

**UNIVERSIDADE DO ALGARVE  
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA**

***Projeto de uma instalação solar para a produção de AQS e  
Aquecimento Ambiente, no âmbito da remodelação de um hotel***

**António Pedro Belo**

Projeto  
**Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios**

Trabalho efetuado sob orientação de  
***Mestre António Hugo Tavares da Silva Lamarão***  
com coorientação de  
***Licenciado Armando da Conceição Costa Inverno***

**2015**

Projeto de uma instalação solar para a produção de AQS e Aquecimento Ambiente, no âmbito da remodelação de um hotel

Declaração de Autoria de Trabalho

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

---

António Pedro Belo

*Copyright* António Pedro Belo, UALG

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar 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.

## **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo o estudo, a análise e a comparação das principais soluções solares térmicas para produção de águas quentes sanitárias (AQS) e aquecimento ambiente aplicadas à remodelação de um hotel de 3 estrelas. Este trabalho enquadra-se, no âmbito do Curso de Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios, na Universidade do Algarve, Instituto Superior de Engenharia.

Numa primeira fase fez-se a pesquisa e estudo das soluções existentes, com enfoque sobre as mais aplicadas. Foram apresentadas as suas vantagens e desvantagens, com especial ênfase aos princípios de funcionamento e de dimensionamento. Seguiu-se o estudo das metodologias de dimensionamento para os sistemas em causa, que se baseiam no *software* SOLTERM, obrigatório, de acordo com o estabelecido no Sistema Certificação Energética de Edifícios (SCE). Em seguida foi desenvolvido um *case study*, baseado num hotel de 3 estrelas, localizado no concelho de Évora, tendo neste âmbito sido feita a caracterização do edifício, das suas instalações e equipamentos de produção de AQS e de aquecimento ambiente. Procedeu-se depois ao dimensionamento da instalação solar térmica, com o objetivo da satisfação de grande parte das necessidades energéticas para a produção de AQS e de parte das necessidades de aquecimento. O trabalho é acompanhado de peças desenhadas para melhor compreender a instalação, assim como documentação justificativa dos dimensionamentos realizados, nomeadamente os *outputs* dos *softwares* utilizados, com especial destaque para os do Programa SOLTERM.

## **Abstract**

This paper aims to study the analysis and comparison of the main solar thermal solutions for the production of hot water (DHW) and space heating applied to the remodeling of a 3-stars hotel. This work falls under the Master in Energy and Climate of Buildings at the University of Algarve, Higher Institute of Engineering.

In the first phase was made the research and study of existing solutions, with a focus on the most applied. Their advantages and disadvantages were presented, with special emphasis to the principles of operation and design. This was followed by the study of design methodologies for the systems in question, which are based on SOLTERM software, required in accordance with the provisions of the Building Energy Certification System (ECS). It was developed a case study based on a 3-star hotel, located in the municipality of Évora, having been made in this area the characterization of the building, its facilities and DHW production equipment and space heating. Then it was proceeded the dimensioning of the solar plant, with the aim of satisfaction of the large energy requirements for the production of hot water and of the heating requirements. The work is accompanied by drawings to better understand the installation, as well as supporting documentation of actual sizing, including software of outputs used, with particular emphasis on the SOLTERM software.

## **Palavras Chave**

- Energia Solar Térmica
- Projeto de Instalações Solares Térmicas
- Produção de AQS
- Eficiência Energética em Hotéis
- Energias Renováveis

## **Key words**

- Solar Thermal Energy
- Design of Solar Thermal Systems
- Domestic Hot Water (DHW) Production
- Energy Efficiency in Hotel Buildings
- Renewable energies

*O meu ouro é a ciência.*

*A ciência forte é o futuro do meu país forte.*

*O meu diamante é a minha profissão.*

*Para colher a rosa tem que se agarrar nos galhos espinhosos.*

*O sucesso da aprendizagem não é determinado apenas pelo intelecto.*

*Paciência é o código da luta e minha sugestão, a paciência não é escravidão.*

*O esforço é o meu destino.*

*A minha vida, o meu futuro, o futuro da minha família e do meu país são meus motivadores.*

*O meu sucesso é o vosso sucesso.*

*António Pedro Belo*

Em especial à minha família, à Albertina M. D. Belo, minha mulher, a quem carinhosamente reconheço a sua paciência, compreensão, carinho e incentivo, aos meus filhos Ramos Belo, Junheya Belo, Jequito Belo, Maria Belo e José Belo pela motivação e apoio, paciência e amor, apesar do peso da minha ausência...

