campanha, a comparticipação do Estado é que só será atribuída aos clientes que comprarem ao abrigo da campanha;
- IV. Casais com IRS conjunto só podem declarar um equipamento e o beneficiário pode não corresponder ao dono da casa.

Modelos	Preços	Subsídio
Termossifão de 200 L	2.718 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Termossifão de 200 L c/ módulo solar	2.814 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Termossifão de 300 L	3.552 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Termossifão de 300 L c/ módulo solar	3.648 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Circulação Forçada de 300 L	4.870 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €
Circulação Forçada de 300 L c/ módulo solar	4.966 €/solução (c/ IVA)	1641,70 €

Tabela 3 – Exemplo do custo dos sistemas solares disponíveis para o cliente final na MST¹⁸

2.4 - Mercado do solar térmico

A adopção de comportamentos com uma maior consciência ambiental, deverá ser promovida através de medidas legislativas, este tipo de medidas ajudam ao crescimento do mercado de energia solar.

¹⁸ MST – Medida solar térmica

A Alemanha apresenta valores de mercado muito elevados comparativamente a Portugal, ainda que Portugal possua um potencial de aproveitamento de energia solar muito superior. A menor área implementada de painéis solares térmicos pertence à Estónia, um país com baixos índices de radiação solar.

Segundo a *European Solar Thermal Industry Federation* (ESTIF), é necessário ultrapassar a falta de continuidade nas políticas de apoio do Estado. Têm de ser criadas condições estáveis e positivas ao longo do tempo, de modo a proporcionar confiança aos intervenientes no mercado e possibilitar investimentos na produção, na formação, no marketing, na distribuição e na mobilização de recursos na área da investigação e desenvolvimento (Climatização, 2009a).

Para a ESTIF, apesar da existência de países com um atraso na dinamização do solar térmico, sendo Portugal um desses países, já se denota um crescimento deste sector, visto que os dirigentes políticos já tomaram consciência de que os combustíveis fósseis deixarão de ser opção a longo prazo. Além disso, os regulamentos para a construção exigem cada vez mais a utilização de energias renováveis, sendo o solar térmico uma solução com uma boa relação preço-qualidade (Climatização, 2009a).

2.4.1 – Portugal

Portugal possui um elevado potencial para aproveitamento da energia solar para AQS. Na verdade, em Portugal, poderiam ser instalados no sector doméstico cerca de 7 500 000 m² de colectores solares, proporcionando cerca de 4 900 GWh/ano de energia útil. Mesmo que apenas 1/3 desse potencial seja conseguido até 2010, já possibilitará reduzir 150 000 tep da dependência energética de Portugal face aos recursos fósseis e evitar a libertação de 620 kton de CO₂ (1% das emissões de 1990) (ADENE e INETI, 2002).

Os valores apresentados do mercado Português, são resultado dos questionários dirigidos aos associados da Apisolar, relativo ao ano de 2012.

Tendo como referência o valor identificado aquando da Medida Solar Térmico 2009 (MST09) relativamente à representatividade do total das empresas associadas da APISOLAR, e não

existindo diferença apreciável no número e condição das empresas que responderam ao presente questionário, considera a Apisolar, para efeitos estatísticos, que a amostra de empresas participantes tem uma representatividade de 70%.

Para efeito de tratamento equiparado de dados sobre o sector solar e discussão das políticas públicas ao nível nacional e europeu, todos os dados estatísticos relativos à capacidade instalada de solar térmico serão apresentados em m² e adicionalmente em kW_{th}¹⁹.

Conforme se verifica na figura seguinte a capacidade instalada evoluiu progressivamente entre o 1º e o 3º trimestre, destacando-se um aumento de 74% no 4º trimestre relativamente ao trimestre anterior.

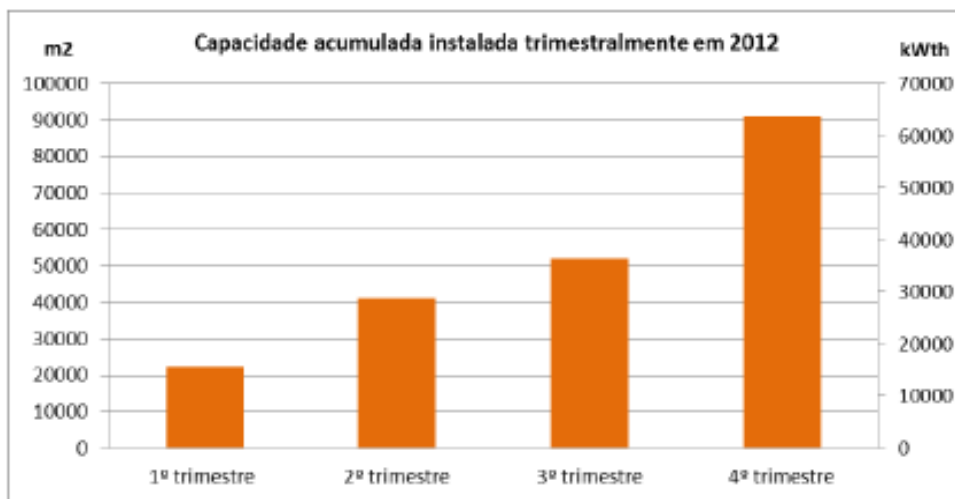


Figura 2 – Quantidade de colectores solares instalados trimestralmente em 2012 (m² e kW_{th})

Nesta base, estima-se que o mercado garantiu a instalação de 90.896 m² em 2012. Contudo, analisando a figura seguinte, verifica-se que houve uma quebra de 29% no volume de vendas relativamente ao ano 2011.

19 kW_{th} – Factor de Gleisdorf : 1 m² = 0.7 kW_{th}

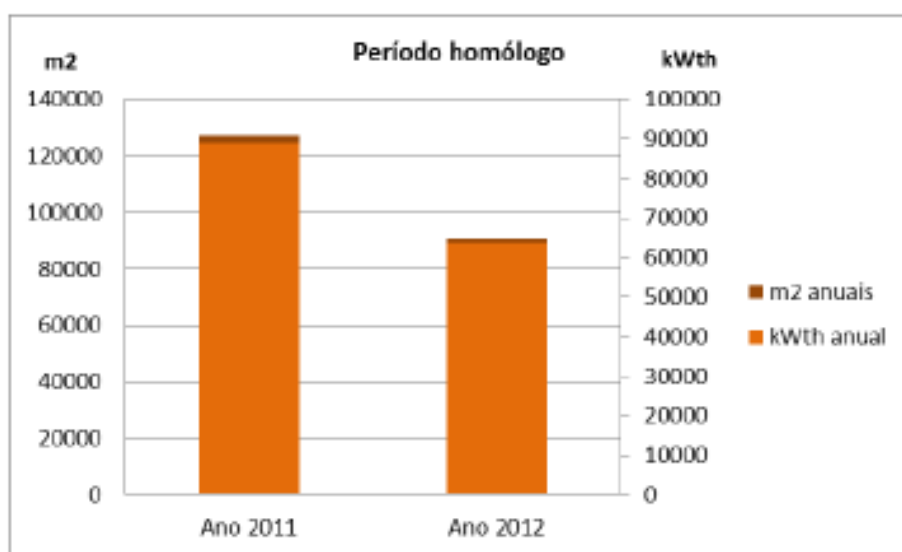


Figura 3 – Quantidade de colectores solares instalados no ano de 2011 e de 2012

A evolução da capacidade instalada entre 2003 e 2012. De referir que a capacidade instalada em 2012 decresceu 51% relativamente ao ano 2010.

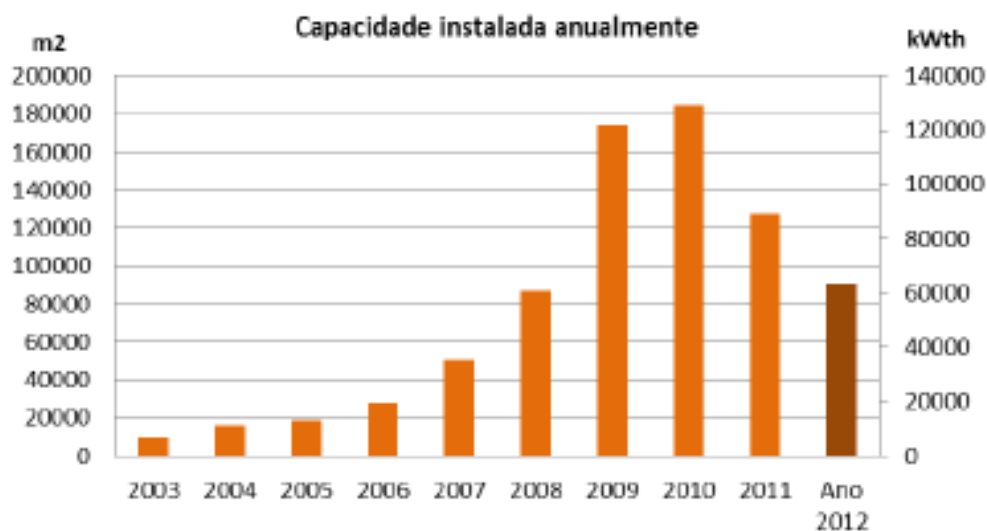


Figura 4 - Evolução da quantidade de m2 de colector instalada anualmente (m2 e kWth)²⁰

²⁰ Dados retirados do relatório do observatório: <http://www.aguaquentesolar.com/observatorio>

Contudo, há uma expectativa que esta tendência seja amparada no decorrer do ano 2013, derivado do subsídio sem reembolso previsto no Fundo de Eficiência Energética (FEE) para a aquisição de sistemas solares térmicos para AQS.

Em termos energéticos e de acordo com o método proposto pela ESTIF e IEA-SHC2²¹ para conversão de área de colectores solares térmicos em energia produzida, o terceiro trimestre de 2012 resultou numa produção de 123MWh (27,1tep) através de colectores sem vidro, 47.137MWh (10.370 tep) através de sistemas AQS e 9.500MWh (2.090 tep) através de sistemas combinados (aquecimento + AQS).

Com base no enunciado anterior, em 2012 serão instalados aproximadamente 90.896 m² (63.627 kW_{th}).

De acordo com as estimativas, prevê-se que no final de 2012 estejam instalados cerca 966.770 m² (676.739 kW_{th}).



Figura 5 – Evolução da capacidade acumulada (m² e kW_{th})

Estima-se, com base no enunciado anterior, que em 2012 foram instalados aproximadamente 90.896 m² (63.627 kW_{th}), perfazendo um total de 966.770m² (676.739 kW_{th}) de capacidade acumulada no final de 2012.

²¹ IEA – International Energy Agency

Quanto à procura por tipologia de sistema; 24% são colectores individuais, 47% são sistemas forçados e 29% são sistemas em termosifão. dos colectores individuais, 65% destinam-se ao uso habitacional (prédio ou moradia) e 35% destinam-se ao sector terciário (piscinas, hotéis, etc.).

Tal como se tem verificado nos países europeus, a tendência é de decréscimo da capacidade instalada, principalmente naqueles cuja capacidade instalada anualmente se encontra entre 200.000 m² (140.000 kW_{th}) e os 500.000 m² (350.000 kW_{th}).

Portugal mantém-se assim no grupo dos países europeus com menor capacidade bruta instalada anualmente (< 200 000 m² ↔ < 140 000 kW_{th}), em valores per capita, e fica sensivelmente abaixo da média europeia de 51,7 W_{th}/habitante, com 51,4 W_{th}/habitante.

2.4.2 - Mercado Mundial

O aquecimento solar é uma tecnologia já dominada e, em 2002, existiam já instalados na UE cerca de 12,3 milhões de m² de colectores solares térmicos. Cerca de 60% destes encontram-se na Alemanha (com mais de 50% das vendas de colectores solares da UE), Grécia e Áustria.

O Chipre possui aquecimento solar instalado em 50% dos hotéis e em 92 % das habitações particulares. É o líder mundial em m² de colector *per capita*. No continente europeu é a Grécia que está no topo com 0,26 m² per-capita seguida pela Áustria com 0,20 m² por pessoa.

A meta da UE pretendia a instalação de 100 milhões de m² de colectores até 2010.

Algumas cidades já estabelecem regulamentos municipais, como é o caso de Barcelona, que exige a instalação de sistemas solares que garantam 60% do consumo de água quente das habitações e de edifícios de serviços. Em consequência desta postura verificou-se, em ano e meio, um aumento de 750% neste tipo de instalações. Este procedimento está a ser também implementado em outras cidades, como Sevilha e Madrid.

Na Alemanha, o governo estabeleceu um aumento dos incentivos de 92 para 125 euros por m² de superfície colectora instalada, o que teve como consequência imediata o relançamento do mercado em 2003. Comparativamente com a China, os números europeus são modestos. Em 2000 existiam na China 26 milhões de m² de colectores solares e mil fabricantes de componentes e sistemas e a meta do governo chinês para 2005 foi de 65 milhões de m².²²

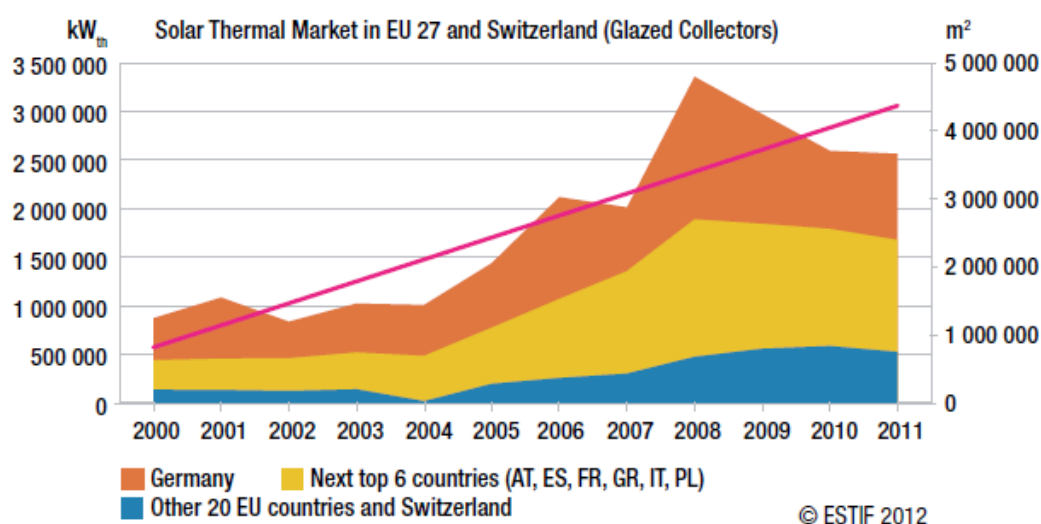


Figura 6 - Mercado Solar nos 27 da Eu e Suíça

Tal como se tem verificado nos países Europeus, a tendência é de decréscimo da capacidade instalada, principalmente naqueles cuja capacidade instalada atualmente se encontra entre 200.000 m² (140.000 kWth) e os 500.000 m² (350.000 kWth).

²² Dados retirados do site :

http://www.energiasrenovaveis.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=47&ID_area=8&ID_sub_area=27

Embora Portugal esteja no grupo dos países europeus com menor capacidade bruta instalada anualmente (> 140.000 kW_m), em valores *per capita*, supera a média europeia, com 52 Wth/habitante contra 47,6 Wth/habitante médio/europeu.

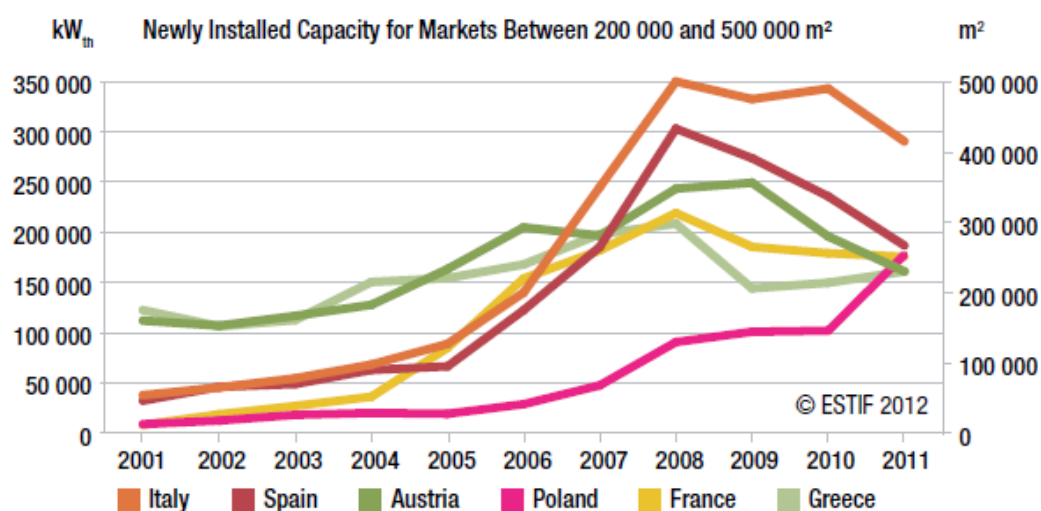


Figura 7 – Valores de acumulado instalado

	In Operation ²		Market (=Newly Installed)					Annual Evolution of the Market	
	2011		2009	2010	2011			2011/2010	
	Total Glazed		Total Glazed	Total Glazed	Total Glazed	Flat Plate	Vacuum Collectors	Total Glazed	Total Glazed
	m ²	KW(th)	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	KW(th)	%
Austria	2 988 088	2 791 662	356 166	279 998	230 189	221 495	9 694	161 132	-17.8%
Belgium	323 283	226 298	50 700	42 500	45 500	35 500	10 000	31 850	7.1%
Bulgaria*	115 100	80 570	9 000	9 400	10 800	10 000	800	7 560	-
Cyprus	713 359	499 351	34 709	30 713	29 437	26 794	1 643	19 906	-7.4%
Czech Republic	378 066	264 647	51 669	91 717	65 000	49 000	16 000	45 500	-29.1%
Denmark	583 605	408 524	54 496	64 651	62 401	61 897	504	43 681	-3.5%
Estonia*	4 720	3 304	450	500	1 800	900	900	1 280	-
Finland*	32 873	23 011	3 400	3 700	4 000	3 000	1 000	2 800	-
France ⁴	1 824 900	1 277 430	265 000	256 000	251 000	242 200	9 800	175 700	-2.0%
Germany	14 994 000	10 496 800	1 615 000	1 150 000	1 270 000	1 152 000	118 000	889 000	10.4%
Greece	4 087 200	2 961 040	206 000	214 000	230 000	228 500	1 500	191 000	7.5%
Hungary	170 814	119 570	22 000	21 000	21 000	14 900	6 100	14 700	0.0%
Ireland	158 429	110 900	32 221	24 918	27 000	16 200	10 800	18 900	8.4%
Italy	3 073 930	2 161 751	475 000	490 000	415 000	373 500	41 500	290 500	-15.2%
Latvia*	3 740	2 618	180	200	1 800	1 000	800	1 280	-
Lithuania*	4 200	2 940	200	200	1 800	600	1 200	1 280	-
Luxemburg*	35 850	25 895	4 700	4 500	4 500	3 500	1 000	3 150	-
Malta*	51 360	35 952	5 500	5 000	5 500	5 500	0	3 850	-
Netherlands	474 595	332 217	45 260	40 834	33 000	33 000	0	23 100	-19.2%
Poland	909 390	636 573	144 308	145 906	253 500	197 000	66 500	177 450	73.7%
Portugal	781 295	546 906	173 762	182 271	127 198	126 308	890	89 039	-30.2%
Romania*	105 200	73 640	14 900	15 500	15 500	8 500	7 000	10 850	-
Slovakia	142 250	99 575	13 500	15 000	23 000	19 320	3 680	16 100	53.3%
Slovenia	175 300	122 710	22 000	11 000	12 000	9 000	3 000	8 400	9.1%
Spain	2 369 951	1 668 993	391 000	336 800	266 979	249 729	17 251	186 885	-20.7%
Sweden	337 022	236 915	21 309	20 699	20 807	15 654	5 153	14 585	0.5%
Switzerland	1 023 698	716 689	145 640	144 772	140 000	130 000	10 000	98 000	-3.3%
United Kingdom	656 998	459 899	89 100	105 200	91 778	72 953	18 826	64 245	-12.8%
EU27 + Switzerland	37 519 126	26 263 388	4 246 170	3 705 879	3 659 489	-	-	2 561 643	-1.3%

Tabela 4 – Valores totais do mercado de energia solar térmica

A ESTIF²³ não prevê um aumento significativo no número de países europeus introduzindo incentivos para o mercado de solares térmicos. Mas a federação vê sinais positivos para o aquecimento e arrefecimento renovável em mercados emergentes, como a Bulgária e a Roménia, os quais apresentam uma componente térmica solar como parte de seus quadros políticos.

O mercado da energia solar térmica, continua claramente a ser uma grande aposta dos vários países.

2.5 – Legislação Portuguesa

Os diversos programas desenvolvidos, visam medidas concretas e até mesmo de carácter obrigatório, de modo a atingir as metas em que Portugal se comprometeu quer a nível europeu, entre os quais, Protocolo de Quioto quer a nível mundial. Estes planos vão de encontro a uma filosofia ambientalista transversal a toda a Europa que tem como objectivo a sensibilização da população para a redução da emissão de gases com efeito de estufa, racionalização da energia e desenvolvimento e implementação de sistemas que contribuam para estas alterações.

Por outro lado, a urgência na criação e adopção de tecnologias alternativas associa-se a uma nova atitude face ao desenvolvimento sustentável. Estas tecnologias podem encarar-se como uma inovação na arquitectura e na construção, visto sugerirem uma ruptura com a utilização indiscriminada da natureza e dos recursos e fontes naturais, estabelecendo que a natureza e o homem devem estar no centro.

O sector empresarial é, assim, determinante para atingir elevados níveis de sucesso na divulgação e implementação de práticas que conduzam a uma gestão energética mais eficiente e em harmonia com o conceito de sustentabilidade. Desta forma, é vital que todas as empresas estejam suficientemente esclarecidas e, sobretudo, receptivas à inovação e à adopção de novas técnicas de produção, comercialização e instalação de equipamentos solares térmicos contribuindo, fortemente, para a criação de produtos com mais qualidade, durabilidade, eficiência e estética.

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), implementado pela publicação do pacote legislativo constituído pelos decretos-lei n.º 78/2006, 79/2006 e 80/2006, tornou obrigatório, de uma forma geral, o recurso a instalações solares térmicas para a preparação de águas quentes sanitárias (AQS), em edifícios novos.

No Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, no capítulo III artigo 7º, segundo o qual: “O recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos edifícios abrangidos pelo RCCTE é obrigatório sempre que haja uma exposição solar adequada, na

base de $1m^2$ de colector por ocupante convencional previsto”. Esta regra está: “conforme definido na metodologia de cálculo das necessidades nominais de energia para aquecimento de água sanitária referida no artigo 11º, podendo este valor ser reduzido por forma, a não ultrapassar 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante Sul, entre Sudeste e Sudoeste”.