Aos meus pais, António da Costa Belo (saudosos) e Virgínia da Costa, que semearam dentro de mim a paciência, a curiosidade e a vontade de aprender algo de novo, bem como aos meus irmãos, que sempre me apoiaram...

À minha aldeia de Venilale onde nasci, à natureza como fonte de vida e de inspiração...

Ao meu país Timor-Leste e a todos os seus cidadãos...

## **Agradecimentos**

Desejo agradecer a todos os que, direta ou indiretamente, me ajudaram a realizar este trabalho:

Começo por agradecer ao Senhor Deus Todo Poderoso e à Sagrada Família, a Maria mãe de Deus, a todos os Anjos e Santos no reino de Deus, que sempre me deram a bênção de uma vida com saúde e tranquilidade, o que me permitiu levar a cabo os meus estudos na Universidade do Algarve.

Não posso esquecer todos aqueles que me acompanharam nesta aventura de estudar na Universidade do Algarve. No entanto quero agradecer em especial:

Aos meus orientadores, Professor António Hugo Tavares da Silva Lamarão e Professor Armando da Conceição Costa Inverno, pelas suas orientações, disponibilidade e paciência ao longo destes longos meses de trabalho, que desde início compreenderam as minhas dificuldades e sempre me ajudaram e apoiaram no meu trabalho e estudo das diferentes matérias, e além das suas preocupações e ocupações, ainda disponibilizaram o seu tempo para me ajudar a superar as minhas dificuldades ao longo deste trabalho Tese e do meu curso na Universidade do Algarve.

Ao Professor António Manuel Baltazar Mortal, Diretor do Curso de Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios, a quem devo o facto de ter encontrado os orientadores adequados para este projeto, ao Professor Manuel Carlos Mestre Nunes, Diretor do Curso de Engenharia Mecânica, ao Professor Ilídio Mestre, Diretor do Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve, a todo o seu corpo docente e aos seus funcionários, em particular à D<sup>ª</sup> Maria Luísa, que me apoiaram nas dúvidas sobre o funcionamento do curso.

A todos os antigos professores que me deram apoio em trabalhos passados, especialmente ao Professor Celestino Rodrigues Ruivo.

Aos meus colegas de trabalho por me deram apoio nesta fase em que tive de me dedicar a este projeto.

Por último, quero também agradecer a todos os outros que não mencionei, mas cuja colaboração me foi preciosa. Muito obrigado!

## Índice

<b>1</b>	<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento .....	1
1.2	Objetivos do trabalho.....	3
1.3	Organização do trabalho .....	4
<b>2</b>	<b>Aproveitamento da Energia Solar .....</b>	<b>6</b>
2.1	Potencial de energia solar na Europa.....	6
2.2	Componentes de uma instalação solar .....	8
2.2.1	Coletores solares térmicos .....	8
2.2.2	Circuito primário solar.....	15
2.2.3	Acumulação de energia do sistema solar.....	18
2.2.4	Tubagem.....	23
2.2.5	Fluído de transferência térmica .....	25
2.3	Sistemas de apoio à produção de AQS.....	28
2.3.1	Resistência elétrica.....	29
2.3.2	Caldeira.....	29
2.3.3	Bomba de calor.....	31
2.3.4	Diretivas comunitárias.....	35
2.4	Classificação de sistemas solares térmicos em edifícios.....	37
2.4.1	Sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com apoio centralizado .....	39
2.4.2	Sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com módulos de produção instantânea de AQS e sistemas de apoio individualizados .....	41
2.4.3	Sistema solar térmico com captação coletiva de energia e acumulação individual de AQS .....	43
2.4.4	Sistema solar térmico para produção de AQS e aquecimento ambiente .....	45
<b>3</b>	<b>Case Study – Hotel de três estrelas (existente).....</b>	<b>48</b>
3.1	Descrição geral do edifício .....	48

3.2	Caracterização da ocupação.....	49
3.3	Caracterização dos consumos energéticos .....	50
3.3.1	Consumo de energia final.....	50
3.3.2	Consumo específico de energia final.....	51
3.4	Sistemas de climatização.....	52
3.4.1	Sistemas do tipo bomba de calor .....	52
3.4.2	Sistema de aquecimento central.....	54
3.5	Sistemas de produção de AQS .....	60
<b>4</b>	<b>Parâmetros de dimensionamento da instalação .....</b>	<b>61</b>
4.1	Introdução.....	61
4.2	Esquema de princípio da instalação.....	62
4.3	Necessidades de AQS .....	64
4.4	Caudais de ponta.....	66
4.5	Instalação de produção .....	69
4.6	Instalação solar .....	72
4.6.1	Área de coletores e volume de acumulação .....	74
4.6.2	Solução construtiva .....	80
4.6.3	Ligação dos coletores solares.....	81
<b>5</b>	<b>Especificação dos equipamentos .....</b>	<b>82</b>
5.1	Coletores solares.....	82
5.2	Estrutura de apoio dos coletores solares.....	83
5.3	Depósitos de acumulação .....	85
5.4	Módulo de carga por estratificação .....	86
5.4.1	Permutador de calor .....	86
5.4.2	Bombas de circulação.....	88
5.4.3	Unidade de controlo solar.....	89
5.4.4	Unidade de controlo do sistema de apoio à instalação solar .....	90
5.4.5	Vasos de expansão .....	90
5.5	Módulo de produção instantânea de AQS.....	92
5.6	Tubagem de cobre .....	94

5.6.1	Tubagem de cobre.....	94
5.6.2	Isolamento térmico da tubagem de cobre.....	95
5.6.3	Proteção exterior dos isolamentos .....	95
5.6.4	Suspensão – circuitos horizontais .....	96
5.6.5	Suspensão – circuitos verticais.....	96
5.6.6	Proteção contra dilatações.....	97
5.6.7	Limpeza interior.....	97
5.6.8	Ensaio de pressão.....	97
5.7	Acessórios.....	98
5.7.1	Válvulas de seccionamento .....	98
5.7.2	Válvulas de regulação estática do caudal.....	98
5.7.3	Válvulas de descarga e de purga .....	99
5.7.4	Válvulas de retenção .....	99
5.7.5	Válvulas de segurança .....	99
5.7.6	Filtros de água .....	99
5.7.7	Purgadores de ar .....	100
5.7.8	Aparelhagem de medida .....	100
5.8	Contador de entalpia.....	100
5.9	Dissipador de calor.....	101
5.10	Instalação elétrica .....	103
5.11	Quadro Elétrico .....	104
5.11.1	Características mecânicas .....	104
5.11.2	Características elétricas.....	104
<b>6</b>	<b>Condições Técnicas Gerais.....</b>	<b>106</b>
6.1	Trabalho excluídos da empreitada.....	106
6.2	Garantia dos equipamentos e instalação.....	106
6.3	Ensaios.....	106
6.3.1	Ensaios das instalações .....	107
6.3.2	Ensaios dos equipamentos.....	107
6.3.3	Depósitos de Acumulação de Água.....	108