Também o Decreto-Lei 79/2006, Regulamento dos Sistemas Energéticos de climatização em Edifícios, vem “definir as condições de conforto térmico e higiene que devem ser requeridas nos diferentes espaços dos edifícios”, bem como, “melhorar a eficiência energética global dos edifícios”, “impor regras de eficiência aos sistemas de climatização”, “Monitorizar com regularidade as práticas de manutenção dos sistemas de climatização”.

Por sua vez, o Decreto-Lei 78/2006, Sistema Nacional de certificação Energética (SCE), estipula as condições e regras de cálculo para a obtenção da certificação energética de um edifício.

Os principais objectivos da legislação são:

- Limitar o consumo energético máximo dos edifícios de habitação e incentivar a introdução de energias renováveis;
- Melhorar a eficiência energética e controlar a qualidade do ar interior dos edifícios abrangidos;
- Atribuição da certificação energética, como controlo e verificação.

A certificação energética foi calendarizada em várias fases:

- 3 Julho 2006 - Início da aplicação dos novos regulamentos (RCCTE e RSECE);
- 1 Julho 2007 - Início da aplicação do SCE a novos grandes edifícios ($> 1000 m^2$) que peçam licença ou autorização de construção após esta data;
- 1 Julho 2008 - Início da aplicação do SCE a novos pequenos edifícios ($< 1000 m^2$) que peçam licença ou autorização de construção após esta data;
- 1 Janeiro 2009 - Início da aplicação do SCE a todos os restantes, incluindo os existentes.

É obrigatória a instalação solar e não apenas a pré-instalação em toda e qualquer nova construção e em remodelações de valor superior a 25% do imóvel, com determinadas excepções, nomeadamente quando existem obstruções permanentes com altura superior a 20°. Esta obrigatoriedade corresponde à instalação de 1m² de colector por ocupante independente do tipo de colector, entretanto este ponto foi alterado para 1m² de colector padrão, que corresponde a uma determinada energia, calculado através do Software Solterm, dando em alternativa, desde que produza mesma energia um outro colector.

A obrigatoriedade de instalação de sistemas solares térmicos prevê que estes só poderão ser substituídos por outros equipamentos, desde que captem uma quantidade de energias idêntica aos colectores solares, por outras tecnologias igualmente provenientes de fontes de energia renováveis. Desta forma ficam, excluídas as bombas de calor, painéis termodinâmicos, ou outros sistemas equivalentes, que serão sempre considerados como sistemas de apoio aos colectores solares térmicos.

O controlo e verificação ficaram a cargo do SCE, através da ADENE - Agência para a Energia - que asseguram a aplicação regulamentar. A supervisão é da responsabilidade da DGGE - Direcção Geral de Geologia e Energia e do IA - Instituto do Ambiente.

- O RCCTE veio estabelecer requisitos de qualidade para os novos edifícios de habitação e de pequenos serviços sem sistemas de climatização, nomeadamente ao nível das características da envolvente (paredes, envidraçados, pavimentos e coberturas), limitando as perdas térmicas e controlando os ganhos solares excessivos. São impostos limites aos consumos energéticos da habitação para climatização e produção de águas quentes, com este regulamento, num claro incentivo à utilização de fontes energéticas e de sistemas eficientes com menor impacto em termos de consumo de energia primária.
- A partir de 1 de Julho de 2008 todos os edifícios novos de habitação e as grandes reabilitações, independentemente da sua área ou finalidade, passaram a apresentar, no acto dos pedidos de licenciamento ou autorização de edificação, o documento de certificação energética.

- A partir de 1 Janeiro de 2009, o CERTIFICADO ENERGÉTICO passou a ser obrigatório para efectuar contractos de Promessa Compra e VENDA e contractos de ARRENDAMENTO de todas as fracções de HABITAÇÃO. Trata-se de um documento inequivocamente codificado que quantifica o desempenho energético e qualifica a qualidade do ar interior de um edifício ou fracção autónoma.

O certificado é emitido por um perito qualificado no âmbito do SCE, contém diversas informações tais como:

- A identificação do imóvel e do PQ²⁴,
- Etiqueta de desempenho energético,
- Validade do certificado,
- Descrição sucinta do imóvel,
- Descrição das soluções adoptadas,
- Valores de referência regulamentares (para que os consumidores possam comparar e avaliar o desempenho energético do edifício),
- Resumo/síntese de eventuais medidas de melhoria propostas,

Entre outros campos que são específicos do edifício considerado.

Concretamente em relação à classificação do edifício, esta segue uma escala pré-definida de 7+2 classes (A+, A, B, B-, C, D, E, F e G), em que a classe A+ corresponde a um edifício com melhor desempenho energético, e a classe G corresponde a um edifício de pior desempenho energético. Na etiqueta de desempenho energético está graficamente representado esse gradiente de classes, juntamente com a indicação, numa seta de cor preta, da classe do edifício ou fracção em causa.

²⁴ PQ – Perito Qualificado

Nos edifícios novos (com pedido de licença de construção após entrada em vigor do SCE), as classes energéticas variam apenas entre as classes A+ e B-. Os edifícios existentes poderão ter qualquer classe (de A a G).

3 - Energia Solar

Actualmente, Portugal está bastante dependente dos combustíveis fósseis, uma vez que o sector dos edifícios apresentou em 2011 um consumo final de energia de 4,79Mtep²⁵, que representa cerca de 29% do consumo de energia primária. Em termos de consumo de energia final, energia eléctrica o sector dos edifícios representa cerca de 62% do consumo total.

Quando comparado com outros Países, principalmente os a norte da Europa, Portugal possui um enorme potencial para o aproveitamento de energias renováveis de uma forma geral, e em particular da energia solar. Na verdade, Portugal é o país europeu com o maior número de horas de Sol por ano, aproximadamente 3000 horas de Sol por ano, que representam quase o dobro das 1750 horas anuais da média europeia.

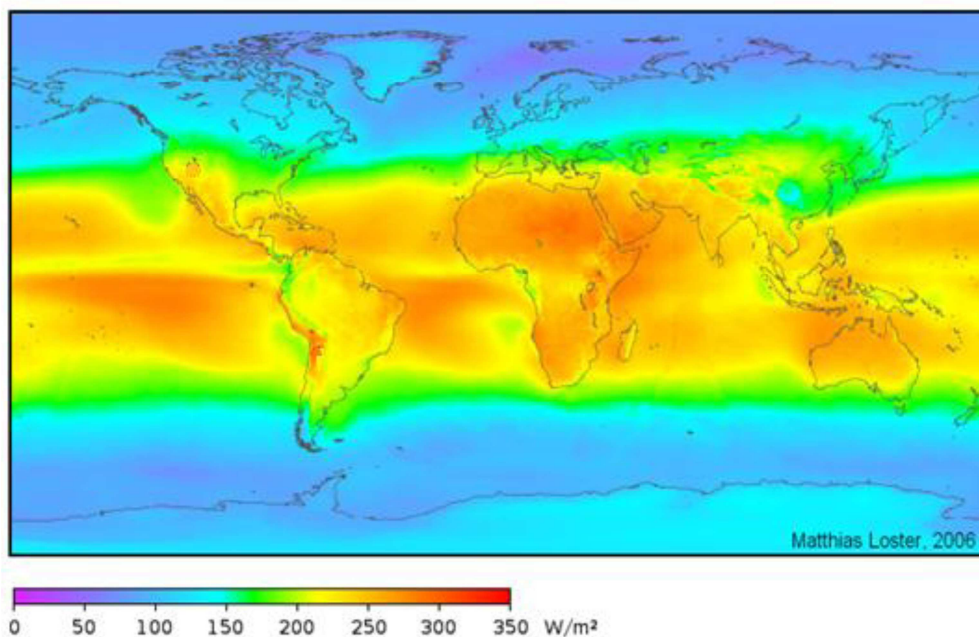


Figura 8 – Energia Solar na superfície terrestre

²⁵ Mega toneladas equivalentes de petróleo

Na figura acima representa a energia potencial solar presente na superfície terrestre, sendo evidente que esta energia pode ser utilizada por uma faixa significativa de regiões do planeta, entre o equador e os $\pm 45^\circ$ de latitude. Há várias formas de aproveitar esta energia, conforme se pretende explicar neste capítulo.

3.1 - Radiação Solar

A emissão de calor do Sol para o exterior ocorre como consequência das reacções térmicas contínuas no seu interior. Esta emissão de calor concentra-se na forma física denominada de radiação. Esta radiação é composta por raios infravermelhos, a luz visível e por raios ultravioletas, em proporções de 46%, 47% e 7%, respectivamente. Estes componentes têm a função de transportar a energia solar.

A radiação solar sobre uma superfície, na atmosfera terrestre, tem três componentes essenciais:

- Radiação directa, que vem directamente do Sol;
- Radiação difusa, originária de todo o céu excepto do disco solar;
- Radiação reflectida, derivada da reflexão no solo e em objectos circundantes.

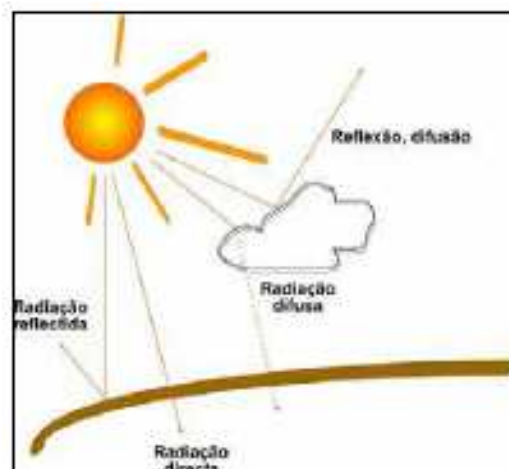


Figura 9 – Componentes de radiação solar global

A radiação Solar, ao introduzir-se na atmosfera terrestre, após atravessar as distintas camadas atmosféricas, perde parte do seu componente energético por reflexão e absorção por parte do oxigénio, nitrogénio, ozono, vapor de água, poeiras, etc.

A espessura da atmosfera que os raios solares têm de atravessar influencia decisivamente a avaliação da energia disponível ao nível do sol.

A quantidade de energia absorvida e reflectida depende das condições atmosféricas e da posição do sol. A existência de nuvens provoca uma maior reflexão e absorção da energia radiante.

Em termos de balanço global à radiação solar, o fluxo de energia que atinge a atmosfera terrestre é quase constante. A variação deste fluxo está relacionada com a distância da Terra ao Sol ao longo do ano, estando o nosso planeta mais próximo do Sol no solstício de Inverno e mais afastado no solstício de Verão.

Como consequência da radiação solar, é determinado que cada m^2 da parte exterior da atmosfera terrestre, recebe uma energia equivalente a 1350 W/m^2 (constante Solar)²⁶. Esta energia não chega na sua totalidade à superfície terrestre como consequência das distintas absorções e reflexões que sofre durante a passagem pela atmosfera, conforme referido anteriormente. O valor médio da radiação solar em forma de energia, que a superfície terrestre recebe, anda em torno dos 1000 W/m^2 .

26 Constante Solar – Energia Radiante que incide sobre um plano fictício, perpendicular ao eixo Sol-Terra, antes de entrar na atmosfera terrestre

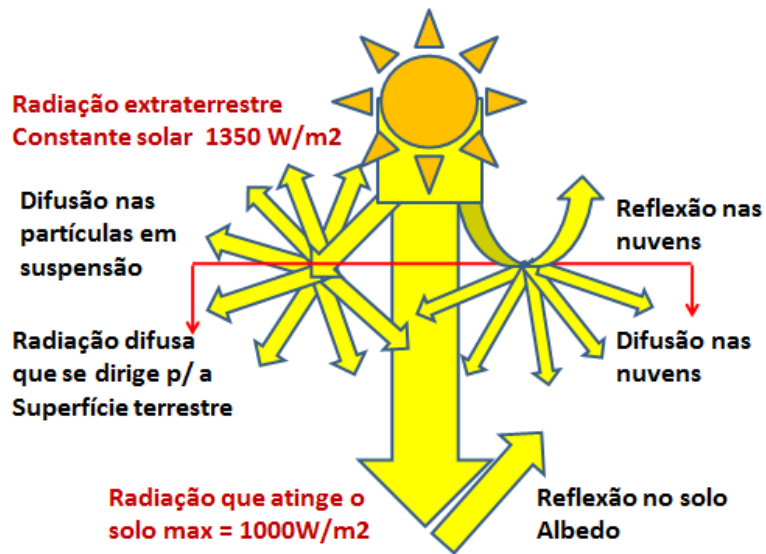


Figura 10 – Radiação solar

Ao nível da quantidade de radiação global que chega à Terra, esta depende do ângulo de incidência do sol e portanto varia com a localização, época do ano e hora do dia.

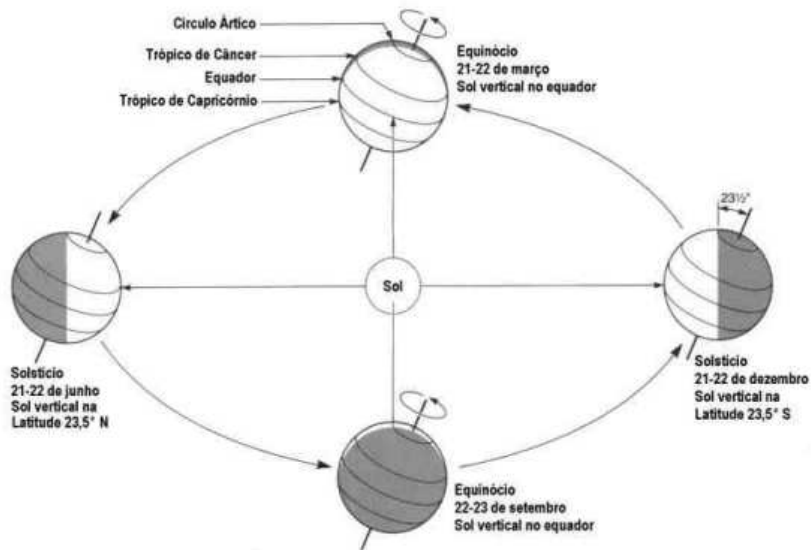


Figura 11 – Trajectória do sol

A posição do sol, ao meio-dia, varia para os diferentes meses do ano, a altura máxima ocorre no solstício de verão. Ao longo do ano o percurso dos raios solares também varia, sendo maior no Inverno do que no Verão.

O nível de radiação global conseguido numa superfície é o factor mais importante no que toca ao potencial de aproveitamento da energia solar e este, como se percebe na figura seguinte é fortemente influenciado pela latitude do local.

A figura seguinte mostra o valor médio anual desta radiação solar global na Europa para uma orientação e inclinação óptimas da superfície de captação. Pode observar-se que Portugal é um dos Países da Europa que apresenta maior nível de radiação solar.

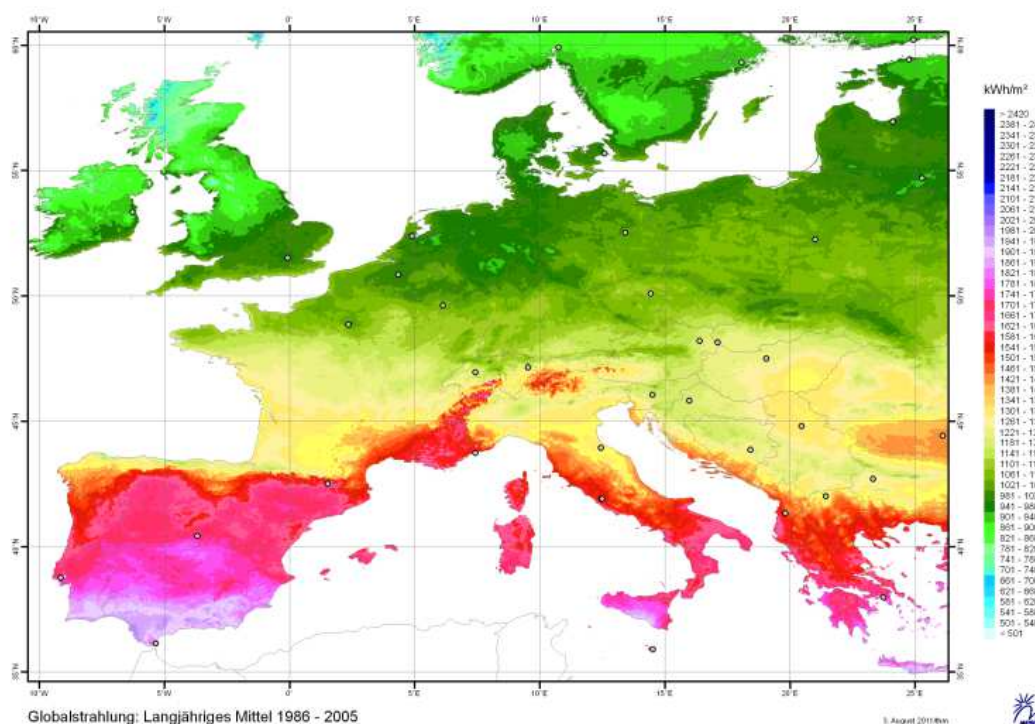


Figura 12 – Mapa Europeu com a incidência da radiação solar

A nível do país existe diferentes valores de radiação, obtendo-se os valores mais elevados na zona sul.

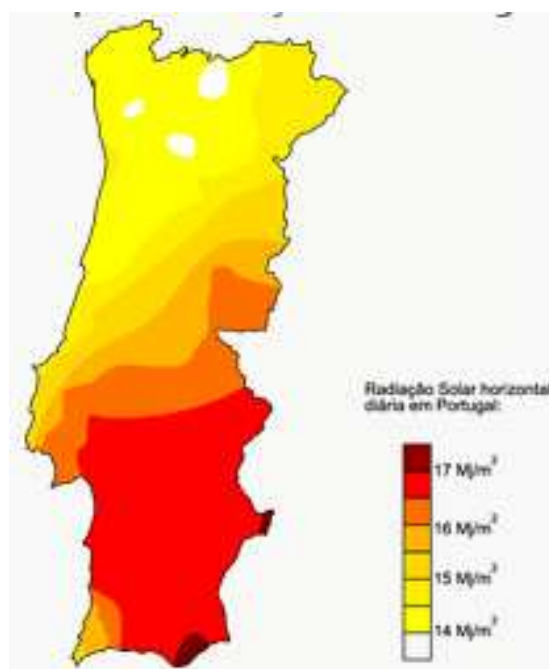


Figura 13 - Mapa de Portugal com a incidência da radiação solar

Outro valor também de elevada importância para o dimensionamento de sistemas solares é o número de horas de insolação. Ao longo do país, esta grandeza varia entre as 1800 e as 3100 horas por ano.

A energia solar consiste no aproveitamento da radiação solar emitida pelo sol, que por sua vez chega à terra.

A designação de Energia Solar é atribuída a qualquer tipo de captação de energia térmica e ou luminosa, onde a transformação dessa energia captada, é de alguma forma utilizável, quer seja directamente para aquecimento de água, energia eléctrica ou energia térmica.

A energia solar recebida na superfície terrestre pode ser utilizada de forma directa ou transformar-se noutra forma de energia.

A crise energética tem incentivado a procura de energias alternativas capazes de substituir as energias que se obtêm através dos combustíveis fósseis. As energias renováveis assumem especial importância, principalmente as que se baseiam no aproveitamento da energia solar, cuja tecnologia está suficientemente madura para que o seu uso seja rentável.

A energia Solar é abundante e gratuita e constitui uma alternativa a ter em conta.

3.2 - Sistemas de utilização de energia solar

Para aproveitar a energia solar, utilizam-se sistemas normalmente definidos como passivos ou activos.

Os sistemas passivos são aqueles que recorrem a meios e disposições perfeitamente integrados nos edifícios e que não necessitam de fontes de energia externas para o seu funcionamento como é o exemplo, das estufas, clarabóias, paredes de trombe, etc.

Os sistemas activos são aqueles que recorrem a verdadeiros técnicos de suporte, com meios para captar, converter, transportar e utilizar a energia solar, são na prática os sistemas de colectores fotovoltaicos e térmicos.

Os colectores fotovoltaicos transformam directamente a energia solar em energia eléctrica.

Os colectores térmicos transformam a energia solar em calor, que pode ser utilizado, por exemplo, para activar turbinas de centrais eléctricas especiais ou ainda para produzir água quente sanitária e aquecer ambientes.

3.3 - Energia Solar térmica

Os sistemas de energia solar térmica aproveitam a radiação solar para o aquecimento de água através de um princípio de funcionamento muito simples, qualquer objecto exposto à influência directa do Sol recebe calor e aumenta de temperatura, isto é um dos resultados imediatos da absorção da radiação.

Existem dois tipos de sistemas que usam este princípio onde esse calor pode ser aproveitado: o solar térmico para produção de electricidade e o solar térmico para aquecimento de fluidos. No entanto, a energia solar térmica tem como principal aplicação o aquecimento de um fluido, sendo este fluido depois utilizado para aquecer um outro fluido, normalmente água.

Um dos sistemas mais comuns, na obtenção de energia solar térmica através de energia solar é o aproveitamento para a produção de água quente sanitária ou apoio ao aquecimento central, através da instalação de colectores solares em habitações ou edifícios.

Existem também soluções para arrefecimento do ar baseadas sistemas solares. Tratam-se, contudo, de sistemas um pouco mais complexos e muito pouco usuais, devido ao elevado preço.

A radiação incide sobre uma cobertura de vidro que compõe a parte superior de um dispositivo colector – designado por painel ou colector solar – penetrando em grande parte no seu interior, nomeadamente na placa absorvora e transferindo o calor, assim concentrado, para um fluido térmico que circula em tubagens integradas nessa placa.

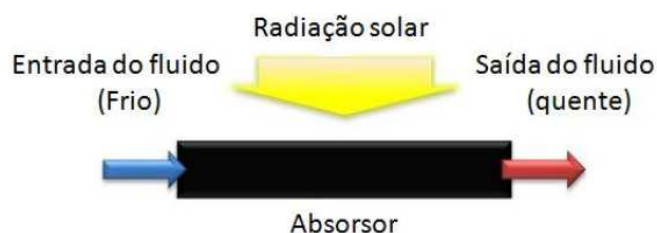


Figura 14 – Funcionamento do colector solar

O calor aproveitado é transportado através de um circuito (primário), em tubo isolado, para um depósito de acumulação, transferindo o calor para o fluido que se pretende aquecer (habitualmente água), através do permutador de calor.

Alguns princípios para a optimização do aproveitamento solar

De uma forma geral os equipamentos solares não garantem a totalidade das necessidades de consumo energético, sendo por isso necessário o apoio de um equipamento dito convencional (caldeira, resistência eléctrica ou bomba de calor).

Para um bom aproveitamento da energia solar, as instalações solares devem respeitar alguns princípios básicos, que são, fundamentalmente a máxima captação possível de energia solar e a prioridade do seu uso face à energia de apoio, a qual deve intervir apenas quando o aquecimento por via natural é insuficiente.

A melhor exposição de um colector solar fixo é orientado a Sul. A sua inclinação deve ser escolhida de forma a maximizar a energia absorvida.

Os colectores solares devem ser instalados em superfícies que permitam uma boa insolação.

Para obter uma boa insolação, são três os aspectos a considerar:

- Angulo de inclinação dos colectores
- O angulo de orientação dos colectores (Azimute)
- Formação de possíveis sombras

A inclinação do colector em relação ao plano horizontal deve ser escolhida de modo a maximizar o aproveitamento energético anual, caso seja esse o tipo de utilização do sistema solar. Nesse caso, a inclinação do colector, deve ser a latitude do local menos 5°.

Por exemplo, para a produção de AQS (Água Quente Sanitária), de uma habitação em Lisboa, latitude 38°, os colectores devem ter uma inclinação de 33°. Mas se estivermos perante um sistema solar para utilização apenas numa altura específica do ano, Verão ou Inverno, não se deve adoptar a regra anterior. A tabela seguinte, apresenta algumas das diferentes utilizações que um sistema solar pode ter e a respectiva inclinação a dar ao colector.

Tipos de Utilização	Inclinação β
Verão (casas de férias, hotéis de praia, piscinas descobertas, etc.)	Latitude -15
Inverno (aquecimento ambiente, casas de montanha, etc.)	Latitude +15
Anual (produção de águas sanitárias, etc.)	Latitude -5

Tabela 5 – Tipo de utilização e respectiva Inclinação

Para que os colectores estejam “virados” ao sol o maior número de horas possível e durante o período do dia em que a potência irradiada pelo sol é máxima, devem ser orientados para sul geográfico, que actualmente para Portugal, coincide praticamente com o sul magnético.

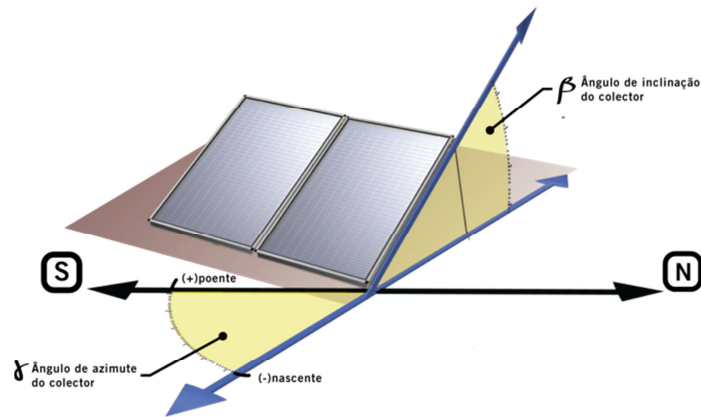


Figura 15 - Ângulo de inclinação e azimute dos colectores

Outro factor muito importante para o correcto dimensionamento de sistemas solares é o conhecimento da exacta localização do Sol. A localização do Sol pode ser determinada a qualquer momento em qualquer local, pela sua altura e azimute. Em termos de energia solar, o sul é referido geralmente como azimute 0°.

A inclinação e orientação da superfície, para uma determinada latitude e diferentes ângulos de incidência solar, tem como consequência a variação destes valores e faz com que exista o máximo de energia produzida. O ângulo de inclinação óptimo, para meses de inverno (menor radiação) é maior que no verão devido à menor altura solar.



Figura 16 - Ângulos solares externos

Na figura seguinte são mostrados os valores médios de radiação solar global anual medidos para Lisboa para qualquer inclinação e orientação. Os valores de radiação global anual são dados em kWh/m².

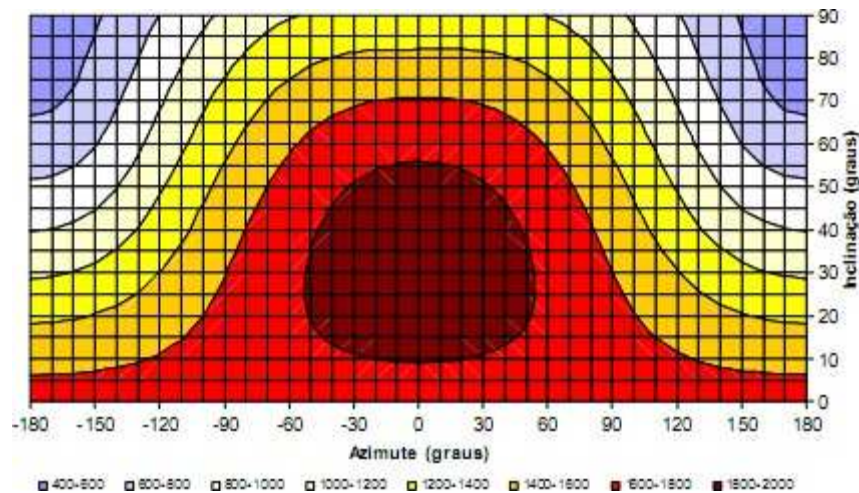


Figura 17 - Radiação solar global para diferentes orientações do coletor solar

Assim sendo, uma correcta orientação das superfícies é importante para maximizar a energia solar captada pelos sistemas. Esta orientação óptima depende em primeiro lugar da posição geográfica, mas também do clima, dos sombreamentos e até do perfil diário de carga (seja ela carga térmica em sistemas solares térmicos ou carga eléctrica em sistemas fotovoltaicos

autónomos). Uma pré-optimização pode ser obtida maximizando a energia solar incidente anual. No entanto um dimensionamento final deve ser feito usando simulações energéticas detalhadas do sistema e outros constrangimentos de cada situação em concreto.

A existência ou não de sombras provocadas por obstáculos e a sua duração no tempo pode ser determinada com a ajuda de diagramas solares, capazes de fornecer a posição do sol relativamente a cada dia do ano e cada hora do dia.

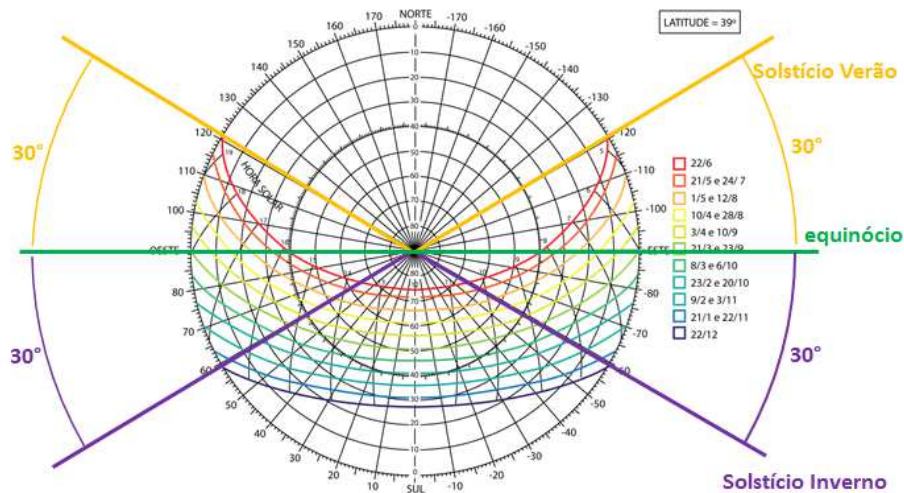


Figura 18 - As trajetórias do sol e as sombras

Entre as sombras induzidas pelo ambiente circundante, devem considerar-se também aquelas que os colectores possam projectar sobre si próprios, quando estão dispostos em filas.

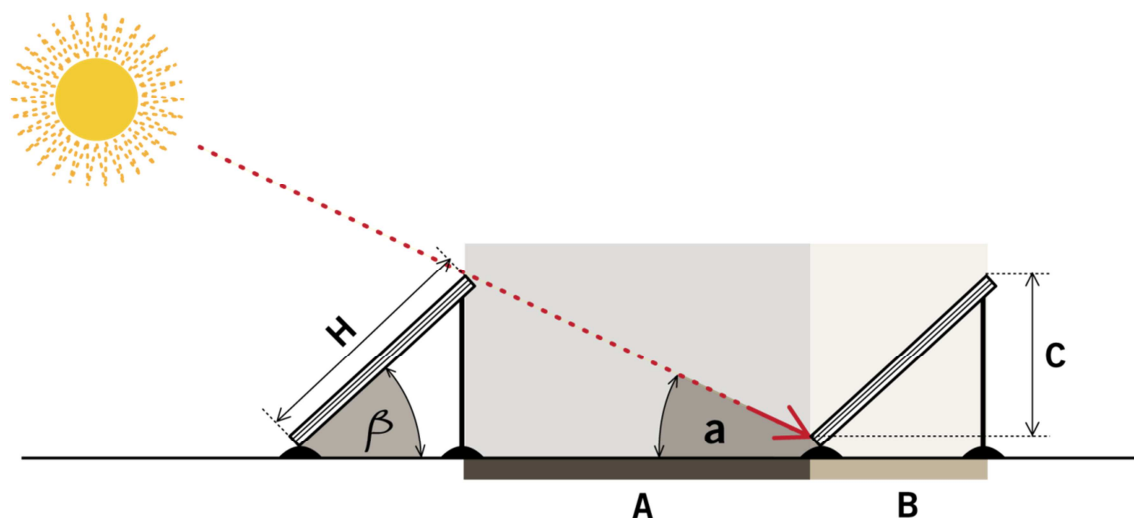


Figura 19 – Distancia entre baterias de colectores

$a = 25^\circ$ (max. 30°)

β	25°	30°	35°	40°	45°
A (m)	1,81	2,14	2,46	2,76	3,03
B (m)	1,81	1,73	1,64	1,53	1,41
A+B (m)	3,62	3,87	4,10	4,29	4,44

Tabela 6 - Exemplo de distâncias com base num coletor com $H=2$ m, localizado na latitude 37°

Componentes de uma instalação solar térmica

Numa instalação solar térmica, os seus componentes podem agrupar-se de acordo com a sua função, dando origem a diferentes elementos, designados por:

- Captação – elemento de recolha da radiação solar, coletor solar
- Acumulação – armazenamento de energia, depósito acumulador
- Circulação/Distribuição – transporte de energia através de tubagens, válvulas bombas e isolamento térmico.
- Controlo – elemento de optimização e segurança do sistema solar, controlador solar

3.3.1 - Colector Solar

De todos os elementos, o que distingue a instalação solar de qualquer outro tipo de instalação de produção de água quente é o sistema de captação. Este sistema de captação é denominado de colector solar.

Os colectores solares são o coração de um sistema de aquecimento solar, sendo utilizados para absorver e converter a maior quantidade de radiação solar disponível em calor e transferir esse calor com o mínimo de perdas para o resto do sistema.

O colector solar deverá possuir uma superfície que tenha uma elevada absorvidade para maximizar a captação de energia radiante incidente, ser isolado termicamente de forma a reduzir as perdas por convecção e condução e possuir baixa emissividade.

Existem vários tipos de colectores solares térmicos, nomeadamente:

- Colectores planos – são constituídos por um absorvedor metálico, um vidro, isolamento e uma caixa como invólucro. Possuem um bom rendimento e custos relativamente baixos, por estes motivos são os mais utilizados nas instalações domésticas e média dimensão para produção de água quente sanitária a temperaturas na ordem dos 60°C.



Figura 20 – Colectores planos instalados em telhado

- **Colectores de plástico** – são constituídos por um absorsor fabricado em material plástico. Por falta de cobertura não conseguem normalmente superar os 40 °C – 45 °C. São, na prática, bastante utilizados no aquecimento de piscinas, com excelente rendimento (a água da piscina passa directamente no seu interior). São fáceis de instalar, mais baratos e rapidamente amortizáveis.



Figura 21 – Colector plástico em corte



Figura 22 – Bateria de colectores de plástico

- **Colectores de tubo de vácuo** – são constituídos por uma série de tubos de vidro sob vácuo, no interior dos quais estão colocadas absorsores em tiras. Podem produzir água quente até uma temperatura de 115°C – 120 °C, normalmente necessárias em utilizações no sector industrial, alimentar ou agrícola. O seu custo é geralmente elevado, sendo esta a principal desvantagem destes colectores.



Figura 23 – Colector de tubos de Vácuo

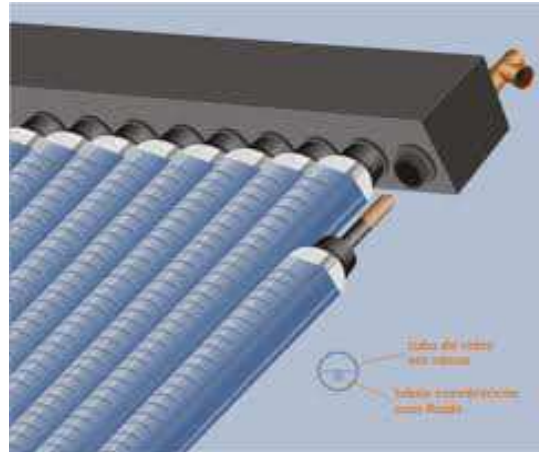


Figura 24 – Pormenor tubo Vácuo

- **Colectores Concentradores Cilindro-Parabólicos de alta Temperatura (PTC – Parabolic Trough Collector)** - possuem como o nome indica, uma superfície do tipo parabólico que concentra os raios solares para a zona de captação da energia radiante, permitindo desta forma obter temperaturas que podem ultrapassar os 250 °C – 300 °C. São utilizados essencialmente em centrais para produção de energia eléctrica, industria (Vapor) ou em instalações de grande dimensão, acima de 250 KW de necessidades de climatização, conhecido como “frio solar”.



Figura 25 – Colector Cilindro-parabólico



Figura 26 - Colector Cilindro-parabólico

- **Colectores concentradores parabólicos CPC(Compound Parabolic Concentrator)** – Combinam as propriedades dos colectores planos, são montados em estruturas fixas, têm um grande “ângulo de visão”, o que lhes permite a captação da radiação difusa e têm a

capacidade de produzir temperaturas mais elevadas, superiores 70°C. A diferença fundamental entre estes colectores e os planos é a geometria da superfície de absorção, que no caso dos CPC's é constituída por uma grelha de alhetas em forma de acento circunflexo, colocadas por cima de uma superfície reflectora. A captação solar realiza-se nas duas faces das alhetas já que o sol incide directamente na sua parte superior e os raios que são reflectidos incidem parte inferior, aumentando assim ainda mais a temperatura do fluido e diminuindo as perdas térmicas.



Figura 27 – Bateria colectores CPC

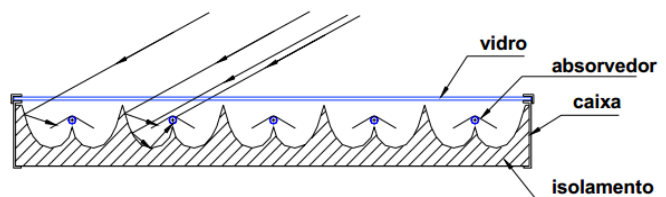


Figura 28 – Pormenor de colector CPC

- **Colector de ar quente** – São constituídos por uma caixa com superfície superior transparente (vidro ou plástico), uma placa absorvedor e isolamento térmico. Têm baixo custo e elevado rendimento, sendo utilizados para aquecer o ar ambiente e na secagem produtos agrícolas.

A escolha do tipo de colector depende de vários factores, sendo de referir, entre outros, do tipo de aplicação, do nível de temperatura pretendida, de limitações económicas e das características geográficas ou climatéricas de cada zona. Na figura seguinte apresentam-se curvas de rendimento que mostram as diferenças entre o colector plano, tubos de vácuo e o colector de plástico (sem cobertura).

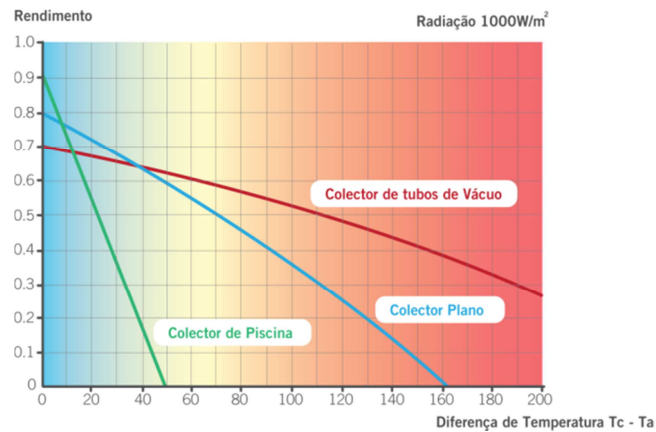


Figura 29 - Curvas de rendimento de colectores solares

Para a gama de temperaturas de utilização de AQS, ou seja na ordem dos 60°C , o colector plano tem um excelente rendimento face aos tubos de vácuo, uma vez que o diferencial de rendimento é mínimo. O colector de vácuo destaca-se quando são exigidas temperaturas mais elevadas, justificando assim a diferença de preço face ao colector plano. Já nas temperaturas mais baixas, ou seja na ordem dos $25^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}$, para o aquecimento de piscinas, o colector de plástico (sem cobertura), será o mais adequado, considerando também o seu baixo custo:

Na tabela seguinte apresenta-se um resumo das principais vantagens e desvantagens para quatro tipos de colector: plano, tubos de vácuo, concentrador cilindro parabólico e CPC.

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Colector Plano	<ul style="list-style-type: none"> - Mais económico; - Montagem fácil; - Boa relação investimento/rendimento; 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor eficiência que os colectores CPC ou vácuo; - Atinge elevada temperaturas; - Exige mais área de implantação;
Colectores tubo vácuo	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada temperatura de funcionamento; 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevadas temperaturas de estagnação; - Preço elevado;
Colector concentrador	<ul style="list-style-type: none"> - Elevadas temperaturas; 	<ul style="list-style-type: none"> - Orientação perpendicular aos raios solares para maior captação do sol;
Colector CPC	<ul style="list-style-type: none"> - Grande rendimento; - Boa eficiência com baixa radiação; - Elevadas temperaturas; 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo muito elevado;

Tabela 7 – Vantagens de desvantagens dos colectores

O colector plano terá um destaque maior neste trabalho, visto tratar-se da solução correntemente mais utilizada.

3.3.2 - Colector solar Plano

De uma forma simplificada, um colector solar plano é composto pela cobertura transparente, a placa absorsora e uma caixa isolada para evitar perdas de calor. Em contacto com a placa absorsora encontra-se uma serpentina ou “grelha” de tubos pelos quais circula um fluido térmico.

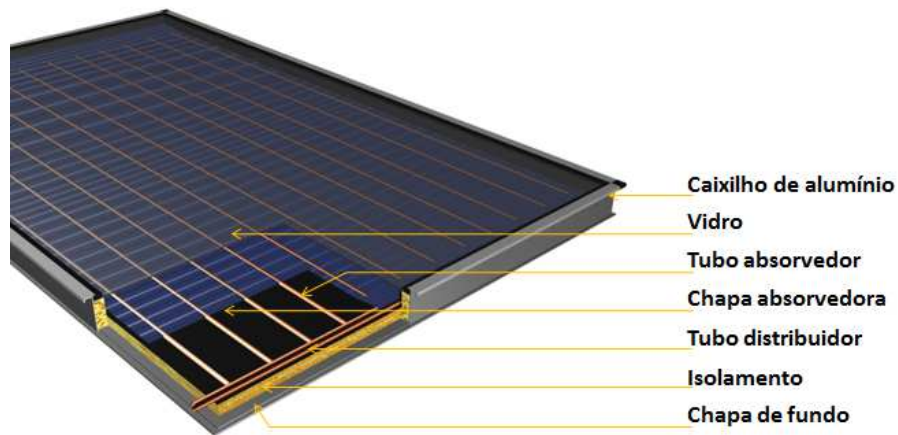


Figura 30 – Constituição de coletor plano

Cada componente que faz parte da constituição geral de um coletor solar, possui uma função específica e importante, para o desempenho do coletor solar.

1. A moldura (caixilho e chapa de fundo) serve de protecção do coletor contra ventos e chuvas, e de suporte aos restantes elementos que fazem parte da constituição do coletor, termicamente isolada para reduzir as perdas de calor para o exterior. O material que constitui a caixa pode ser alumínio, aço, plástico ou madeira envernizada.
2. A cobertura transparente (vidro) tem como função a absorção de radiação. Desta forma assegura-se o efeito de estufa no interior do coletor. Este vidro tem que garantir um bom isolamento e fornecer alguma resistência mecânica e térmica, deve possuir uma elevada transmissividade e consequentemente uma baixa reflectividade.
3. A superfície absorvedora (chapa absorvedora) tem a tarefa de melhorar o rendimento do coletor, serve para captar a radiação solar e transforma-la em calor, transmitindo-a para o fluido térmico (normalmente uma mistura de água e anticongelante), que circula por uma série de tubos em paralelo ou serpentina. Para obter maiores rendimentos existem superfícies selectivas que absorvem como um corpo negro mas perdem (emitem) menos radiação, ou seja, o absorvedor deve estar optimizado para ter a maior absorvidade possível e menor emissividade possível.

4. Os tubos de circulação do fluido (tubo absorvedor e distribuidor) servem para transportar a energia captada pela placa absorvedora até ao sistema de circulação do fluido térmico. A tubagem mais utilizada nos absorvedores é o cobre, dado que o material é muito bom condutor de calor.
5. O isolamento tem como função reduzir as perdas de térmicas em geral e deve poder suportar temperaturas elevadas, uma vez que o colector, quando o sistema não está a funcionar, pode atingir temperaturas superiores a 150°C. Os isolamentos mais utilizados são a lã de rocha cujas propriedades mecânicas e térmicas não sofrem alterações quando sujeitas a altas temperaturas.

Embora existam diversas soluções construtivas, num colector solar existe sempre um absorvedor e um fluido circulante. Para análise do seu desempenho são definidos diversos parâmetros, nomeadamente o rendimento do colector, rendimento óptico, factores de perdas (linear e quadrático) e temperatura de estagnação.

Rendimento do colector depende de vários elementos, como do vidro da cobertura, do tipo de isolamento e do percurso do fluido do painel, mas depende sobretudo das propriedades da superfície absorvedora, isto é, o tipo de revestimento desta superfície.

O tipo de absorvedor utilizado varia consoante o fabricante podendo ser em chapa de tubos prensados ou de tubos soldados, sendo este último o mais comum. No caso dos tubos soldados, podem ser em serpentina, um só tubo (single meander) ou em harpa (conjunto de tubos paralelos), sendo a soldadura efectuada na maioria das vezes através de tecnologia laser ou ultra-sons. Os revestimentos com melhores características ópticas são revestimentos que conseguem uma absorção de 95% e, ao mesmo tempo, uma baixa emissão, não superior a 5%, conhecidos por absorvedores selectivos de alto rendimento. Existem no mercado absorvedores com valores de absorvidade inferiores e de emissividade superiores aos absorvedores selectivos, ou seja com características radiactivas inferiores, sendo geralmente denominados por absorvedores não selectivos. Na figura seguinte apresenta-se um esquema demonstrativo das diferenças entre estes dois tipos de absorvedor.