6.3.4	Bombas de circulação.....	108
6.3.5	Tratamento Químico da Água .....	108
6.4	Outras verificações.....	108
6.4.1	Relatório dos ensaios .....	109
6.4.2	Fornecimentos eventuais .....	109
6.4.3	Diversos .....	109
<b>7</b>	<b>Conclusão .....</b>	<b>110</b>
	<b>Citações e Bibliografia .....</b>	<b>113</b>
	<b>Outra bibliografia .....</b>	<b>118</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 – Mapa europeu de irradiação solar global, [2], [3], [4] .....	6
Figura 2 – Mapas de insolação e de irradiação solar global em Portugal, [6].....	7
Figura 3 – Superfícies absorsoras, [8].....	9
Figura 4 – Esquema de um coletor solar térmico plano, [8], [9].....	10
Figura 5 – Balanço de energia a um coletor solar .....	11
Figura 6 – Tipos de ligações entre coletores solares térmicos.....	13
Figura 7 - Grupo de circulação para instalações solares (com ligação de ida e retorno), [13]	16
Figura 8 – Vaso de expansão .....	17
Figura 9 – Controlador solar ref. <sup>a</sup> RESOL, modelo DeltaSol® BS, [14].....	18
Figura 10 – Sistema solar térmico com depósito acoplado, do tipo termossifão, [15] .....	19
Figura 11 – Depósitos de acumulação solares, [16] .....	21
Figura 12 – Dispositivos de estratificação em depósitos de acumulação, [20] .....	22
Figura 13 – Módulo solar de carga com estratificação, [21].....	23
Figura 14 – Módulo solar [24] .....	30
Figura 15 – Bomba de calor tipo <i>split</i> para produção de água quente (e fria) [25] .....	32
Figura 16 – Bomba de calor compacta, para produção de AQS, com depósito de acumulação incluído [26]. ( <i>Esquema adaptado pelo autor</i> ).....	33
Figura 17 – Sistema híbrido, bomba de calor + caldeira, para a produção de AQS e aquecimento central [27]. ( <i>Esquema adaptado pelo autor</i> ) .....	34
Figura 18 – Caldeira de condensação a gás com geração de eletricidade [28] .....	35

Figura 19 – Esquema de princípio de um sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com apoio centralizado.....	40
Figura 20 – Esquema de princípio de um sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com módulos de produção instantânea de AQS e sistemas de apoio individualizados .....	42
Figura 21 – Esquema de princípio Sistema solar térmico com captação coletiva de energia e acumulação individual de AQS .....	44
Figura 22 – Esquema princípio de um sistema solar térmico para produção de AQS e aquecimento ambiente .....	47
Figura 23 – Ocupação (quartos ocupados), ano de 2012.....	49
Figura 24 – Distribuição mensal do consumo de energia, anos de 2012 e 2013.....	50
Figura 25 – Distribuição mensal dos quartos ocupados e do consumo específico de energia elétrica, ano de 2012.....	51
Figura 26 – Dimensão do radiador alumínio radiadores [32] .....	55
Figura 27 – Planta de Rés-do-Chão.....	57
Figura 28 – Planta do piso 1 .....	58
Figura 29 – Planta do piso 2 .....	59
Figura 30 – Esquema princípio de instalação .....	63
Figura 31 – Perfis anual de consumo de AQS e da taxa de ocupação.....	65
Figura 32 – Perfil diário de consumo de AQS, em percentagem. ....	66
Figura 33 – Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto elevado) [35].....	67
Figura 34 – Esquema de princípio da produção instantânea de AQS .....	77

Figura 35 – Desempenho da instalação solar (“ <i>print screen</i> ” do programa SOLTERM) .....	78
Figura 36 – Evolução diárias da energia solar e de apoio (“ <i>print screen</i> ” do programa SOLTERM) .....	80
Figura 37 – Esquema de ligação hidráulica dos coletores solares, em paralelo de canais (coletor solar SONNENKRAFT, modelo SKR500) .....	83
Figura 38 – Estrutura de apoio das baterias de coletores solares .....	84
Figura 39 – Caudais volúmicos de ponta, de água consumida.....	93