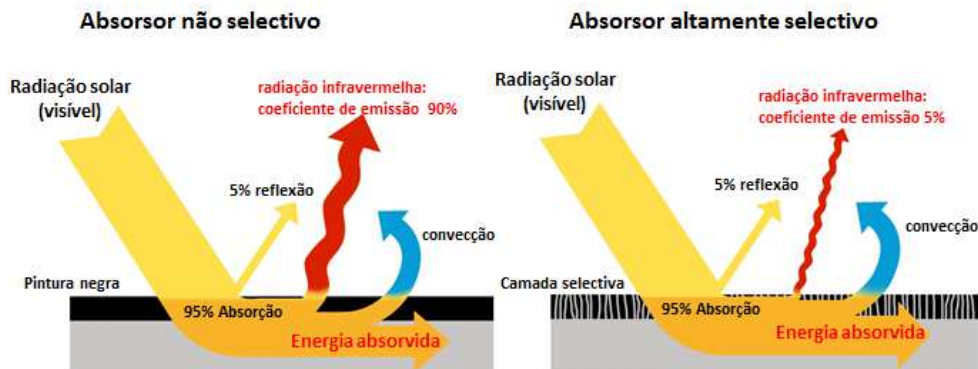


Figura 31 - Selectividade dos absorvedores

Importa referir que, num sistema solar térmico, apenas parte da energia disponível vai ser transferida para o fluido. Este processo está dependente do rendimento do coletor, considerando-se este como o quociente entre a energia recebida e a energia disponível. Consequentemente, quanto maior o rendimento, maior será a energia disponível. No entanto, nem toda a radiação que incide sobre um corpo é directamente convertida em calor, uma vez que parte da radiação não chega a interagir com o coletor. A radiação ao incidir no coletor, dependendo do ângulo de incidência, é mais ou menos, reflectida de novo para a atmosfera. A figura seguinte representa os vários tipos de perdas que existem num coletor solar:

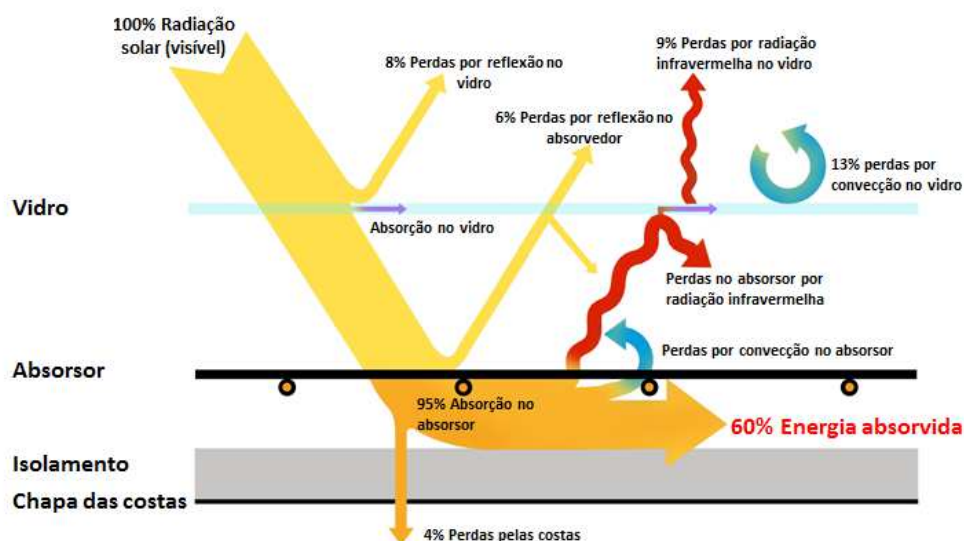


Figura 32 - Colector Plano – Fluxos de energia

Existem diversos tipos de colectores, cada um com o seu próprio design, apresentando custos e performances específicos, no entanto, no que respeita às dimensões, é necessário distinguir os diferentes tipos de áreas de superfície que os caracterizam.

Assim, na descrição da geometria de um coletor plano são consideradas as seguintes áreas:

- **Área Bruta** - a dimensão total (superfície bruta) do coletor que corresponde às dimensões exteriores e define, por exemplo, a quantidade mínima de superfície de telhado necessária para a instalação;
- **Área de Abertura** - a área da superfície de abertura que corresponde à área através da qual a radiação solar passa para o coletor;
- **Área de absorção** - a área de captação que corresponde à área da superfície da placa absorvedora

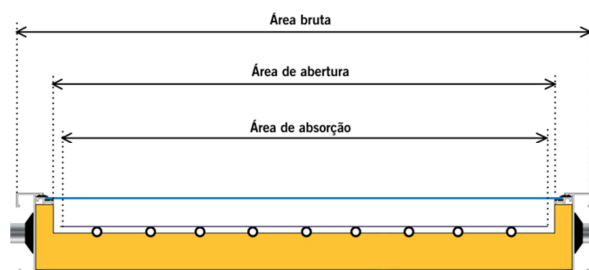


Figura 33 – Tipos de áreas

3.3.3 - Tipos de instalação dos colectores solares

Normalmente os telhados são o local privilegiado para a instalação dos sistemas solares térmicos, no entanto podem ser instalados noutros locais, podendo fazer parte da própria cobertura ou mesmo da fachada. As várias possibilidades são as seguintes:

- Integrados num telhado inclinado;
- Montados num telhado inclinado;
- Colocados em suportes num telhado plano ou numa superfície livre;
- Montados numa fachada;



Figura 34 – Telhado inclinado



Figura 35 – Integrado no telhado



Figura 36 – Terraço plano



Figura 37 - Fachada

3.3.4 - Certificação dos colectores

Para que os colectores solares térmicos possam ser comercializados em Portugal, têm de estar certificados com base na norma europeia denominada Solar Keymark.

O Solar Keymark é um esquema de certificação europeu que reconhece laboratórios acreditados e no qual participam também as entidades certificadoras. Quem certifica são as entidades certificadoras, com base em ensaios realizados, de acordo com as normas europeias aplicáveis, por laboratórios acreditados reconhecidos pelo Solar Keymark.



Figura 38 – Símbolo da entidade certificadora europeu

Actualmente, em Portugal apenas existe um laboratório acreditado para efectuar os ensaios, que é o Laboratório de Ensaio de Colectores Solares (LECS) do Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG, ex-INETI e ex-INEGI). A nível nacional, a entidade certificadora é a CERTIF – Associação para a Certificação de Produtos.



Figura 39 – Símbolo da entidade certificadora nacional

A certificação dos sistemas solares térmicos possibilita uma maior credibilidade e uma maior garantia na qualidade dos produtos, visto que os produtos certificados passam por ensaios normalizados para assim obterem aprovação.

A certificação é composta por normas de requisitos do produto e normas de ensaio. Para colectores solares existem as normas EN 12975-1:2007 e a EN 12975-2:2007. No que se refere aos sistemas solares tipo “kit” (todos os acessórios incluídos), onde estão incluídos os sistemas termossifão, as normas são às EN 12976-1:2007 e EN 12976-2:2007.

3.3.5 - Depósitos Acumuladores

Como normalmente as necessidades de consumo não coincidem com o momento em que a energia solar se encontra disponível, existe a necessidade de recurso a acumuladores, geralmente de água quente, para armazenar a energia captada pelo sistema solar durante as horas de sol, de modo a que esta possa estar disponível em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades.

O depósito acumulador é um elemento fundamental do sistema solar térmico, uma vez que ajusta o desfasamento de tempo entre a oferta e a procura. As suas características mais importantes são a resistência mecânica, a durabilidade e o nível de isolamento térmico.

Quanto menor for o coeficiente de perdas térmicas de um acumulador, melhor será o seu desempenho em termos de poupança de energia.

Os depósitos acumuladores podem ser agrupados segundo o material em que são construídos e seu revestimento interno, a posição de instalação (vertical ou horizontal) e ainda segundo o permutador de calor.

3.3.6 - Tipos de depósitos acumuladores

Relativamente à posição, conforme referido anteriormente, os depósitos de acumulação podem ser adequados à instalação na horizontal, ou na vertical. Os depósitos acumuladores horizontais não facilitam a estratificação²⁷ da água, no seu interior. É uma solução de baixo custo, de fácil montagem e caso o depósito tenha de ficar no exterior do edifício, tem pouco impacto visual. São normalmente usados em sistemas termossifão, uma vez que se encontram acoplados ao colector e instalados no telhado.

Os depósitos acumuladores mais eficazes são os verticais, pois permitem uma maior estratificação, encontrando-se a água mais quente na parte superior devido a ser menos densa, e a água mais fria na base. A entrada de água fria pode alterar essa estratificação devido à pressão de chegada, devendo existir uma placa deflectora nessa mesma entrada, não permitindo que por turbulência destrua a estratificação térmica (apesar da estratificação não ser tão importante nos depósitos horizontais, a placa deflectora deverá também aqui existir).

A estratificação de temperaturas é uma característica importante nos depósitos de acumulação de água quente, principalmente nas instalações solares, uma vez que influenciam o desempenho e contribuem para aumentar a eficiência de todo o sistema. Podemos melhorar a estratificação reduzindo o caudal de circulação do fluido térmico e através de um adequado dimensionamento das tubagens das entradas e saídas do depósito

²⁷ Estratificação - É um fenómeno da física que faz com que a água quente (menos densa) vá para a parte superior do depósito e a água mais fria (mais densa) fique na parte inferior.

(em particular nos depósitos de acumulação de energia/depósitos de inércia). O fluido térmico que volta aos colectores deve ser retirado da parte de baixo do depósito acumulador, onde a temperatura é mais fria, o que melhora a eficiência do colector e aumenta o rendimento da instalação solar térmica, fazendo em simultâneo decrescer as necessidades de aquecimento auxiliar.

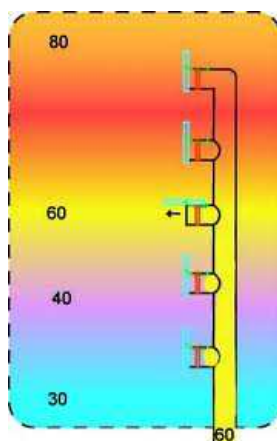


Figura 40 – Esquema da estratificação da temperatura da água

Os materiais dos depósitos acumuladores mais utilizados são:

1. Aço inoxidável – para AQS ou Inercia térmica
2. Aço esmaltado vitrificado²⁸ – para AQS
3. Aço com revestimentos plásticos (resinas epóxi²⁹) – para AQS ou inercia térmica
4. Cobre – para AQS
5. Aço negro – para inercia térmica, sem revestimento interno

²⁸ Esmaltado Vitrificado – Tratamento para o interior dos depósitos acumuladores AQS, composto de vidro e metal, que depois de aplicado é sujeito a uma cozedura, geralmente entre os 750 e 850 °C (1382 e 1562°F). O Esmalte vitrificado tem excelentes propriedades: quimicamente resistente, longa duração, resistente a riscos, solida, lisa, cor de longa duração, fácil de limpar e se exposto aos UV não perde propriedades.

²⁹ Resinas epóxi – é um plástico termofixo que endurece quando se mistura com um agente catalisador ou endurecedor, limitado normalmente por uma temperatura máxima de 70°C.

Os depósitos de aço inoxidável são normalmente os mais leves, sensíveis a águas com cloro e mais caros que os de aço esmaltado vitrificado. Os depósitos esmaltados têm de ser equipados com um ânodo de magnésio para protecção contra a corrosão (uma vez acompanhados da devida manutenção ao ânodo de magnésio, têm normalmente uma longa duração). Os depósitos de cobre são neste momento os menos utilizados, devido aos sucessivos aumentos da matéria-prima (cobre), o que os torna muito caros. Os de aço com revestimento de plásticos, são os mais baratos mas apresentam frequentemente problemas de fiabilidade à corrosão. Normalmente este tipo de revestimento é aplicado em depósitos acumuladores de grandes dimensões, acima de 3000 litros. Os de aço negro, não têm qualquer tipo de revestimento interior, uma vez que se destinam apenas a inércia térmica, utilizando-se para tal fluídos térmicos com aditivos anti corrosão. Nestes casos, a água (de consumo) circula no interior dos depósitos em circuito fechado.

Dependendo do tipo de sistema que pretendemos utilizar, assim devemos seleccionar o depósito acumulador e respectivo material com que estes são revestidos no seu interior. Por exemplo, se vamos utilizar um sistema onde produzamos AQS de forma instantânea, através de um permutador de placas, o depósito a utilizar pode ser um de aço negro, mais barato, porque não precisa de revestimento para água de consumo.

Os depósitos de acumulação podem possuir ou não permutadores de calor no seu interior, sendo o seu número função da concepção do sistema. Quando estes têm permutadores, o normal e os mais usuais para AQS são os de 1 ou 2 permutadores, sendo que os de 3 permutadores, normalmente destinam-se a servir para aquecimento e AQS.

Os permutadores são equipamentos destinados a transferir o calor captado pelos colectores para o fluido a consumir, podendo ser internos ou externos. Os externos, em placas, são mais utilizados para grandes consumos, e os internos para pequenos e médios consumos.

Segundo o tipo de permutadores podemos classificar os depósitos acumuladores da seguinte forma:

1. Depósitos acumuladores com permutador de camisa
2. Depósitos acumuladores com permutador de serpentina
3. Depósitos acumuladores combinados
4. Depósitos acumuladores sem permutador interno

Em termos de funcionamento, os mais simples, são os depósitos acumuladores com permutador de camisa, os quais possuem na sua superfície lateral uma câmara onde circula a água aquecida pelos colectores solares. São utilizados sobretudo em instalações de pequenas dimensões. Este tipo de permutador é muito comum nos sistemas termosifão quando o acumulador é horizontal.

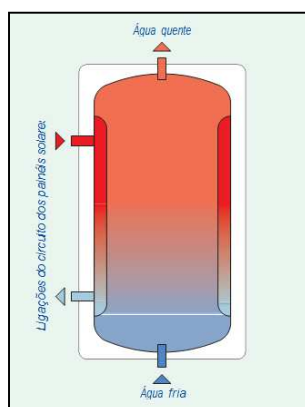


Figura 41 – Deposito com permutador camisa

Os **depósitos acumuladores com permutador de serpentina**, podem ser de serpentina simples ou dupla. Nas serpentinas simples e duplas, a que se encontra na parte inferior recebe o calor proveniente dos colectores, enquanto nos de serpentina dupla a da parte superior pode ser ligada a uma caldeira ou bomba de calor de apoio. Os acumuladores de

serpentinas têm uma boa eficiência, sendo utilizados tanto em instalações pequenas como de média dimensão.

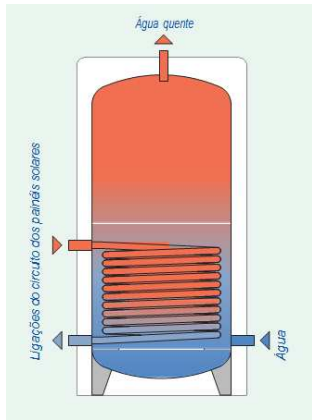


Figura 42 – Depósito com 1 permutador serpentina

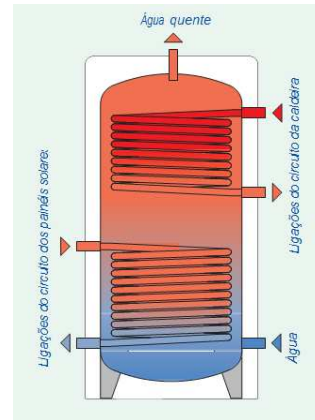


Figura 43 - Depósito com 2 permutadores serpentina

Existem ainda os **depósitos acumuladores combinados**. Trata-se de um tanque dentro de outro tanque, também chamados “*tank in tank*”.. Os acumuladores combinados, são usados em instalações solares combinadas, isto é, desempenham duas funções, a de produção de águas quentes sanitárias e a de aquecimento ambiente. A parte externa destina-se ao aquecimento, contendo água quente, e a zona mais interna produz água quente para as necessidades sanitárias. Os depósitos “*tank in tank*” tornam mais fácil e simples a realização das instalações solares combinadas, já que permitem ligar directamente ao depósito todos os circuitos, a saber:

- O circuito solar,
- O circuito de integração do calor da caldeira,
- O circuito da instalação de aquecimento,
- O circuito da água quente sanitária.

Estes depósitos são utilizados sobretudo em instalações de pequenas e médias dimensões.

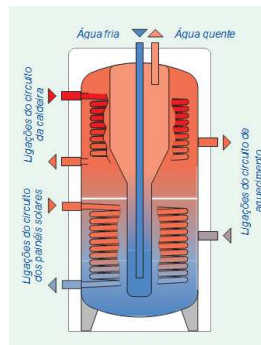


Figura 44 – Depósito combinado (tank in tank)

Por último, os depósitos acumuladores sem serpentina, são os mais simples, normalmente utilizados em instalações de grandes dimensões. Nestes casos a permuta de calor com o líquido proveniente dos colectores solares é efectuada com permutadores externos de placas ou tubulares.

Os permutadores de placas são mais compactos. Os tubulares, como possuem secções de passagem mais amplas, estão menos expostos aos perigos de “bloqueio” devido a incrustações e depósitos de sujidade.

Relativamente aos permutadores de calor internos, a utilização de permutadores externos permitem potências mais elevadas, a possibilidade de servir vários depósitos com um único permutador e uma maior versatilidade na concepção das instalações.

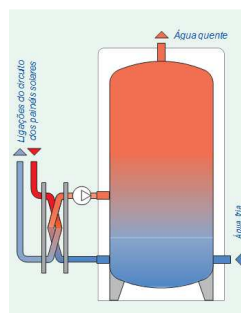


Figura 45 – Depósito de acumulação com permutador de calor externo

Para além do mencionado anteriormente, dentro dos depósitos acumuladores existem bainhas que permitem a colocação de sondas de leitura de temperatura e ou termostatos,

resistência eléctrica e ânodos de magnésio. Estes dois últimos elementos, muito embora desempenhem funções distintas, são de extrema importância.

A resistência eléctrica, é uma opção quando não existe outro tipo de apoio para a manutenção da temperatura da água ou quando o sistema solar não é suficiente, Deverá ser instalada na parte superior do depósito (a cerca de 2/3 da sua altura) e dispor de um dispositivo que permita controlar, ou mesmo impedir o seu funcionamento durante o período diurno, assim como dispor de um termostato para que o seu funcionamento pare quando for atingida a temperatura seleccionada no depósito acumulador.



Figura 46 – Resistência eléctrica

O ânodo de magnésio, surge apenas em depósitos acumuladores de aço esmaltado vitrificados, sendo um componente que tem por missão proteger o depósito acumulador de pequenas fissuras que este acaba por desenvolver, protegendo-o da ferrugem e corrosão. O ânodo é colocado, normalmente no topo do depósito acumulador e é constituído por um suporte interior em aço revestido de magnésio. Pelo processo de electrólise, o magnésio irá corroer antes do aço (a electrólise acontece quando há duas peças de metal interligado dentro de água).



Figura 47 – Ânodo magnésio

3.4 - Circuito Primário (solar)

O circuito primário de uma instalação solar é responsável pelo transporte do calor captado pelos colectores solares até aos depósitos de acumulação, sendo constituído pelos seguintes componentes:

- Tubagens (ida e retorno)
- Isolamento térmico
- Fluido de transferência térmica
- Grupo hidráulico (bomba circuladora, válvula de segurança, válvulas de retenção, válvulas de corte, manómetros, caudalímetro e controlador solar)
- Equipamento e acessórios para o enchimento e esvaziamento da instalação;
- Purgadores de ar;
- Equipamento de segurança – vaso de expansão e válvula de segurança;
- Permutador de calor do circuito solar.

3.4.1 - Tubagens

As tubagens são elementos que permitem a ligação dos colectores para o depósito acumulação, sendo estas necessárias para transportar o fluido térmico entre o colector e o depósito de acumulação.

As tubagens podem ser distinguidas mediante o circuito em que estas serão utilizadas, se no circuito primário se no circuito secundário.

No circuito primário, para o transporte do termofluido entre os colectores e o depósito acumulador, os materiais mais frequentes são o aço inox e o cobre, no entanto o cobre é o material mais utilizado, uma vez que, para além de admitir temperaturas elevadas, é de fácil instalação, resistente à corrosão quer do termofluido quer de agentes externos, fácil de manipular (permitindo fazer curvas o que evita alguns acessórios) e tem baixo coeficiente de dilatação térmica. A utilização de aço inox tem vindo a crescer apresentando boa resistência à corrosão, facilidade de corte e uma vasta gama de acessórios para montagem rápida.

O material mais utilizado no circuito secundário é o plástico (p.ex., polipropileno) com alma em alumínio, designado por “multicapa” ou multicamada”,. Estes são materiais resistentes até temperaturas de 95°C, maleáveis, economicamente de baixo custo. No circuito secundário, em particular quando neste circula AQS, não deve ser utilizar o aço negro uma vez que este sofre oxidações, as quais deterioram a potabilidade da água.

Na tubagem do circuito primário deverão existir duas intercepções (duas tomadas) para que se possa efectuar a ligação ao sistema de enchimento/esvaziamento da instalação solar. Este sistema é constituído por um reservatório (depósito), normalmente em plástico, onde é misturada a água e o anticongelante dando origem ao termofluido, acoplado a uma bomba, sendo normalmente designado por grupo bomba de enchimento. Estas intercepções ao circuito primário são usadas tanto para enchimento como para esvaziamento, operações relativamente frequentes numa instalação solar, realizadas no início/arranque da instalação e em operações de manutenção em que é preciso proceder ao seu esvaziamento, incluindo a troca de termofluido.

Normalmente nos grupos hidráulicos, as duas tomadas já vêm preparadas, o que facilita bastante a sua utilização.

3.4.2 - Isolamento Térmico

O isolamento térmico das tubagens, é um factor muito importante para a diminuição das perdas térmicas e para o melhor rendimento do sistema solar. Para que a eficiência do sistema de aquecimento de águas sanitárias não se perca no transporte e no depósito acumulador, a utilização de isolamento térmico é muito importante, incluindo nos acessórios, válvulas e ligações. O material a ser instalado deve ter uma condutibilidade térmica λ_{ref} inferior 0,040 W/(m.K) a 20°C, conforme a tabela seguinte e de acordo com o Decreto lei nº 79 de 4 Abril de 2006, cópia em anexo da página nº 2432. Quando as tubagens estiverem instaladas no exterior, devemos acrescentar às espessuras de isolamento a utilizar, 10 mm.

ANEXO III

Espessuras mínimas de isolamento

Fluido interior quente

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

Notas

1 — Tubagens e acessórios — os diâmetros indicados são sem isolamento.

2 — As espessuras são válidas para um isolamento com condutibilidade térmica de referência, λ_{ref} , de 0,040 W/(m.K) a 20 °C. Se forem utilizados isolamentos com condutibilidade térmica diferente, a espessura deve ser corrigida na proporção directa do respectivo λ em relação ao valor de referência atrás indicado.

3 — Quando os componentes estiverem instalados no exterior, às espessuras é adicionado como mínimo 20 mm para os fluidos frios nos casos em que $D > 60$ mm, e 10 mm nos restantes casos de fluidos quentes e frios.

Tabela 8 – Espessuras mínimas de isolamento

O isolamento da tubagem que se encontre exposto às condições climatéricas deve ser resistente aos raios UV e deve encontrar-se protegido por uma cobertura metálica.

3.4.3 - Fluido de transferência térmica

O fluido térmico mais adaptado a este tipo de instalações para o transporte de energia, é a água, no entanto na maioria das situações o fluido mais utilizado nas instalações é uma mistura de água com um produto anticongelante, nomeadamente o propileno glicol ou o etilenoglicol. O mais usado é o propileno glicol, por ser biodegradável e não tóxico. O fluido térmico também deverá possuir aditivos que inibam a corrosão e o desgaste.

O uso do produto anticongelante permite garantir que, numa situação em que o colector solar está submetido a temperaturas negativas (para temperaturas do ar exterior próximas ou inferiores a 0º C), o fluido térmico não solidifique (congelamento). Dependendo da localização da instalação o nível de protecção térmica necessária, faz-se variar a relação da mistura água/glicol, utilizando-se normalmente, no mínimo, cerca de 30% de anticongelante. Para concentrações inferiores de glicol a resistência dos agentes anticorrosivos às vaporizações não é tão elevada, o que compromete a durabilidade da mistura.

Concentração do glicol	Temperatura de protecção
15%	-5
20%	-8
25%	-12
30%	-15
35%	-20
40%	-25
45%	-30

Tabela 9 – Concentração do glicol

O uso da mistura anticongelante no circuito primário de uma instalação, tem ainda vantagens e inconvenientes no comportamento desta, face a temperaturas elevadas. Por outro lado o risco de sobreaquecimento diminui, pois a vaporização da mistura ocorre a uma

temperatura superior à da água mas, sempre que se verificar sobreaquecimento a mistura perde propriedades, o que faz com que a mistura não seja estável, degradando-se e perdendo a sua eficácia, sendo este um processo irreversível. A sua viscosidade é mais elevada do que a água, o que conduz a maiores perdas de carga no sistema. Por outro lado, a capacidade calorífica da mistura é inferior à da água, prejudicando assim a capacidade de transporte de energia do fluido. No entanto as vantagens superam largamente os inconvenientes, o que conduz ao uso generalizado. A mistura/glicol é feita no local, aquando do enchimento.

3.4.4 - Grupo Hidráulico

O grupo hidráulico é constituído por vários elementos fundamentais à instalação, interligados entre si e fornecidos já montados de fábrica. Estes elementos garantem várias funcionalidades em simultâneo, como a medição de caudal, a purga de ar, tomadas para enchimento/esvaziamento da instalação, informação de temperaturas e pressões na ida e retorno, entre outras. O grupo hidráulico é normalmente usado em instalações de pequena e média dimensão, uma vez que em instalações de dimensão superior, os elementos são instalados em separado.

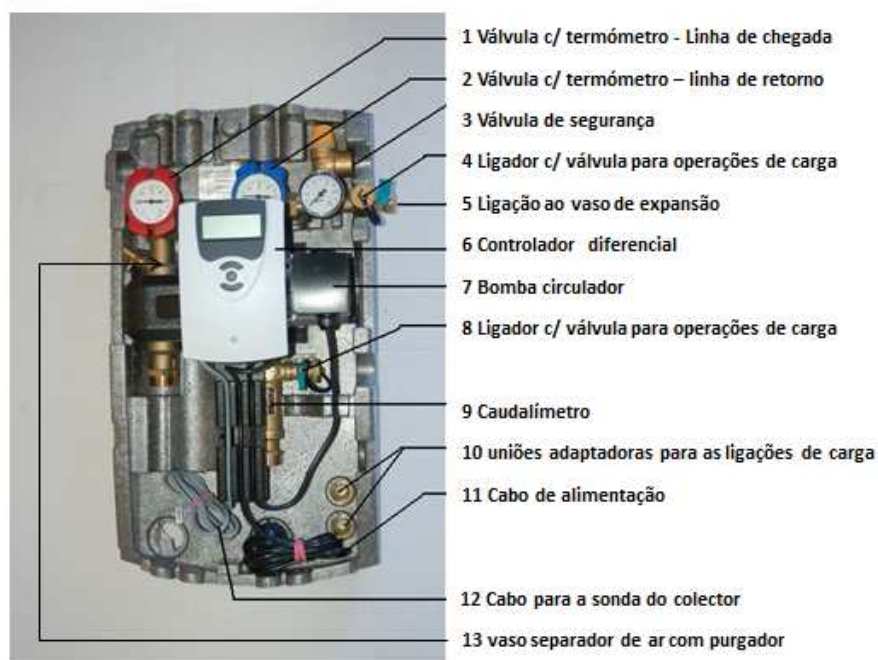


Figura 48 – Esquema do interior do grupo hidráulico

São algumas as vantagens na utilização dos grupos hidráulicos, nomeadamente as seguintes:

- Montagem facilitada
- Enchimento e esvaziamento económicos e fáceis
- Manutenção fácil
- Regulação precisa e rápida, sem necessidade de recorrer a diagramas, tabelas ou equipamentos de medição caros
- Eliminação constante de ar no circuito

3.4.5 - Bomba de circulação

A bomba de circulação é o elemento principal nos circuitos fechados de circulação forçada, sendo esta necessária para efectuar a movimentação do termofluido entre os colectores e o depósito acumulador. Dimensiona-se de forma a compensar as perdas de carga ao longo do circuito. São instaladas na parte mais baixa do circuito, na horizontal ou vertical sempre no sentido do fluxo. Estas bombas devem despende o mínimo de energia possível sem se encontrarem sobredimensionadas, e devem resistir a temperaturas máximas na ordem dos 180 °C.



Figura 49 - Bomba circuladora

As bombas de circulação utilizadas actualmente neste tipo de instalações são na sua maioria, de velocidade variável, estando o variador directamente integrado no motor e sendo a variação de velocidade realizada de uma forma automática pela própria bomba ou através de um outro comando remoto, tipo controlador solar.

Com a preocupação da poupança energética, as bombas que não cumprirem os requisitos mínimos da directiva ErP³⁰ não podem ser vendidas, obrigando aos fabricantes, desde o

³⁰ Directiva ErP - Estudos mostram que as bombas consomem 10% da electricidade mundial e dois terços de todas as bombas consomem até 60% de energia desnecessária. Assim, se a globalidade dos sistemas de bombagem fossem convertidos para alta eficiência, teríamos uma poupança de 4% no consumo global de energia, o que seria comparável ao consumo residencial de mil milhões de ocupantes (quase a população total da China) !!!

Com a Directiva 2009/125/EC, em 21 de Outubro de 2009, o Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia estabeleceram a criação de um quadro que define os requisitos de concepção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia, que é hoje conhecida como ErP (Energy-related

início de 2013 que só bombas que cumpram os requisitos mínimos desta directiva podem ser produzidas.

3.4.6 - Purgador

Devem ser colocados nas zonas mais altas do circuito solar – este tipo de acessórios podem ser automáticos ou manuais e têm como função a purga de ar existente no circuito, o qual poderá impedir a correta circulação do fluido, provocar a corrosão da instalação, afectar a capacidade de transporte de energia e provocar ruídos na instalação. Os purgadores devem ser resistentes ao glicol e a temperaturas de pelo menos 150°C.



Figura 50 - Purgador de ar

Se optarmos por colocar purgadores automáticos no circuito do solar estes deverão ter uma válvula de corte intercalada com o circuito (primário ou secundário), a qual deverá ser imediatamente fechada após a operação de purga de ar à instalação. Isto porque o purgador automático não reconhece a diferença entre ar e vapor, e se por alguma razão o sistema entrar em vaporização, corre-se o risco de perder o termofluido.. Por esta razão, os purgadores a utilizar no circuito primário deverão ser sempre manuais e sem peças plásticas, para que possamos controlar a sua abertura. Os purgadores devem ser colocados de preferência na saída do campo de colectores. A purga de ar deve ser feita por pessoal especializado. Uma purga não controlada pode provocar uma queda de pressão que pode causar falhas na instalação solar. Quando se realizarem purgas de ar deve ser verificada a pressão da instalação. Em caso de necessidade deverá proceder-se ao enchimento da instalação com termofluido.

3.4.7 - Separadores de ar

Para uma purga adequada e completa do circuito solar, é aconselhável utilizar separadores de ar, que devem ser instalados no retorno do circuito solar e na sua zona inferior, onde não pode formar-se vapor.

Um sistema hidráulico, mesmo depois de purgado de forma clássica através de purgadores de ar, continua a conter uma quantidade significativa de ar sob a forma de microbolhas que não têm a tendência natural a libertar-se, só por si, sendo assim recomendado recorrer-se ao uso de separadores de ar (em forma de microbolhas).

A existência de ar não dissolvido é altamente prejudicial ao funcionamento de um sistema hidráulico fechado, uma vez que o ar tem influência negativa no escoamento, na transferência de calor, na altura manométrica a vencer pelas bombas, existindo o perigo dos rolamentos da bomba griparem por falta de arrefecimento, uma vez que este é feito com água.

É importante compreender as função dos purgadores de ar e dos separadores de microbolhas e compreender por que razão o uso de um não exclui a utilização e outro.

3.5 - Equipamentos de segurança

Em qualquer instalação de circuito fechado, incluindo as do solar térmico, tem de estar munida de dois elementos principais de segurança à instalação – a válvula de segurança e o vaso de expansão – que protegem o sistema de danos devido à expansão do fluido térmico e por consequência aumento de pressão.

3.5.1 - Válvula de segurança

É obrigatório, em qualquer sistema de circuito fechado, existir válvulas de segurança, sendo estas designadas como um equipamentos de segurança do sistema. Destinam-se a proteger equipamentos ou instalações completas de sobrepressões, resultantes do aumento da temperatura ou de pressão no interior do sistema. Ao ser o valor limite para o qual se encontra regulada a válvula de segurança, esta abre, descarregando (esvaziando) a instalação por forma a “aliviar” a sua pressão interior.

No circuito primário, a válvula de segurança encontra-se localizada normalmente junto ao vaso de expansão, podendo no entanto ser instaladas em qualquer parte do circuito. No circuito secundário, encontra-se localizada normalmente na entrada de água fria dos depósitos acumuladores. Em qualquer dos casos, não deverá existir qualquer válvula entre a de segurança e o circuito ou o depósito a proteger.

A pressão de descarga da válvula de segurança deve ser superior à pressão de trabalho, cerca de 2 a 3 bar acima, sendo desta forma aconselhável a utilização de válvulas de segurança com um valor na ordem dos 5 a 6 bar de descarga. Uma vez que a pressão do circuito primário é da ordem dos 3 bar, consegue-se desta forma manter elevada, (cerca de 140°C), a temperatura de ebulição do fluido. A mistura do termofluido que pode sair da válvula, numa eventual descarga, não deve ser descarregada para o esgoto, devendo-se, por isso, utilizar um recipiente de recolha. O tudo de descarga para o esgoto deve ter, no mínimo, o mesmo diâmetro que o da válvula de segurança. A capacidade de funcionamento da válvula deve ser comprovada regularmente.

A generalidade dos grupos hidráulicos pré-montados estão equipados com válvula de segurança de 6 bar.



Figura 51 - Válvula de segurança

3.5.2 - Vaso de expansão

O fluido de trabalho de um circuito sofre variações de temperatura, pelo que torna-se necessário absorver as conseqüentes variações de volume e de pressão, sendo essa a função do vaso de expansão. Em condições normais o vaso de expansão impede que a válvula de segurança actue, ou seja, que descarregue o termofluido, esvaziando o circuito primário.

Um vaso de expansão, é um depósito dividido no seu interior em duas partes, por uma membrana elástica de borracha que cumpre a função de absorver as dilatações. Esta membrana separa a zona que vai receber a água, ou fluido térmico, da zona que está preenchida com gás. Este gás dever ser preferencialmente azoto, uma vez que sendo um gás inerte protege o vaso de possíveis efeitos de corrosão na parede interna mas, na generalidade dos casos, é utilizado ar comprimido. Os vasos de expansão estão equipados com uma membrana especialmente resistente capaz de aguentar temperaturas até 140°C e uma mistura de glicol até 50%. Em termos de pressão de serviço os vasos de expansão vêm já com uma pressão pré definida de fábrica, que geralmente é de 2,5 bar, devendo ser rectificada para 1 bar abaixo da pressão do circuito primário a frio e com a bomba parada.



Figura 52 - Vaso de expansão

No caso dos vasos de expansão solares, estes devem estar dimensionados para receber a dilatação dos fluidos condutores térmicos, provocado pela eventual vaporização nos colectores, em caso de estagnação. Para este último caso (vaporização) deve-se ter em conta o volume total do painel e o volume do primeiro metro dos tubos de ligação. Recentemente demonstrou-se que até 40% do volume do tubo pode vaporizar. Deve-se verificar sempre a pressão de pré-carga antes de o instalar.

Até [m ²] de colector	Vaso de Expansão (litros)
7,5	25
10	33
15	50
20	80
25	100

Tabela 10 - Tabela de selecção de vaso de expansão

3.6 - Pressão do Circuito e Manómetro

Os sistemas solares deverão ser colocados a uma pressão de 3 bar no circuito primário, conseguindo-se desta forma manter elevada, (cerca de 140°C), a temperatura de ebulição do fluido no circuito primário.

A pressão do circuito deverá ser de +1 bar relativamente à pressão de pré-carga do vaso de expansão, ou a pressão de pré-carga do vaso de expansão deve ser 1 bar inferior à pressão do circuito nesse ponto.

A medição da pressão existente no circuito primário (solar) é feita através de um manómetro. A verificação regular da pressão do circuito permite detectar eventuais falhas, como por exemplo a existência de alguma fuga no circuito, ou descarga da válvula de segurança.



Figura 53 - Manómetro

3.7 – Válvulas

3.7.1 - Válvula de retenção

A função principal deste tipo de válvula é apenas permitir a circulação de fluido num só sentido, impedindo a sua passagem no sentido contrário, Sendo normalmente instalada no retorno do fluido.

No caso dos sistemas solares, nomeadamente quando aplicadas no circuito primário, servem para evitar o efeito termossifão (circulações parasitas), que podem activar-se quando o fluido na serpentina do depósito de acumulação, está mais quente do que os colectores, por exemplo, durante os períodos de fraca insolação ou à noite. Este tipo de circulações naturais, são na prática circulações que transformam os colectores em dissipadores de calor e a estas circulações deve-se o mau funcionamento de instalações solares.



Figura 54 - Válvula de retenção

Deve-se desta forma eliminar o efeito termossifão em todas as ligações (ascendentes) a depósitos depósito acumuladores de água quente ou em depósito acumuladores intermédios.

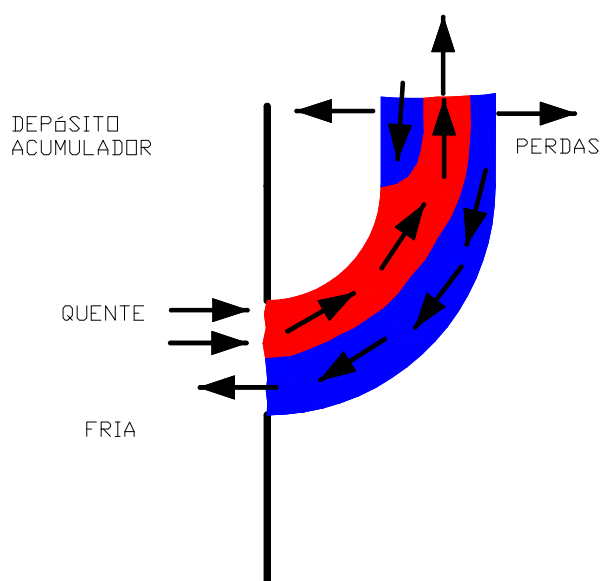


Figura 55 - Efeito termossifão

Outra forma de se evitar este efeito, caso não se utilize a válvula de retenção, é instalar, nas tubagens de ligação aos depósitos de acumulação, “freios de gravidade”, sem isolamento térmico, com comprimento de 10 vezes o diâmetro do tubo.

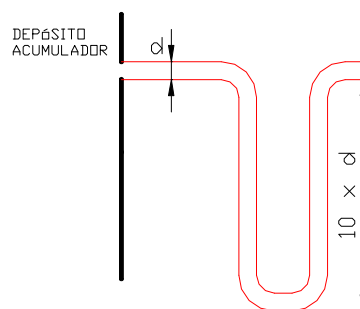


Figura 56 - Freio de gravidade

Outra forma de resolver este efeito, caso não se utilize a válvula de retenção, é efectuar freios de gravidade sem isolamento e com comprimento de 10 vezes o diâmetro do tubo

Note-se que os grupos hidráulicos pré-montados vêm já instalados com válvulas de retenção anti-termosifão em ambos os ramais (ida e retorno), evitando este efeito no circuito primário.

3.7.2 - Válvulas de corte

As válvulas de corte, permitem ou impedem a passagem de fluido. A função essencial deste tipo de válvulas é de seleccionar ou isolar determinada secção ou componente da instalação (prumada, ramal, colector solar, permutador de calor, caldeira, etc.), permitindo assim a sua desactivação, reparação ou remoção. Este tipo de válvulas produzem baixas perdas de carga quando abertas.



Figura 57 - Válvula de corte

3.7.3 - Válvula misturadora termostática

A válvula misturadora termostática coloca-se normalmente na saída de água quente do depósito acumulador, permitindo limitar a temperatura de consumo através da mistura com a água fria da rede de abastecimento. O depósito acumulador pode atingir valores elevados de temperatura de AQS (max. 90°C), pelo que a não existência de uma válvula misturadora termostática pode resultar em perigo de queimaduras para os utilizadores, choques térmicos na tubagem e elevada perda de energia

A regulação da válvula termostática é feita normalmente para temperaturas de 35 °C a 50 °C, sendo estas as temperaturas de consumo. Este tipo de válvulas não necessita de recurso a energia exterior porque funciona pelo princípio de cabeçal termostático. Este tipo de válvulas devem resistir, ainda que por períodos curtos de tempo, a temperaturas até 90°C, permitindo assim a realização, por exemplo, de ciclos de desinfeção.



Figura 58 - Válvula Misturadora Termostática

3.7.4 - Válvula de 3 vias



Figura 59 - Válvula de 3 Vias

3.8 – Regulação

3.8.1 - Reguladores de caudal ou caudalímetros

Reguladores de caudal ou caudalímetros, têm como função, numa instalação solar térmica, de impedir que o caudal máximo que atravessa o ramal por ela servido ultrapasse o valor estabelecido, pretendendo-se desta forma garantir que todos os ramais da instalação recebam o caudal adequado. Este tipo de caudalímetros permite não só a regulação do caudal, como também a sua medição, servindo assim como elemento de corte estanque.

Recomenda-se a sua instalação no retorno do circuito primário solar, uma vez que é a parte mais fria do circuito. O caudal deve ser ajustado à temperatura de serviço (aprox. 60°C de temperatura do colector), já que em estado frio o caudal volumétrico é demasiado baixo (a viscosidade do anticongelante aumenta com a diminuição da temperatura). Os caudalímetros são muito uteis no diagnóstico de possíveis anomalias na instalação.

O caudal é um factor importante para aumentar o desempenho dos sistemas solares térmicos, existindo em cada sistema um caudal óptimo que maximiza a eficiência do colector. Um dos valores mais usuais utilizado em instalações de pequena e média dimensão é o de 30 l/h.m², contudo este valor depende do tipo de colector



Figura 60 - Caudalímetro em linha



Figura 61 - Caudalímetro com visor lateral

3.8.2 - Controlador solar

Todos os sistemas solares de circulação forçada necessitam de um controlador, o qual tem como objectivo controlar o funcionamento da instalação. Este tipo de unidades de controlo permite, entre outras, as seguintes acções:

- Controlar o arranque e paragem da instalação, através do controlo de funcionamento da bomba de circulação;
- Medir temperaturas (colector solar e depósito de acumulação)
- Assegurar a segurança do sistema;
- Reportar dados;
- Verificar a disponibilidade de energia



Figura 62 – Controlador Solar

Independentemente do tipo de sistema, o objectivo do controlador passa sempre por comandar o arranque e a paragem das bombas, a qualquer momento e em segurança. Esta operação assenta no controlo de temperatura para o qual são necessários dois sensores, um medindo a temperatura onde ela é mais elevada (colector) e outro medindo a temperatura dentro do acumulador, à altura do permutador solar. Esta informação é transmitida à unidade de controlo que a analisa e verifica se o diferencial de temperaturas é superior ao definido, activando o funcionamento das bombas, se for o caso disso.

Quando no acumulador se atinge a temperatura máxima, por uma questão de segurança, a unidade de controlo transmite a informação para desligar o sistema.

As unidades de controlo podem ainda monitorizar os tempos de operação e a quantidade de calor captada e efectuar o controlo remoto e diagnósticos à distância. Muito importante é também o facto de se poder efectuar a medição e controlo de caudais, nomeadamente a velocidade de transferência de calor do fluido no sistema, conseguindo o máximo rendimento térmico da instalação quando se atinge um caudal óptimo.

Unidades de controlo mais recentes efectuam um diagnóstico de erros, dando a informação dos erros que acontecem com maior frequência e identificando as possíveis causa-efeitos. A

grande maioria dos controladores diferenciais, incorporam ainda funções de protecção contra o congelamento em caso de baixas temperaturas e também configurações de protecção contra o sobreaquecimento, actuando no sistema quando se atinge determinadas temperaturas.

Os controladores solares são capazes de ajustar o caudal de acordo com as alterações de temperatura, regulando a velocidade da bomba do circuito primário, conseguindo levar a bomba a valores mínimos de caudal se necessário, o que leva a que se possa aproveitar energia mesmo com um nível de radiação baixa.

3.8.3 - Sensor de temperatura

Os controladores solares, são fornecidos com sondas de temperatura, no mínimo 2 sondas, uma para o colector e uma outra para o depósito acumulador, conforme referido anteriormente. Estas são diferentes, porque a sonda para colocar na saída do colector solar deverá suportar temperaturas superiores a 200 °C e a do depósito acumulador é um pouco menos exigente, superiores a 120 °C.



Figura 63 – Sensor de temperatura

3.9 - Dissipador de calor

Os dissipadores de calor podem ser utilizados quando há o risco de se verificarem com frequência sobre aquecimentos da instalação provocados por inexistência prolongada de consumos de água quente. Assim, caso não exista consumo suficiente, a temperatura dos colectores pode atingir temperaturas de estagnação, o que pode levar à degradação do sistema solar, em particular de alguns dos seus componentes, como por exemplo:

- ✓ Termofluido
- ✓ Bomba circuladora
- ✓ Colectores
- ✓ Vaso de expansão

Aconselha-se que o controlador solar, conforme referido anteriormente, tenha activas as funções de programação para evitar a estagnação do sistema, tanto quanto possível. No entanto há situações em que tal não é possível, sendo necessário que o sistema liberte para o exterior o excesso de energia que está a produzir, o que só é possível através de um dissipador de calor. O dissipador de calor é uma unidade instalada no exterior do edifício, que é composta por um permutador de calor onde circula o fluido térmico, equipado com um ventilador. Este deverá ser dimensionado para a totalidade da potência máxima recebida pelos colectores.



Figura 64 – Dissipador de calor

3.10 - Permutador de calor

Nas situações em que o fluido do circuito primário é diferente do fluido do circuito secundário de consumo, é necessário transferir a energia térmica de um fluido para outro. O permutador de calor é o elemento da instalação onde ocorre esta transferência de energia. Os permutadores podem ser internos (incorporados) ou externos ao depósito de acumulação. Os permutadores internos são geralmente limitados em termos de área de transferência de calor, enquanto os externos não têm essa limitação. Por esta razão, os internos são usados em pequenas instalações, ou seja em depósitos acumuladores de pequena e média dimensão, normalmente até 2000 litro de acumulação. Em instalações de maior dimensão utilizam-se os permutadores de calor exteriores, os quais devem ser isolados termicamente para evitar grandes perdas. Os externos mais utilizados são os de placas, uma vez que são mais eficientes, pois oferecem uma maior superfície de contacto. No caso das piscinas os mais utilizados são os permutadores exteriores tubulares. Os permutadores de AQS são normalmente em aço inoxidável, enquanto nas piscinas, devido ao cloro e à água salgada, são normalmente em titânio.