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1 – Características do isolamento térmico com proteção UV, ref. <sup>a</sup> HT ARMAFLEX S [22] .....	25
Tabela 2 – Composição de um fluido solar concentrado [23].....	27
Tabela 3 – Temperatura do ponto de congelação de uma mistura TYFOCOR® L e água .....	28
Tabela 4 – Características dos sistemas de climatização (marca HAIER).....	53
Tabela 5 – Caldeira da instalação de aquecimento central.....	54
Tabela 6 – Dimensões e características técnicas radiadores [32].....	55
Tabela 7 – Dimensões e características dos radiadores.....	56
Tabela 8 – dimensionamento planta de rés-do-chão .....	57
Tabela 9 – dimensionamento planta do piso 1 .....	58
Tabela 10 – dimensionamento planta do piso 2 .....	59
Tabela 11 – Potência total instalada .....	60
Tabela 12 – Caldeira de produção de AQS. ....	60
Tabela 13 – Consumos médios diário, em cada mês, de AQS [dm <sup>3</sup> ].....	66
Tabela 14 – Caudais instantâneos por dispositivo de utilização [35].....	68
Tabela 15 – Dispositivos de utilização de AQS existentes no hotel .....	69
Tabela 16 – Perfil “ajustado” de consumo de água quente .....	78
Tabela 17 – Dados para dimensionamento do permutador de calor .....	87
Tabela 18 – Resumo dos resultados de dimensionamento do permutador de calor.....	87
Tabela 19 – Dados para dimensionamento das bombas de circulação .....	88

Tabela 20 – Dados para dimensionamento da bomba de circulação do circuito de dissipação  
.....102

# **1 Introdução**

## **1.1 Enquadramento**

A redução dos consumos energéticos, por forma a reduzir a dependência do petróleo e do gás natural, assim como o impacto ambiental resultante da sua utilização, é desde há alguns anos, uma das principais prioridades da União Europeia. Tal tem-se traduzido na publicação de diretivas comunitárias, transposta depois para a jurisdição dos vários países da UE, como são exemplo, em Portugal, a regulamentação que constitui o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar interior nos Edifícios.

Sabendo de antemão que o sector dos edifícios, domésticos e não-domésticos, é aquele que maior consumo de energia primária apresenta, torna-se fundamental, por um lado, que os sistemas sejam energeticamente os mais eficientes e económicos possíveis e, por outro, que se promova o aproveitamento de energias renováveis através da utilização de soluções ativas e passivas.

Tendo as instalações especiais de produção de AQS e de AVAC um peso significativo nessa fatura energética, é importante que o seu dimensionamento seja cada vez mais exigente e rigoroso. A importância da escolha de equipamentos energeticamente eficientes e de soluções baseadas no aproveitamento de energias renováveis é, assim, fundamental para atingir o objetivo da redução dos consumos energéticos. Esta escolha deve estar sempre aliada à experiência (conhecimento adquirido/boas práticas) e às melhores tecnologias (equipamentos/soluções) disponíveis no mercado.

Os sistemas solares térmicos (passivos), que convertem a radiação solar em energia térmica, têm aplicação tanto na climatização ambiente dos edifícios, como na produção de águas quentes sanitárias (AQS), além de diversas aplicações possíveis a nível industrial. Devido à gama de temperaturas a que funcionam, a utilização destes sistemas para climatização

adequa-se sobretudo a sistemas de aquecimento a baixa temperatura (p.ex., pavimento radiante), cuja aplicação, que geralmente exige a pré instalação de alguns equipamentos de aquecimento embutidos no pavimento, no teto ou nas paredes das divisões, com um custo significativo, só se torna prática na fase de construção, ou de remodelação profunda dos edifícios. Se tivermos em conta que, nos meses em que é necessária climatização, as necessidades energéticas para a realização da mesma costumam ser superiores às necessidades para produção de AQS, verificamos que o investimento em equipamento solar é maior para climatização. Embora seja possível a instalação de ambos os sistemas solares num edifício, os dados referidos, aliados ao facto de a produção de AQS ser necessária durante todo o ano, conduzem a que geralmente a escolha, quando se pretende instalar um sistema solar térmico, recaia somente sobre os sistemas de produção de AQS.