Figura 65 – Permutador interno



Figura 66 – Permutador de placas

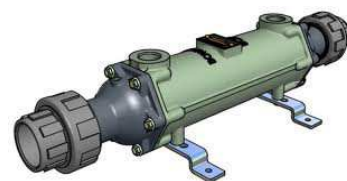


Figura 67 – Permutador tubular

3.11 - Sistema Auxiliar

Devido a consumos elevados ou baixa radiação solar, existem períodos em que a acumulação produzida pela energia solar não é suficiente para as necessidades. Nestas alturas, deve-se utilizar um equipamento auxiliar, ou de apoio, normalmente com recurso a energias ditas convencionais, para garantir o abastecimento de água quente. Este equipamento de apoio, pode ser um esquentador, uma caldeira, uma resistência eléctrica ou até uma bomba de calor, devendo ter a capacidade de regular a sua potência em função da temperatura, pois o papel é apenas de completar a parte de energia em falta.



Figura 68 – Esquentador Termostático



Figura 69 – Caldeira Mural



Figura 70 – Bomba de Calor AQS



Figura 71 – Resistência Eléctrica

3.12 - Classificação dos sistemas solares térmicos

Dependendo do tipo de componentes e equipamentos a utilizar numa instalação solar térmica, estas podem ser classificadas de duas formas: pelo tipo de circuito e pelo tipo de

circulação. A escolha dos componentes a utilizar depende do tipo de utilização pretendido e também da localização geográfica do sistema, conforme se descreve de seguida.

3.12.1 - Tipo de circuito

Os sistemas solares térmicos são classificados pelo tipo de circuito, como directos ou indirectos consoante o circuito é aberto ou fechado, respectivamente.

Num sistema solar com circuito aberto o fluido de trabalho que circula nos colectores é o mesmo do consumo (água de consumo), uma vez que só existe um único circuito. Este tipo de sistemas solares utilizam-se em países quentes, onde não existe o risco de congelamento do circuito solar. As instalações de aquecimento directo não são recomendadas em locais com águas duras, pois favorecem a deposição de calcário que chega a obstruir as tubagens da placa absorvedora, tornando o sistema deficitário ou inutilizável.

Nos sistemas solares indirectos, o fluido de trabalho funciona em circuito fechado, ou seja, existem sempre 2 circuitos, um circuito primário (fluido térmico) e um secundário (água de consumo). O circuito primário nunca se mistura com o circuito secundário. Neste tipo de sistema tem que obrigatoriamente existir um permutador para transferir o calor do circuito primário para o secundário.

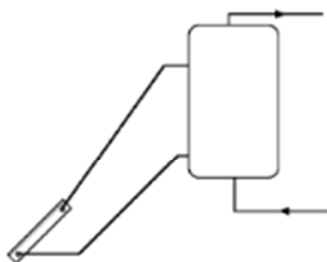


Figura 72 – Sistema Directo

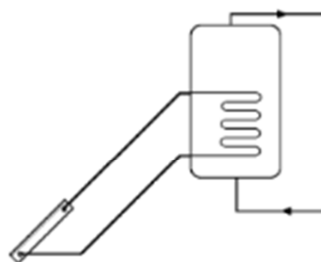


Figura 73 – Sistema Indirecto

3.12.2 - Tipo de circulação

Relativamente à forma como é feita a circulação do fluido térmico, os sistemas solares podem-se dividir em dois tipos de circulação:

1. Circulação natural – o fluido circula de forma natural, por convecção., Considera-se que são sistemas passivos, mais conhecidos por termossifão.
2. Circulação forçada – o fluido circula recorrendo a uma bomba circuladora para efectuar a circulação. Considera-se que são sistemas activos, conhecidos por sistemas de circulação forçada.

3.13 - Sistema circulação natural (termossifão)

Os sistemas de circulação natural por efeito de termosifão, são geralmente sistemas indirectos, contudo, em algumas situações, pouco frequentes, podem ser sistemas directos.

O sistema termossifão consiste geralmente num colector, ou num conjunto de colectores, ligados a um depósito acumulador, bem isolado e posicionado a um nível mais alto do que os colectores. Não são necessárias bombas circuladoras, pois a circulação de água faz-se por convecção natural, induzida pela diferença de densidade entre a água quente e fria.

3.13.1 - Princípio de funcionamento do sistema termossifão

A utilização de circulação por termossifão é apenas possível caso o depósito esteja colocado num nível superior aos colectores solares.

A radiação solar captada no colector solar é transferida para o fluido que circula pela tubagem do absorber, o qual pelo aumento da sua temperatura se torna menos denso. Desta forma desloca-se para a parte superior do circuito, ou seja, para o depósito de acumulação onde a permuta é feita para a água de consumo: O fluido térmico arrefece, aumenta a sua densidade e desce para o colector. Uma vez no colector, o ciclo fica fechado e

começa de novo a circulação, desde que haja radiação solar suficiente. A água que se encontra no fundo do depósito será a primeira a aquecer, fazendo com que esta suba, enquanto a água que se encontra mais acima desce por se encontrar mais fria, formando deste modo uma corrente. O caudal de circulação aumenta com o aumento da intensidade de radiação solar. A água a utilizar é retirada da parte superior do depósito solar, sendo a reposição feita pela parte inferior.

Pode dizer-se que se trata de um processo natural, onde não existem elementos mecânicos nem electrónicos, sendo auto-regulado sem necessitar de consumir nenhuma outra energia, não se encontra sujeito a avarias mecânicas.



Figura 74 – Sistema Termossifão

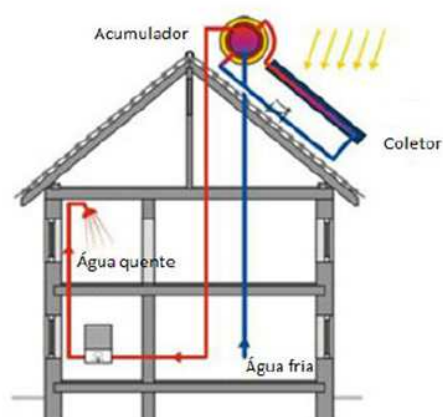


Figura 75 – Funcionamento Termossifão

Este tipo de circulação é aconselhável em pequenas instalações, sendo bastante utilizado ao nível doméstico (vivenda unifamiliares ou apartamentos) e em aplicações em que as necessidades de água quente sanitária são baixas. Tem a vantagem de ser uma instalação mais simples e barata.

3.14 – Sistema de circulação forçada

Os sistemas de circulação forçada são caracterizados pela existência de uma bomba circuladora que faz a movimentação do fluido térmico entre os colectores e o depósito acumulador. Podemos no entanto destacar dois tipos de sistemas de circulação forçada, o designado normal e o drain back com recolha do fluido térmico.

Princípio de funcionamento de um sistema de circulação forçada

A radiação solar captada no colector solar é transferida sob a forma de calor para o fluido que circula pela tubagem do circuito primário (fechado). No caso da temperatura à saída dos colectores for superior à temperatura no depósito de acumulação, numa determinada quantidade pré-definida, por exemplo 6 °C, um controlador diferencial activa o funcionamento da bomba de circulação, a qual faz movimentar o fluido térmico dos colectores até ao depósito de acumulação, transportando a calor neles captado e transferindo-o para o depósito. A circulação do fluido é, assim, gerida pelo controlador solar, que dá ordens à bomba de circulação em função do diferencial de temperaturas que vão sendo registadas, ou seja, a diferença entre a temperatura do fluido à saída do colector e a temperatura da água na parte mais baixa do depósito acumulador. Dependendo do tipo de instalação e sua utilização, este tipo de sistema pode precisar de mecanismos de segurança para prevenir o sobreaquecimento (vaporização) do fluido do circuito primário.

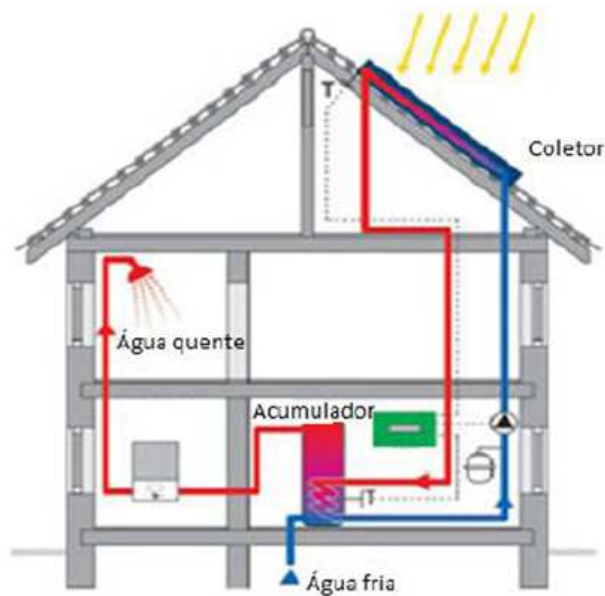


Figura 76 – Funcionamento Circulação forçada

Sempre que não é possível um sistema em termossifão, ou porque o depósito não pode estar acima do colector, ou mesmo porque se pretende uma maior potência de aquecimento devido a elevadas necessidades de consumo, recorre-se à circulação forçada.

Circulação forçada – Drain Back

O sistema Drain Back, funciona de forma idêntica a um sistema de circulação forçada normal, tendo como única diferença o facto de permitir a drenagem automática do fluido térmico. Este método previne o congelamento e o sobreaquecimento do circuito primário, aquando de prolongadas paragens do equipamento. Neste tipo de sistema toda a água dos colectores e tubagens é drenada para dentro de um pequeno depósito sempre que o sistema atinge temperaturas demasiado baixas ou quando o depósito de acumulação já atingiu a temperatura solicitada e os colectores continuam a subir de temperatura, evitamos assim a vaporização do circuito primário.

O circuito dos colectores, pode inclusive funcionar com água como fluido de trabalho sem necessidade de recorrer a anticongelante. Quando a bomba de circulação está desligada, por

acção de gravidade, todas as tubagens de água acima deste nível, bem como os colectores, são preenchidos com ar e todas as tubagens e outros componentes abaixo deste nível são preenchidos com água.

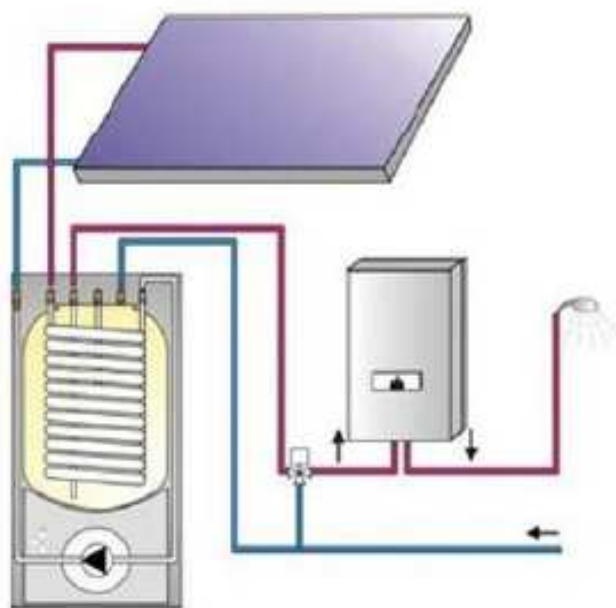


Figura 77 – Sistema Drain Back

Neste tipo de sistema evita a necessidade de instalar purgadores e vaso de expansão, a instalação auto protege-se contra o congelamento e sobreaquecimento, conforme referido anteriormente. Para além disso, com este tipo de sistema não existe o risco de perdas de calor através do denominado “efeito termossifão” mencionado anteriormente.

Este sistema apresenta apenas uma única desvantagem, a altura máxima do circuito primário não pode exceder os 15 metros.

4 – Caso de estudo

4.1 Descrição do Edifício

O edifício alvo do presente estudo, é um edifício de habitação multifamiliar e de comércio, localizado na Estrada Sra. da Saúde, em Faro.

As fachadas têm a seguinte exposição:

- Alçado principal – Este
- Alçado posterior – Oeste
- Alçado Lateral Direito – Norte
- Alçado Lateral Esquerdo – Sul

O edifício é composto por quatro fracções de comércio no rés-do-chão, sendo os 1º, 2º, 3º e 4º andares destinados a habitação e compostos por quatro fracções por piso e o 5º andar composto por duas fracções. A cobertura é acessível e será onde irão ficar localizados os colectores solares.

Piso	Tipologia	Número de fracções
R/Chão	Loja A	1
	Loja B	1
1ºPiso	T2	4
2ºPiso	T2	4
3ºPiso	T2	4
4ºPiso	T2	4
5ºPiso	T3	1
	T4	1

Tabela 11 - Tipologias do edifício

Lojas	T2	T3	T4
2	16	1	1

Tabela 12 – Totais das Tipologias

4.2 Necessidade de AQS e dados para simulação

As necessidades de água quente sanitária, de acordo com o Anexo VI, alínea 2.1, do Decreto-Lei nº 80/2006 (RCCTE), são determinadas de acordo com o n.º de ocupante convencional existente em cada fracção autónoma, em função da sua tipologia (ver quadro VI.1).

Tipologia	T0	T1	T2	Tn
Número de ocupante	2	2	3	n+1

Tabela 13 – Ocupação convencional das fracções autónomas residências, de acordo com a sua tipologia

Nas fracções de habitação, o consumo diário de referência é de 40 litros por ocupante e nas fracções autónomas de serviços, de acordo com o estabelecido no RCCTE, pode admitir-se sem qualquer outra justificação, um consumo total diário de 100 litros.

Considerando os critérios acima descritos, as necessidades de água quente sanitária do edifício são as seguintes:

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de ocupantes por fracção (ocup)	Necessidades de AQS por fracção (l)
R/C	Loja A	1	-	100
	Loja B	1	-	100
1ºPiso	T2	4	3	120
2ºPiso	T2	4	3	120
3ºPiso	T2	4	3	120
4ºPiso	T2	4	3	120
5ºPiso	T3	1	4	160
	T4	1	5	200
Total		20	57	2480

Tabela 14 – Necessidades de AQS no Edifício

Não havendo nenhuma razão que justificasse um valor diferente, admitiu-se no caso em estudo que as fracções autónomas de serviços têm um consumo diário de AQS de 100 litros.

De referir que, para efeitos do cálculo das necessidades de energia para a produção de AQS, de acordo com o estabelecido no RCCTE, considera-se a temperatura de consumo de 60 °C e que a temperatura da água fria da rede é de 15 °C.

Nesta análise, acumulação de AQS por fracção irá estar sujeita a alterações, em função das características de cada esquema utilizado.

É necessário prever um sistema de apoio, que funciona através de energia convencional, para satisfazer as necessidades de AQS, sobretudo no Inverno ou em períodos de maior consumo, em que a energia solar é insuficiente, face às necessidades das fracções. Este apoio tem de possuir capacidade suficiente para fazer face, *per si*; às necessidades de AQS, caso a energia solar não seja suficiente ou deixe de funcionar, por avaria ou manutenção. No presente caso, optou-se por uma caldeira a gás.

De acordo com a metodologia actual, estabelecida pelo RCCTE, a determinação do contributo solar na satisfação das necessidades de AQS deverá ser feita através de simulação com o Software SOLTERM, do LNEG, com base numa área de colectores de 1 m² por ocupante. No entanto, de acordo com a interpretação da ADENE, Agência para a Energia, este valor de 1 m², refere-se a um colector “padrão”, com um rendimento óptico de 69%, coeficientes de perdas $a_1 = 7,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ e $a_2 = 0,014 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$ e modificador de ângulo, $\theta = 50^\circ$. A instalação solar a instalar, baseada em colectores “reais”, deverá satisfazer, no mínimo, o mesmo valor do contributo solar obtido com o colector padrão.

Para efectuarmos a simulação do colector padrão com base na regra acima referida, 1 m² por ocupante, é preciso chegarmos ao número de ocupantes do nosso edifício. Uma vez que temos uma situação mista de edifício de serviços e de habitação e o Solterm não permite calcular uma situação mista, calculou-se o número de ocupantes com base nas necessidades totais a dividir pelos 40 l e chegámos ao valor de 62 ocupantes.

Na figura e tabela seguinte, apresentam-se os dados e resultados da simulação feita com o colector padrão para o edificio em análise.

Foi considerada uma acumulação de 2500 Litros (25 x 100 Litros), uma vez que as necessidades são de 2480 Litros. Esta aproximação deve-se à limitação que o Solterm possui

na selecção de depósitos de acumulação, não permitindo a selecção de diferentes capacidades de acumulação por sistema simulado.

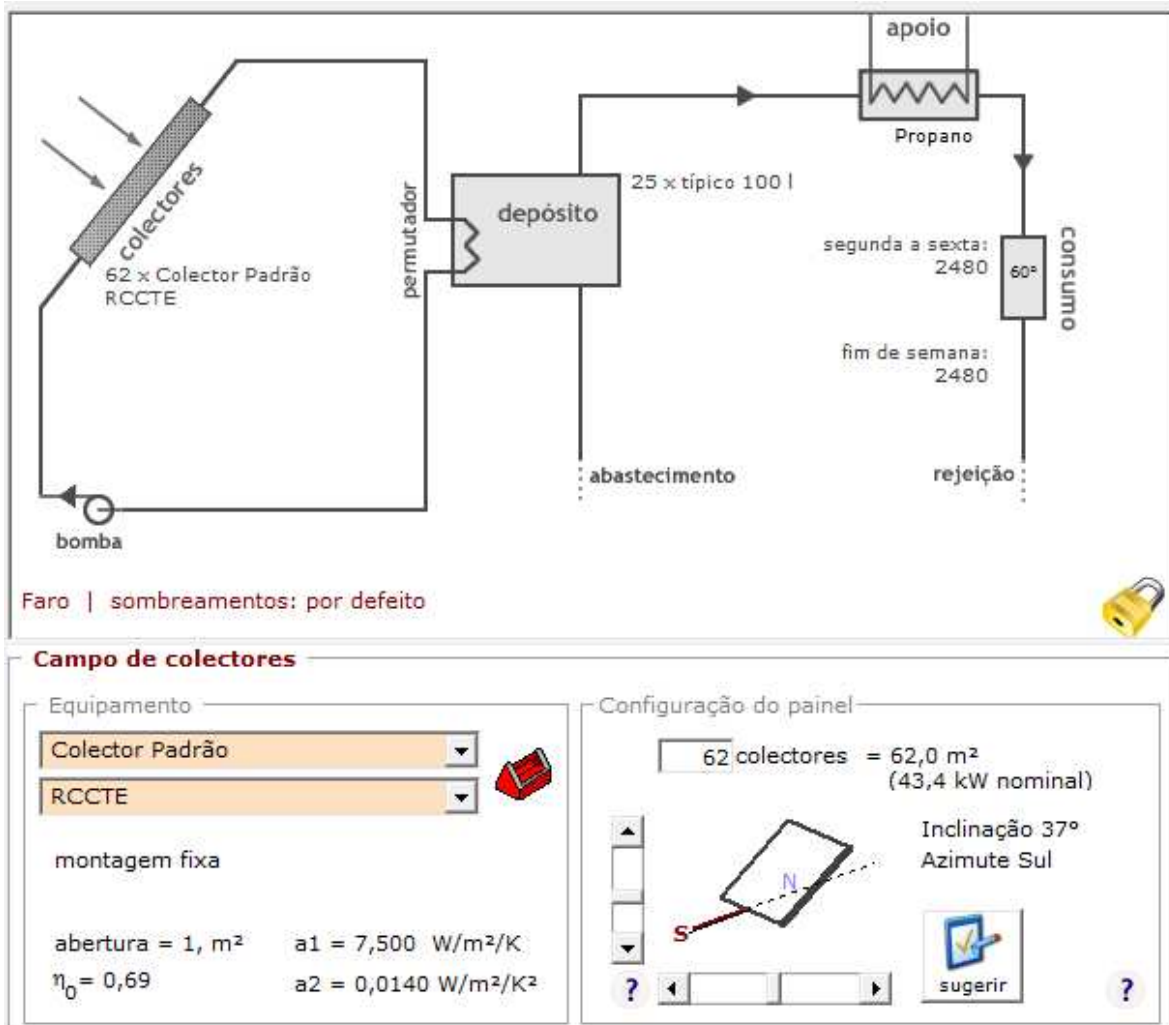


Figura 78 – Simulação Solterm colector padrão

Balanço energético mensal e anual						
	Rad. Horiz. kwh/m ²	Rad. Inclín. kwh/m ²	Desperdiçado kwh	Fornecido kwh	Carga kwh	Apoio kwh
Janeiro	68	110	,	1500	4023	2522
Fevereiro	84	118	,	1560	3633	2074
Março	120	145	,	1880	4023	2143
Abril	163	172	,	2231	3893	1662
Maio	208	196	,	2533	4023	1490
Junho	221	198	,	2631	3893	1262
Julho	236	217	,	3024	4023	999
Agosto	219	221	,	3159	4023	864
Setembro	154	177	,	2615	3893	1278
Outubro	113	154	,	2270	4023	1753
Novembro	78	125	,	1768	3893	2125
Dezembro	66	112	,	1586	4023	2437
Anual	1729	1945	,	26756	47365	20609

Figura 79 – Resultado da Simulação Solterm para Colector padrão

De forma a chegarmos, no mínimo, ao valor da contribuição solar obtida com o colector padrão, utilizando o colector real, efectuou-se a simulação no Solterm com o colector RKE 2500 ALPIN Easy. Assim, com 15 colectores deste modelo (2,50m²) foi possível obter um valor de contributo solar, um pouco superior ao obtido com o colector padrão. Na figura e tabela seguinte apresentam-se os resultados desta simulação.

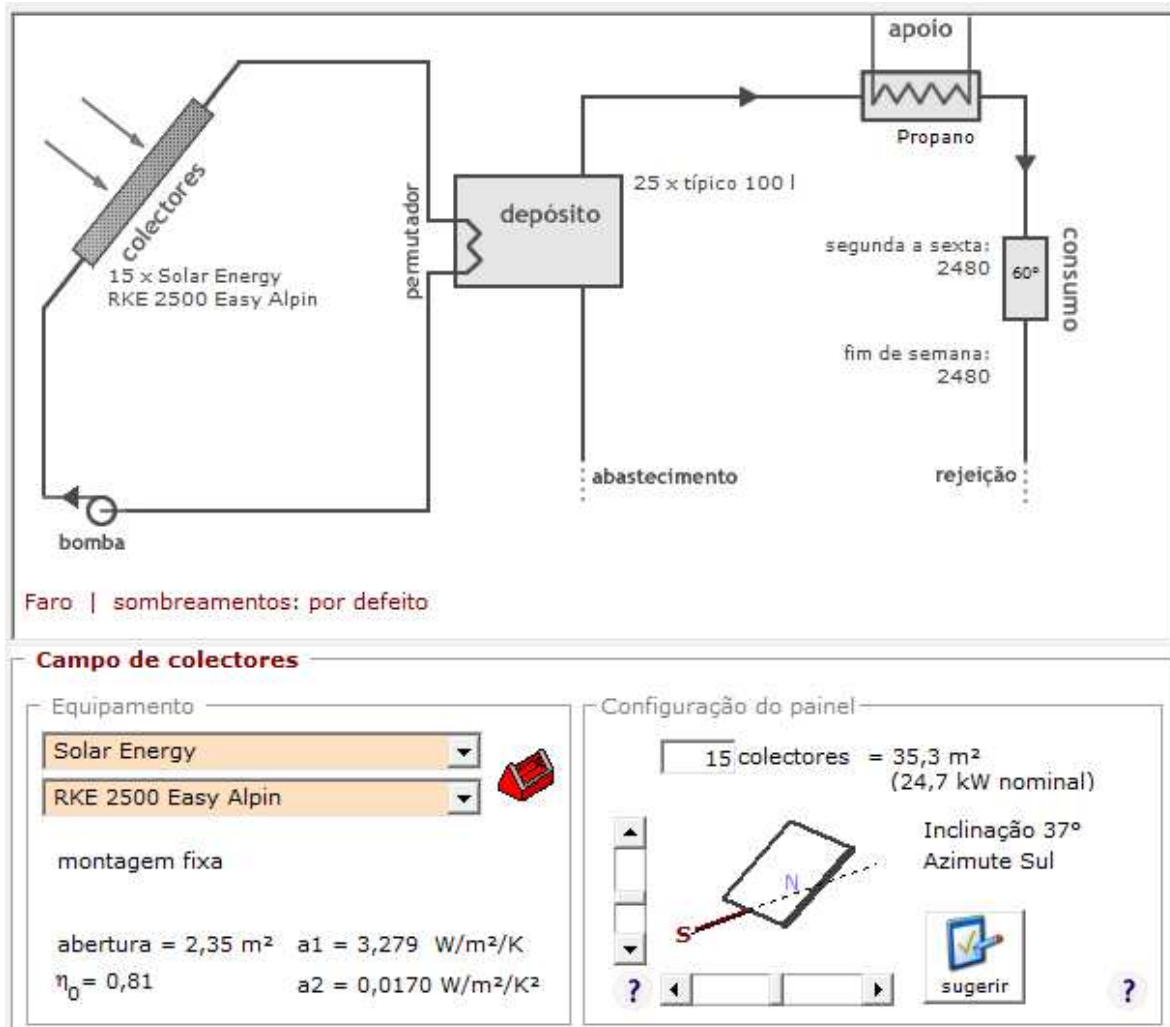


Figura 80 - Simulação Solterm colector RKE 2500 ALPIN Easy

Balanço energético mensal e anual

	Rad. Horiz. kwh/m ²	Rad. Inclín. kwh/m ²	Desperdiçado kwh	Fornecido kwh	Carga kwh	Apoio kwh
Janeiro	68	110	,	1744	4023	2279
Fevereiro	84	118	,	1794	3633	1840
Março	120	145	,	2149	4023	1874
Abril	163	172	,	2519	3893	1374
Maió	208	196	,	2790	4023	1233
Junho	221	198	,	2789	3893	1104
Julho	236	217	,	3167	4023	856
Agosto	219	221	,	3342	4023	681
Setembro	154	177	,	2773	3893	1120
Outubro	113	154	,	2440	4023	1583
Novembro	78	125	,	1985	3893	1908
Dezembro	66	112	,	1807	4023	2215
Anual	1729	1945	,	29299	47365	18066

Figura 81 - Resultado da Simulação Solterm para Colector RKE2500 Alpin Easy

São apresentadas em anexo as simulações completas no Solterm com o colector padrão e o colector RKE 2500 ALPIN Easy.

4.3 – Sistemas a analisar

Existem inúmeras soluções para os sistemas solares que efectuam o aquecimento de águas sanitárias, tornando-se mais complexo nos sistemas de maior dimensão, especialmente em edifícios multifamiliares, como é o caso do presente estudo. Estas variantes podem ser enquadradas nas diferentes possibilidades para a captação/aproveitamento da energia solar (centralizada ou descentralizada), para a acumulação (centralizada, descentralizada ou semi-centralizada) e para o tipo de apoio utilizado (caldeira, resistência eléctrica, ou bomba de calor e se é centralizado ou descentralizado).

Os vários sistemas que iremos analisar, podem ser classificados como sistemas de média/grande dimensão, sendo esta classificação atribuída a instalações com uma área de colectores $\geq 20 \text{ m}^2$.

A maioria dos Softwares de simulação de sistemas solares térmicos apresenta grandes limitações em instalações para edifícios multifamiliares, como é o caso do SOLTERM, Software obrigatório “por lei”. Assim, por forma a simular diferentes tipos de esquemas de princípio normalmente utilizados neste tipo de edifícios, considerando também a existência de fracções com diferentes tipologias e, portanto, diferentes necessidades de consumo, optou-se por se utilizar o Software *Transol Pro 3.1*.

Dos vários sistemas possíveis de utilizar em edifícios multifamiliares, foram escolhidos para análise e comparação os seguintes esquemas:

1. Termossifão individual
2. Sistema de circulação forçada individual
3. Sistema centralizado com acumulação individual por apartamento
4. Sistema com permutador de placas centralizado e acumulação individual por apartamento

5. Sistema com acumulação de inércia centralizado e permutadores placas individuais por apartamento
6. Sistema com acumulação e apoio centralizado com contadores de entalpia por apartamento

Para além dos sistemas acima referidos, estava prevista a análise de um sistema com acumulação semi-centralizada, i.e. com acumulação de inércia centralizada e acumulação individual por apartamento. Acabou por se optar por não apresentar este sistema, porque na fase de simulações o Software *Transol* apresentou resultados inconsistentes, alguns mesmo impossíveis, nomeadamente valores de fracção solar acima dos 100%. Eventualmente poderá ser um “bug³¹” do Software de cálculo *Transol*, neste sistema.

Efectuaremos as simulações no *Transol* dos sistemas 3, 4, 5 e 6, comparando os resultados de forma a entendermos a performance de cada um deles. Os sistemas 1 e 2, como se trata de sistemas individuais aplicados a edifícios, não são comparáveis com os sistemas colectivos, de qualquer das formas, foram efectuadas simulações com o *Solterm* para estes dois sistemas. São apresentadas em anexo as simulações efectuadas pelo *Solterm* e *Transol*, para cada um dos sistemas apresentados.

Foi igualmente determinado o custo previsto para cada um dos sistemas. Neste custo o sistema de apoio ao sistema solar está considerado em separado, excepto no sistema 6, uma vez que se trata de um sistema totalmente centralizado, o apoio faz parte integrante do sistema solar. Em pormenor o custo de cada um dos sistemas em anexo.

Os sistemas 3, 4, 5 e 6 foram simulados com igual número de colectores solares, ou seja, o campo de colectores é exactamente o mesmo para os quatro sistemas, variando a acumulação, conforme tipo de esquema.

³¹ Bug - é um erro no funcionamento de um programa informático, que pode causar discrepâncias

4.3.1 - Sistema termossifão individual por fracção (sistema 1)



Figura 82 – Sistema 1 Termossifão

Neste tipo de solução através de sistema termossifão para cada fracção, todos os componentes são individuais, nomeadamente os colectores, depósito de acumulação e o sistema de apoio, assim como os consumos de água fria e o da energia de apoio, os quais são contabilizados por fracção autónoma.

Cada fracção tem o seu sistema instalado na cobertura, o que significa que na cobertura existe um ponto de água fria e um ponto de água quente, provenientes da fracção. O facto do depósito acumulador estar junto dos colectores solares, permite a libertação de espaço no interior de cada fracção.

O sistema termossifão não necessita de alimentação eléctrica para funcionar, a não ser que optemos pelo sistema de apoio com resistência eléctrica, que é geralmente incorporada no depósito acumulador. Apesar deste ser o sistema de apoio mais utilizado nos sistemas termossifão, em alternativa podemos optar por efectuar o apoio através de esquentador, caldeira ou bomba de calor.

Este tipo de sistema, em edifícios acima dos 2 ou 3 pisos, tem muitas perdas de energia, uma vez que obriga a grandes comprimentos de tubagens até chegar ao ponto de consumo de

cada fracção, como é a situação do caso de estudo. Desta forma, a utilização de sistemas termossifão não é aconselhável para o presente edifício.

No entanto, existe forte tendência no mercado para a utilização de sistemas termossifão em edifícios multifamiliares, pela simplicidade de instalação, manutenção e, principalmente, pelo seu custo.

Dados considerados para simulação do sistema 1:

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Kit Termossifão considerado por fracção
R/C	Loja A	1	-	100	160
	Loja B	1	-	100	160
1ºPiso	T2	4	3	120	200
2ºPiso	T2	4	3	120	200
3ºPiso	T2	4	3	120	200
4ºPiso	T2	4	3	120	200
5ºPiso	T3	1	4	160	300
	T4	1	5	200	300

Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	4120
----------------	----	---------------	----	----------------------	------

Tabela 15 - Acumulação de AQS do sistema 1

Custo previsto do sistema 1:

Uma vez que se trata de sistemas individualizados, apresentar um custo total do sistema como se fosse centralizado não é a melhor forma, apresentamos o custo de cada sistema conforme a tipologia:

Tipologia	Custo P/ Tipologia
Lojas	1.840,68 €
T2	1.978,35 €
T3	2.932,52 €
T4	2.932,52 €

Tabela 16 - Custo do sistema 1 por tipologia

Resultados Obtidos

Para este tipo de sistema, a análise foi efectuada para uma tipologia de cada tipo, tendo sido considerados 3 tipos de sistemas Termosifão, nomeadamente 160 Litros, 200 Litros e 300 Litros. Utilizando o software de simulação Solterm, foram obtidos os seguintes resultados:

Tipologia	Tipo de sistema	Energia Fornecida por fracção (kWh)	Numero Fracções	Total energia fornecida x nº de Fracções (kWh)
Lojas	160 L	1368	2	2736
T2	200 L	1719	16	27504
T3	300 L	2415	1	2415
T4	300 L	2758	1	2758
			Total	35413

Tabela 17 - Valores simulação Solterm para o sistema 1

Após obtermos a energia fornecida por tipologia, multiplicámos esse valor pelo número de fracções existentes no edifício por forma a determinar o valor total da contribuição solar.

4.3.2 – Circulação Forçada individual com acumulação individual por fracção (sistema 2)

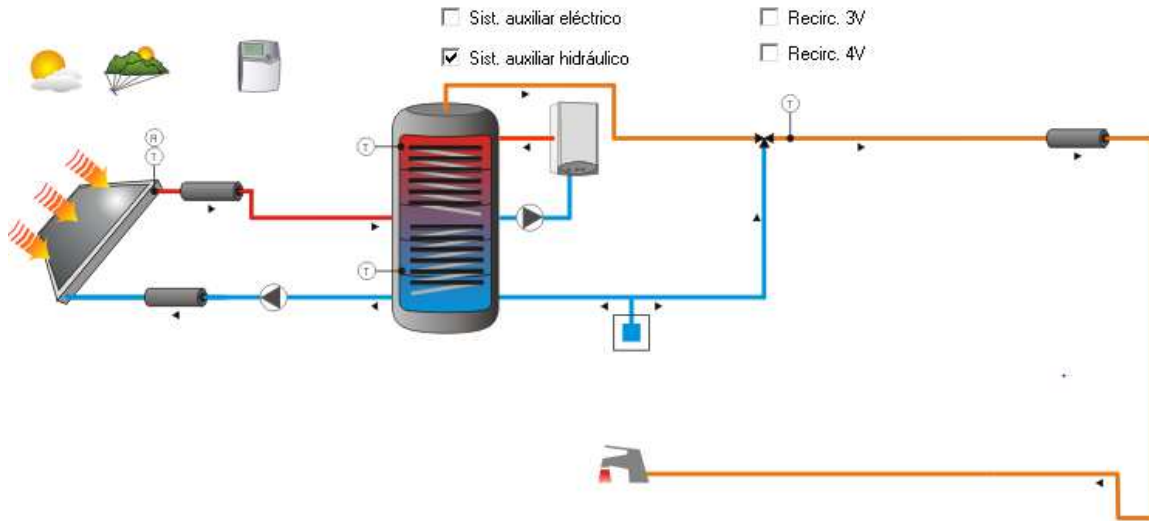


Figura 83 – Sistema 2 circulação forçada individual

À Semelhança do sistema 1, todos os componentes desta solução são independentes. A única diferença é que este é um sistema de circulação forçada, em que o depósito acumulador está instalado no interior de cada fracção. Funciona com um controlador solar que dá ordens à bomba circuladora para estabelecer a circulação entre o campo de colectores e o depósito.

O apoio deste sistema também está instalado no interior da fracção, tendo-se optado neste caso por uma caldeira.

Esta solução e a anterior, são mais adequadas edifícios de habitação unifamiliar (moradias/vivendas).

Dados considerados para simulação do sistema 2

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Depósito acumulador considerado por fracção
R/C	Loja A	1	-	100	150
	Loja B	1	-	100	150
1ºPiso	T2	4	3	120	200
2ºPiso	T2	4	3	120	200
3ºPiso	T2	4	3	120	200
4ºPiso	T2	4	3	120	200
5ºPiso	T3	1	4	160	300
	T4	1	5	200	300
Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	4100

Tabela 18 – Acumulação de AQS do sistema 2

Custo previsto do sistema:

À semelhança do sistema 1, também neste caso, por se tratar de sistemas individualizados, apresentamos o custo de cada sistema conforme a tipologia:

Tipologia	Custo P/tipologia
Lojas	2.932,95 €
T2	3.286,49 €
T3	4.630,56 €
T4	4.630,56 €

Tabela 19 – Custo do sistema 2 por tipologia

Resultados Obtidos

Para este tipo de sistema, a análise foi efectuada para uma tipologia de cada tipo, tendo sido considerados 3 tipos de sistemas de circulação forçada, nomeadamente 150 Litros, 200 Litros e 300 Litros. Utilizando o software de simulação Solterm, foram obtidos os seguintes resultados:

Tipologia	Tipo de sistema	Energia Fornecida por fracção (kWh)	Numero Fracções	Total energia fornecida x nº de Fracções (kWh)
Lojas	150 L	1589	2	3178
T2	200 L	1838	16	29408
T3	300 L	2779	1	2779
T4	300 L	3330	1	3330
			Total	38695

Tabela 20 - Valores simulação Solterm para o sistema 2

Após obtermos a energia fornecida por tipologia, multiplicámos esse valor pelo número de fracções existentes no edifício por forma a determinar o valor total da contribuição solar.

4.3.3 - Sistema centralizado com acumulação individual por fracção (sistema 3)

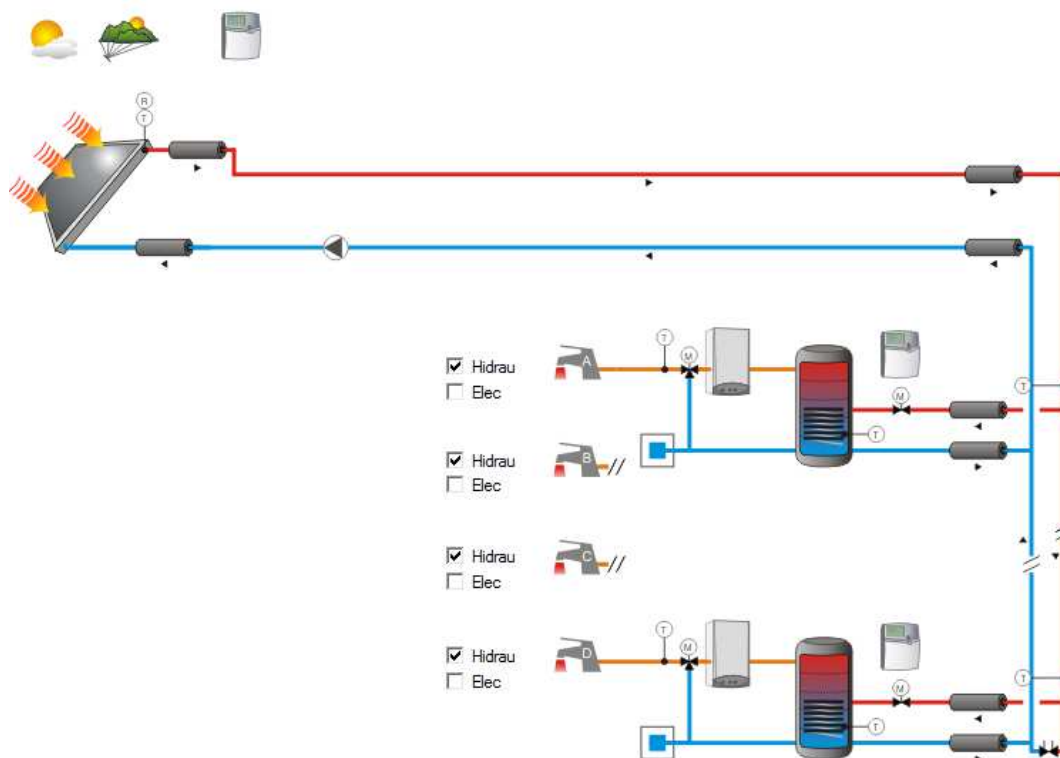


Figura 84 – Sistema 3 centralizado com acumulação individual por fracção

Neste tipo de sistema existe um único circuito hidráulico (circuito fechado), entre o campo de colectores e os depósitos de acumulação. O grupo de circulação é responsável pela distribuição do fluido solar desde o campo de colectores até aos depósitos acumuladores.

A circulação do fluido térmico do circuito primário, é controlado por um controlador diferencial que verifica a temperatura no campo de colectores e no retorno da distribuição do edifício. Este controlador dá ordens de paragem ou arranque a uma bomba circuladora.

Relativamente aos sistemas de apoio mais utilizados para a solução solar em causa, são apoios individuais por fracção. Ficam assim, instalados em cada fracção, o depósito de acumulação e o apoio ao sistema solar, que neste ultimo pode ser uma caldeira, esquentador ou uma resistência eléctrica. Fica igualmente por parte da fracção o “controlo” do depósito acumulador, o qual é feito através de uma válvula de 2 vias colocada à entrada do acumulador, quando este estiver à temperatura estabelecida, a válvula fecha não permitindo que o fluido vindo do campo de colectores continue a passar pelo acumulador, correndo o risco de estarmos a “roubar” energia já acumulada. Esta válvula de 2 vias é controlada por um controlador diferencial, que verifica a diferença de temperatura entre o acumulador e a prumada, vinda do campo de colectores.

O volume dos depósitos acumuladores instalados em cada fracção, tem de ser suficiente para garantir o consumo diário de água quente, uma vez que não existe outra acumulação comum ao edifício. Estes depósitos acumuladores são normalmente de pequena dimensão, com um permutador interno de serpentina, onde circula o fluido do circuito primário.

Este sistema tem o inconveniente de toda a distribuição do circuito primário pelo edificio, ter que utilizar tubagem em cobre ou inox, uma vez que se trata do circuito primário sujeito a temperaturas elevadas. A utilização destes materiais, face às tubagens em plástico, encarece a instalação porque são significativamente mais caros e obriga a que todo o circuito primário tenha termofluido (polipropileno glicol).

Dados considerados para simulação do sistema 3

Na tabela seguinte são apresentados os dados das necessidades de AQS e os volumes de acumulação considerados para efeitos de simulação com o Transol, do sistema 3.

Instalações Solares Térmicas em Edifícios de Habitação Colectiva

Estudo de soluções alternativas num caso prático

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Depósito acumulador considerado por fracção
R/C	Loja A	1	-	100	120
	Loja B	1	-	100	120
1ºPiso	T2	4	3	120	120
2ºPiso	T2	4	3	120	120
3ºPiso	T2	4	3	120	120
4ºPiso	T2	4	3	120	120
5ºPiso	T3	1	4	160	160
	T4	1	5	200	200
Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	2520

Tabela 21 – Acumulação de AQS do sistema 3

Custo previsto do sistema:

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo por Fracção
Sistema 3	45.793,20 €	2.289,66 €

Tabela 22 – Custo do Sistema 3

Resultados obtidos:

Resultados Globais (%)	
Fracção solar	77,60 %

Tabela 23– Resultados Globais do sistema 3

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)	
Radiação solar incidente	76.283
Necessidade líquida	31.866
Consumo energia auxiliar	7.829
Produção campo solar	41.695

Tabela 24 – Resultados energéticos globais do sistema 3

Perdas energéticas do sistema (kWh)	
Tubagens do primário	250
Tubagens de distribuição	481
Tubagens aos acumuladores	9.857
Acumulador doméstico	7.167

Tabela 25 – Perdas energéticas do sistema 3

4.3.4 – Sistema com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção (sistema 4)

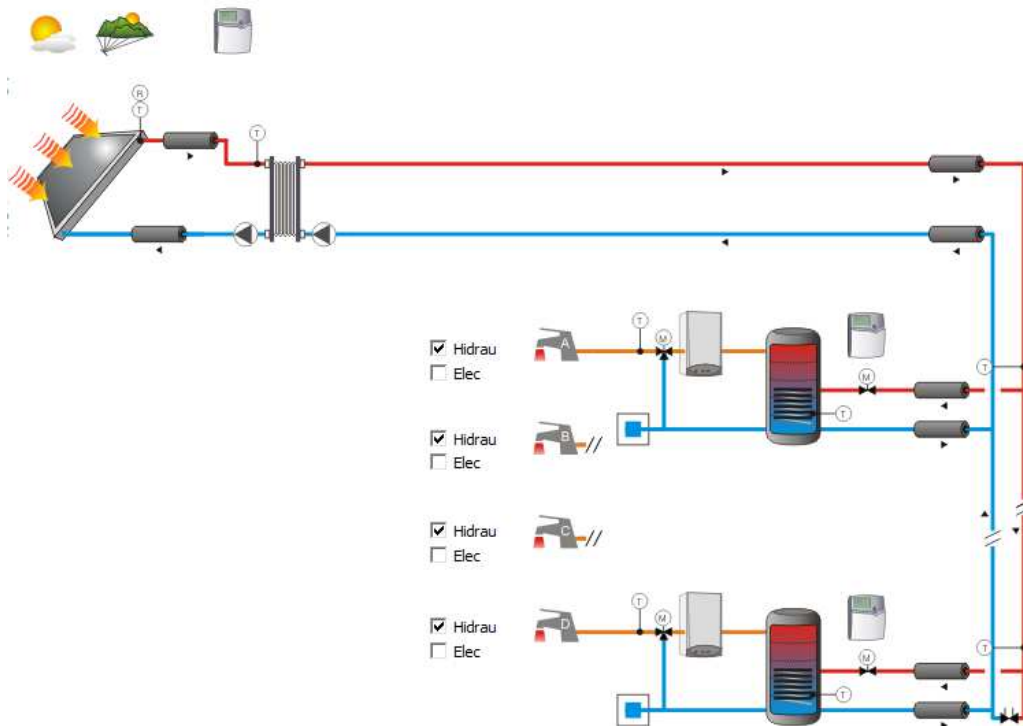


Figura 85 - Sistema 4 com permutador placas centralizado, com acumulação individual por fracção

Este sistema é todo ele semelhante ao sistema 3, à excepção de que neste o circuito primário é separado por um permutador de placas. Este é instalado, o mais próximo possível do campo de colectores, uma vez que permite diminuir a extensão do circuito primário, assim como a quantidade de anticongelante. O circuito é, assim, separado por um permutador de placas, de forma a permitir, para além da transferência de energia, a

separação hidráulica entre o fluido que circula no campo de colectores e o fluido de distribuição de energia pelas fracções, o que dá origem a dois circuitos fechados mas, apenas um com termofluido (polipropileno glicol).

O circuito de distribuição de energia pelas fracções, dispensa a utilização de uma mistura de água e glicol como termofluido, podendo ser somente utilizada a água, uma vez que os riscos de congelação são mínimos. Este segundo circuito pode ser feito com tubagens plásticas porque não está sujeito a altas temperaturas, uma vez que a temperatura de circulação de distribuição do edifício até aos acumuladores, é controlada por uma válvula misturadora termostática, limitando a temperatura para 60°C – 70 °C.

Este esquema, pelo facto de existirem dois circuitos, obriga à colocação de 2 bombas circuladoras, uma para o primário, do campo de colectores, e a outra para a distribuição pelas fracções. Para além da bomba de circulação do circuito de distribuição, tal como no circuito primário, é necessário instalar os elementos de segurança, nomeadamente o vaso expansão e válvula de segurança.

No que respeita ao controlador, este é aplicado neste sistema da mesma forma que no caso do sistema 3, com a única diferença de que, em vez de se controlar uma bomba de circuladora, passa-se a controlar duas, uma do circuito primário e outra do circuito de distribuição, as quais funcionam em simultâneo.

Em termos de acumulação e respectivo controlo e do apoio, a solução adoptada neste sistema é exactamente igual à do sistema anterior.

Dados considerados para simulação do sistema 4

Os dados considerados para a simulação deste sistema, em termos de acumulação de AQS são exactamente os mesmos que foram considerados no sistema 3, conforme referido.

Custo previsto do sistema:

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo por Fração
Sistema 4	48.784,06 €	2.439,20 €

Tabela 26 - Custo do Sistema 4

Resultados obtidos:

Resultados Globais (%)	
Fração solar	77,70 %

Tabela 27– Resultados Globais do sistema 4

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)	
Radiação solar incidente	76.283
Necessidade líquida	31.866
Consumo energia auxiliar	7.731
Produção campo solar	40.247

Tabela 28 – Resultados energéticos globais do sistema 4

Perdas energéticas do sistema (kWh)	
Tubagens do primário	259
Tubagens de distribuição	394
Tubagens aos acumuladores	7.689
Acumulador doméstico	7750

Tabela 29 – Perdas energéticas do sistema 4

4.3.5 – Sistema com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção (sistema 5)

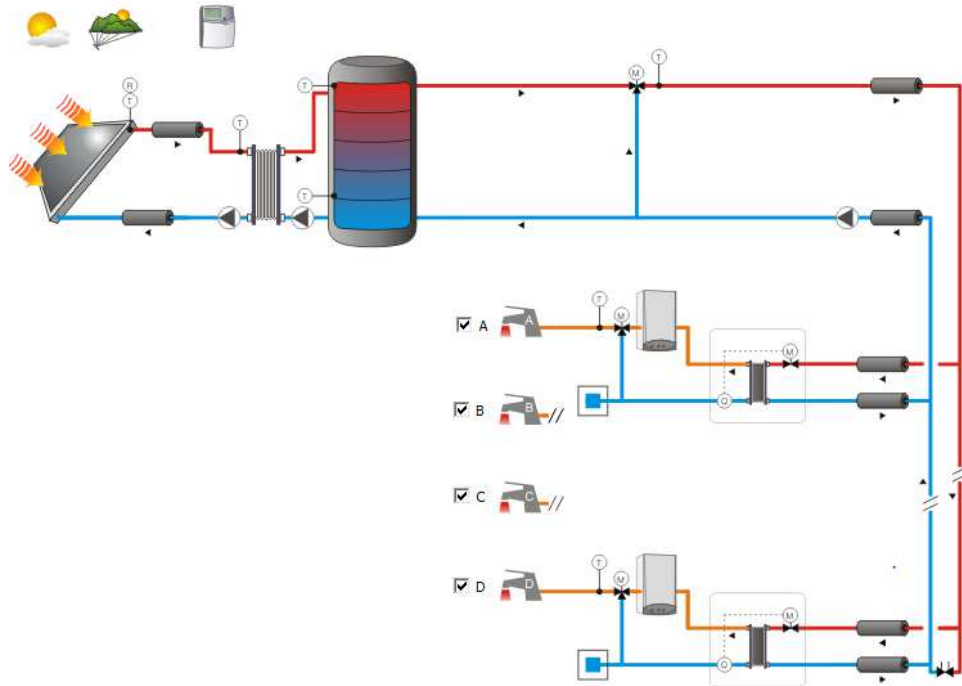


Figura 86 - Sistema 5 com depósito inércia centralizado, com permutadores placas individuais por fracção

Este sistema caracteriza-se pela acumulação centralizada, realizada com recurso a um depósito de inércia, localizado normalmente numa zona comum do edifício e pela utilização de módulos de produção instantânea de AQS em cada uma das fracções. A energia acumulada nesse depósito de fica disponível para os módulos de AQS, constituídos por permutadores de calor, instaladas em cada fracção. Através destes módulos de AQS, a água fria proveniente da rede é aquecida ou pré-aquecida instantaneamente, seguindo de imediato para o consumo ou, caso seja necessário, passando pelo sistema de apoio para que seja feito o aquecimento complementar, antes de seguir para o consumo.

Este depósito de acumulação (inércia) central, tem de ter capacidade suficiente para fazer face às necessidades de todas as fracções.

Todo o circuito de distribuição pelo edifício, circulação do campo de colectores ao permutador é exactamente igual ao sistema 4. A diferença para o sistema 4 é a acumulação no interior de cada fracção que não existe, porque é substituída pelos módulos de AQS. Neste caso mantem-se no interior de cada fracção o apoio ao sistema, da mesma forma que no esquema 4.

Devido ao módulo de produção instantânea de AQS ser de reduzidas dimensões, este sistema é adequado para edifícios onde as fracções possuam pouco espaço, onde a instalação de depósitos de acumulação não é adequada.

Dados considerados para simulação do sistema 5:

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Depósito acumulador centralizado
R/C	Loja A	1	-	-	3000
	Loja B	1	-	-	
1ºPiso	T2	4	3	-	
2ºPiso	T2	4	3	-	
3ºPiso	T2	4	3	-	
4ºPiso	T2	4	3	-	
5ºPiso	T3	1	4	-	
	T4	1	5	-	

Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	3000
----------------	----	---------------	----	----------------------	------

Tabela 30 - Acumulação de AQS do sistema 5

Custo previsto do sistema:

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo por Fracção
Sistema 5	56.780,57 €	2.839,03 €

Tabela 31 - Custo do Sistema 5

Resultados obtidos:

Resultados Globais (%)	
Fracção solar	66,90 %

Tabela 32– Resultados Globais do sistema 5

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)	
Radiação solar incidente	76.283
Necessidade líquida	31.866
Consumo energia auxiliar	10.786
Produção campo solar	36.836

Tabela 33 – Resultados energéticos globais do sistema 5

Perdas energéticas do sistema (kWh)	
Tubagens do primário	307
Tubagens de distribuição	814
Tubagens às estações transferência	12.938
Acumulador Solar	1.597

Tabela 34 – Perdas energéticas do sistema 5

4.3.6 – Sistema com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção (sistema 6)

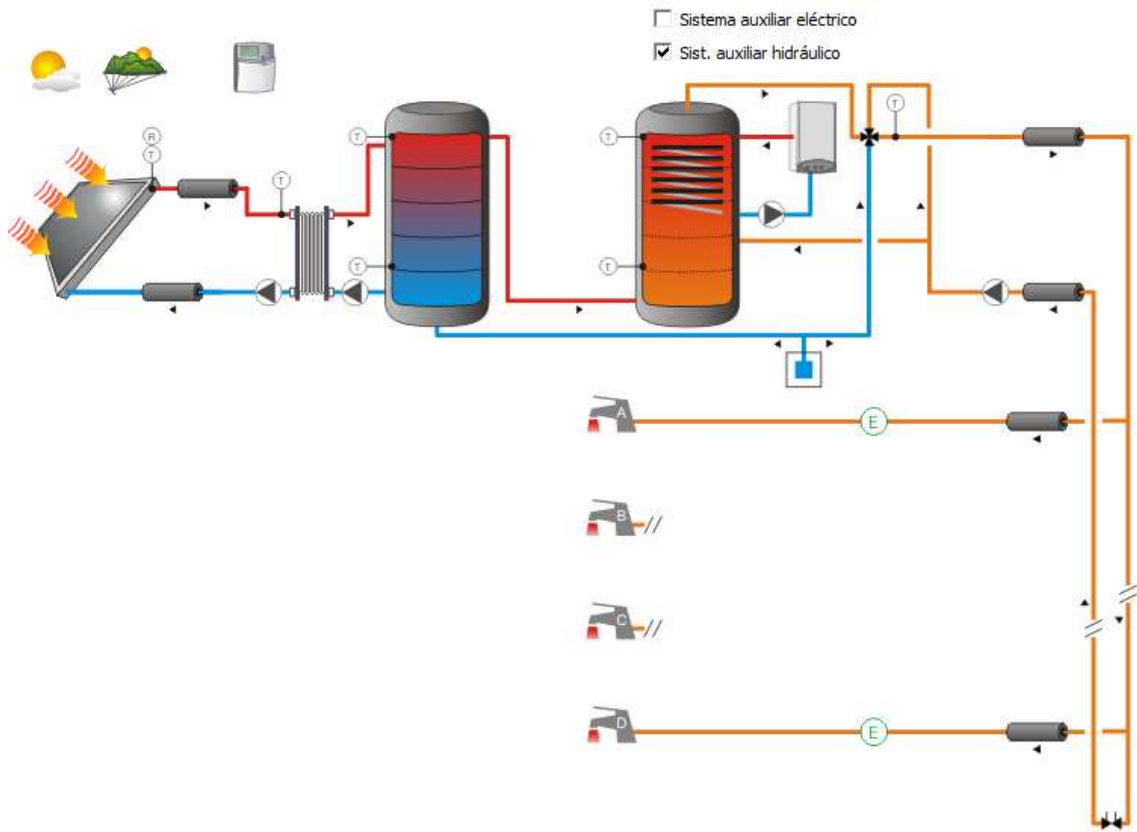


Figura 87 - Sistema 6 com depósito e apoio centralizado, com contadores de entalpia por fracção

Este tipo de solução é diferente de todas as outras, uma vez que se trata de um sistema totalmente centralizado.

Em instalações totalmente centralizadas, todos os componentes são comuns a todas as fracções, incluindo o equipamento de apoio ao sistema solar. Neste tipo de sistemas é necessário efectuar a medição de energia fornecida a cada fracção, para que os custos possam ser imputados de acordo com o consumo energético individual. Para efectuar esta medição são instalados em cada fracção unidades de contagem de energia, designados por contadores entálpicos. Deverá ser contabilizada a energia e o consumo de água, podendo o custo ser composto.

Os depósitos de acumulação a utilizar nesta solução, tem de suportar a água de consumo, ou seja, deverão ter tratamento interno, como por exemplo revestimento esmaltado e vitrificado.

A rede hidráulica de distribuição de AQS às várias fracções deve ser dimensionada tendo em consideração a simultaneidade pretendida. Deverá ser também analisada a necessidade de um circuito de recirculação de AQS, para que não haja nem tempos de espera nem desperdícios de água significativos.

Neste sistema apenas existe um circuito fechado, o do campo de colectores ao permutador de placas, sendo o restante circuito de AQS. Ou seja, apenas o circuito primário necessita de mistura com termofluido. O controlo é feito, conforme os esquemas anteriores, através de um controlador solar para dar ordens de paragem e arranque às duas bombas de circulação, instaladas junto do permutador de placas.

Dados considerados para simulação do sistema 6

Edifício	Tipologia	Quantidade fracções	Nº de Pessoas por fracção	Necessidades de AQS por fracção	Depósito acumulador centralizado
R/C	Loja A	1	-	-	2 x 1500
	Loja B	1	-	-	
1ºPiso	T2	4	3	-	
2ºPiso	T2	4	3	-	
3ºPiso	T2	4	3	-	
4ºPiso	T2	4	3	-	
5ºPiso	T3	1	4	-	
	T4	1	5	-	

Total Fracções	20	Total pessoas	57	Acumulação total (l)	3000
----------------	----	---------------	----	----------------------	------

Tabela 35 - Acumulação de AQS do sistema 5

Custo previsto do sistema

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo por Fração
Sistema 6	52.304,98 €	2.615,25 €

Tabela 36 - Custo do Sistema 6

Resultados obtidos:

Resultados Globais (%)	
Fração solar	77,80 %

Tabela 37– Resultados Globais do sistema 6

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)	
Radiação solar incidente	76.283
Necessidade líquida	20.080
Consumo energia auxiliar	12.294
Produção campo solar	35.747

Tabela 38 – Resultados energéticos globais do sistema 6

Perdas energéticas do sistema (kWh)	
Tubagens do primário	318
Tubagens de distribuição	589
Tubagens às estações transferência	21.664
Acumulador Solar	1.110
Acumulador Auxiliar	1.772

Tabela 39 – Perdas energéticas do sistema 6

4.4 - Análise de resultados

Após a realização das simulações dos sistemas descritos anteriormente, é possível comparar os diversos resultados obtidos, apresentando-se na tabela seguinte aqueles que se consideram mais importantes. Conforme podemos observar na tabela seguinte, os sistemas com maior destaque, são o sistema 3 e 4:

Sistemas	3	4	5	6
Resultados Globais (%)				
Fracção solar	77,60%	77,70%	66,90%	77,80%

Resultados energéticos Globais do sistema Solar (kWh)				
Radiação solar incidente	76.283	76.283	76.283	76.283
Necessidade líquida	31.866	31866	31.866	20.080
Consumo auxiliar	7.829	7.731	10.786	12.294
Produção campo solar	41.695	40.247	36.836	35.747

Perdas energéticas do sistema (kWh)				
Tubagens do primário	250	259	307	318
Acumulador solar	0	0	1.597	1.110
Acumulador auxiliar	0	0	0	1.772
Tubagens de distribuição	481	394	814	589
Tubagens às Fracções (acumuladores ou estações transferências)	9.857	7.689	12.938	21.664
Acumulador doméstico	7.167	7.750	0	0

Tabela 40 - Resultados de maior destaque nos vários sistemas

O sistema 4 destaca-se pelos cerca de 78% de fracção solar conseguida e por baixo valor de perdas, de uma forma geral, quando comparado com os outros sistemas. O sistema 5, apresenta um valor baixo na fracção solar e uma maior quantidade de perdas energéticas o que por consequência dá valores muito altos do apoio ao sistema solar. A fracção solar do sistema 6 apresenta valores semelhantes ao sistema 4, no entanto o valor das perdas deste sistema é bastante elevado quando comparado com os restantes.

Na verdade os sistemas 3 e 4 são muito semelhantes em quase todos os resultados mas, o sistema 4 apresenta menores perdas energéticas, o que é uma vantagem, fazendo com que o sistema de apoio ao sistema solar funcione menos vezes e consequentemente tenha consumos de energia primária mais baixos. Para além disso, tem a vantagem de não necessitarmos de distribuir todo o circuito primário pelo edifício, o que permite reduzir a quantidade de termofluido e a utilização de tubagem resistente a temperaturas mais baixas

(à partida mais barata, o que compensará, pelo menos em parte, o acréscimo de custo resultante do permutador de calor).

Por último a análise de comparação de custos é fundamental para a escolha do sistema ideal.

Tipo de Sistema	Custo Sistema	Custo médio por Fração
Sistema 1	41.200,00 €	2.060,00 €
Sistema 2	67.710,80 €	3.385,54 €
Sistema 3	45.793,20 €	2.289,66 €
Sistema 4	48.784,06 €	2.439,20 €
Sistema 5	56.780,57 €	2.839,03 €
Sistema 6	52.304,98 €	2.615,25 €

Tabela 41 – Custos dos vários sistemas

O sistema que apresenta um valor mais baixo de custo é, conforme referido anteriormente, o sistema 1, correspondente ao sistema termossifão individual mas, tal como foi referido anteriormente, este não é o adequado à generalidade dos edifícios de habitação colectiva, sobretudo àqueles que se desenvolvem em altura. Analisando os restantes sistemas e considerando a performance de cada um, resultado das simulações, comparando também o custo de cada um, mais uma vez o destaque cabe ao sistema 3 e 4, sendo estes muito semelhantes. Há neste caso uma diferença de custo (o sistema 4 é mais caro), no entanto consideramos que não é muito significativa. O facto de se reduzir significativamente a quantidade de termofluido (mistura água + glicol) e este ser um dos componentes da instalação que requer a sua substituição com alguma regularidade, poderá ser determinante na escolha do sistema 4.

5 - Conclusões e Perspectivas futuras

Após as simulações dos diferentes esquemas de instalações para o edifício de habitação colectiva analisado e a consequente análise dos vários resultados, conclui-se que os sistemas de energia solar térmica com maiores vantagens do ponto de vista de eficiência energética, são os sistemas 3 e 4. No entanto, face à diferença de preço pouco significativa mas, com valores de consumo de energia primária e de perdas mais baixos, que compensam facilmente as diferenças do investimento inicial, o sistema 4 é claramente a melhor opção.

O sistema termossifão continua a ser a opção mais interessante do ponto de vista económico mas, mas a sua instalação em edifícios de habitação colectiva não é adequada.

O *Software* utilizado, *Transol*, está sem dúvida preparado para este tipo de instalações solares, nomeadamente as multifamiliares, uma vez que nos permite simular diferentes necessidades de AQS, assim como diferentes tipos de acumulação, permitindo assim uma análise mais rigorosa em edifícios com fracções de diferente tipologia. O maior destaque deste *Software* vai para a capacidade de cálculo a nível das perdas e consumos detalhados do ponto de vista energético, dos vários equipamentos e troços de tubagem, conseguindo retirar a informação com bastante precisão. É assim possível proceder de forma mais objectiva a alterações na instalação, por exemplo na fase de projecto, com vista à melhoria da sua eficiência

O *Software* SolTerm, ainda que seja uma ferramenta útil na análise de desempenho de sistemas solares, possui ainda algumas limitações e incorrecções que devem ser revistas. Porém, o RCCTE refere que a contribuição de sistemas de colectores solares para aquecimento de águas quentes sanitárias deverá ser calculada utilizando este software, Contudo, os resultados produzidos pelo *Software* devem ser analisados com sentido crítico, uma vez que seu funcionamento é muito limitado, sobretudo quando pretendemos simular instalações solares multifamiliares, não permitindo a simulação de fracções com diferentes

volumes de acumulação e não contemplando a análise das perdas no circuito de distribuição, entre outras limitações.

Seria interessante numa perspectiva futura, analisar-se um caso prático de um ou mais sistemas aqui referidos, já implementados e a funcionar, e compará-lo com os resultados obtidos nas simulações.

Por outro lado, seria uma boa forma alertar o mercado e os profissionais, para os erros que são cometidos diariamente em instalações solares. A grande maioria das instalações já executadas e a funcionar, não estão a tirar partido de todas as suas potencialidades, por deficiência de instalação, de equipamentos mas, principalmente por défice no controlo. O controlo é sem dúvida um dos pontos mais importantes num sistema solar térmico, uma boa gestão do funcionamento dos vários elementos da instalação, o mais “afinada” possível, de forma a tirar o maior rendimento, é fundamental para o sucesso de uma instalação solar. O profissional do ramo, por desconhecimento na maioria das vezes, não executa da melhor forma as instalações deste tipo de equipamentos, carecendo de informação e de formação sobre um tema que é fundamental.

Os sistemas de energia solar térmica para o aquecimento de AQS, são sem dúvida nenhuma uma das melhores soluções do ponto de vista económico. Espera-se com a elaboração desta tese e que com a informação nela contida, que estes sistemas sejam cada vez mais utilizados nos nossos edifícios, tanto novos como já existentes. É fundamental percebermos o que se pode melhorar no desempenho de uma instalação solar térmica, uma vez que o objectivo desta é tirar partido de uma energia que é gratuita.

Referências Bibliográficas

1. RODRIGUES, António Moret, PIEDADE, António Canha da, Braga, Ana Marta - Térmica de Edifícios, 1ª edição, Edições Orion 2009;
2. RORIZ, Luis; ROSENDO, João; LOURENÇO, Fernando; CALHAU, Kathrin - Energia Solar em Edifícios, 1ª edição, Edições Orion 2010;
3. RORIZ, Luiz - Climatização: Concepção, instalação e condução de sistemas, 2ª edição, Edições Orion 2008;
4. ADENE – Agência para a Energia – Perguntas e Respostas sobre RCCTE (versão 2.0). [Online] www.adene.pt;
5. ADENE – Agência para a Energia – Perguntas e Respostas sobre RSECE – Energia (versão 2.0) [Online] www.adene.pt;
6. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril;
7. Regulamento das Características de Comportamento Térmico, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril;
8. Sistemas de Incentivos às PME. [Online] www.incentivos.qren.pt;
9. Quadro de Referência Estratégico Nacional 2007-2013. [Online] www.qren.pt;
10. Programa Água Quente Solar . Ambiente Online
11. www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=5983
12. Iniciativa pública - Programa Água Quente Solar . [Online] www.agua quente solar.pt
13. Guia do Formulário QREN – Projectos Individuais [Online] www.incentivos.qren.pt;
14. FORUM Energias Renováveis em Portugal – Solar Térmico activo. IP-AQSpP [Online] www.agua quente solar.com
15. FORUM Energias Renováveis em Portugal – Relatório Síntese. IP-AQSpP [Online] www.agua quente solar.com
16. Manual de Projectistas de Sistemas de Energia Solar Térmica, Instituto de Soldadura e Qualidade.
17. Energia Solar Térmica – Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação [Online] www.greenpro.de
18. DGGE – Direcção Geral de Energia e Geologia [Online] www.dgge.pt
19. ADENE – Agência para a Energia [Online] www.adene.pt
20. Medida Solar Termica [Online] www.paineis solares.gov.pt
21. Revista Hidraulica nº25 – Publicação Caleffi de Maio 2006 – As instalações Solares, Técnicas e esquemas de realização
22. Revista Hidraulica nº27 – Publicação Caleffi de Outubro 2007 – Sistemas Solares, Esquemas de realização
23. Publicação Roca 2005 – Energia Solar, Fundamentos y aplicaciones para agua caliente
24. Artigo da revista Renováveis magazine nº 13 – 1º trimestre de 2013 – Carvalho, Luis: Aspectos de dimensionamento de instalações solares térmicas colectivas
25. Edifícios e Energia – <http://www.edificioeenergia.pt/>