Das medidas recentes para a implementação de sistemas de aproveitamento das energias renováveis, inclusive da energia solar, salienta-se, em particular, a Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro que, entre outras disposições, obriga a que na construção de novos edifícios de habitação e de edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados, sejam implementados sistemas solares térmicos para produção de AQS (desde que a cobertura dos mesmos apresente uma exposição solar adequada) ou, em alternativa, permite que sejam utilizadas outras formas de energias renováveis, desde que captem, numa base anual, energia equivalente à dos coletores solares, podendo esta ser utilizada para outros fins, que não a produção de AQS, caso tal seja mais eficiente ou conveniente. Esta obrigatoriedade já tinha sido estabelecida pela publicação do D.L. n.º 80/2006, de 4 de abril, entretanto revogado e substituído pelo D.L. n.º 118/2013, de 20 de agosto. No passado existiram outras medidas para incentivar a instalação de coletores solares térmicos em Portugal, tais como a Medida Solar Térmica 2009-2010, [1], a redução da taxa do IVA e deduções em IRS para a compra de equipamento solar, entretanto extintas devido às limitações económicas que a crise recente gerou em Portugal.

## 1.2 Objetivos do trabalho

O presente projeto tem como objetivo o dimensionamento de uma instalação solar para a produção de Água Quente Sanitária (AQS) e aquecimento ambiente para um hotel de 3 estrelas, existente, localizado no concelho de Évora. É sabido que os hotéis são responsáveis por uma fatia significativa dos consumos de energia nos edifícios e que, somente a partir de 2006, a regulamentação impôs a obrigatoriedade da energia solar, em particular para a produção de AQS. Assim, na maioria dos edifícios existentes, anteriores a 2006, não existem sistemas de energias renováveis com aquela finalidade.

A instalação que se pretende dimensionar no âmbito do presente trabalho, para produção das AQS e para aquecimento ambiente, será, assim, assegurada por painéis solares térmicos, associados a uma caldeira de apoio.

Como base para o dimensionamento do sistema solar térmico, será utilizado o *software* Solterm 5.1, o qual permitirá o pré-dimensionamento do sistema e a análise do seu desempenho energético e ambiental, tendo por base a identificação das necessidades de AQS e a localização do edifício, entre outros. Este *software* permite também, de uma forma simples, analisar e comparar diferentes tipos de soluções, tendo em consideração critérios técnicos, energéticos, ambientais e económicos.

No desenvolvimento do projeto, no que respeita à montagem dos diversos equipamentos, são enunciados os cuidados a ter, de modo a garantir uma elevada qualidade de toda a instalação de acordo com os regulamentos e normas vigentes.

Para uma análise mais realista, procurou-se a caracterização de equipamentos e acessórios da instalação com base na informação recolhida junto de fornecedores das principais marcas de sistemas solares térmicos e de aquecimento existentes no mercado nacional.

O projeto é complementado por peças desenhadas anexas, incluindo esquemas de princípio, onde se representa e detalha a instalação.

### **1.3 Organização do trabalho**

Este trabalho está dividido em 7 capítulos, incluindo o presente capítulo de introdução.

Assim, no segundo capítulo, é feita uma abordagem ao aproveitamento da energia solar, dando ênfase à relevância do potencial energético do sol e aos equipamentos utilizados e soluções adotadas em projetos de instalações solares térmicas.

No capítulo 3 é feita a apresentação do caso que serviu de base ao estudo desenvolvido no presente projeto, sendo feita a caracterização do edifício de um hotel de 3 estrelas, existente, localizado no concelho de Évora (localização fictícia<sup>1</sup>), dando-se aqui especial ênfase aos equipamentos e instalações técnicas existentes para a produção de AQS e para a climatização ambiente. São também apresentados alguns registos de dados, em particular de ocupação e de consumos de energia elétrica, resultantes do levantamento realizado.

De seguida, no capítulo 4, faz-se o desenvolvimento da solução adotada, assim como a determinação dos principais parâmetros que condicionam o dimensionamento dos equipamentos e da instalação.

No capítulo 5 apresenta-se as especificações técnicas dos equipamentos que integram a solução desenvolvida para a produção de AQS e aquecimento ambiente do hotel, fazendo-se do capítulo seguinte (capítulo 6) a apresentação das condições gerais que deverão ser cumpridas no âmbito da execução do projeto. Por fim, no capítulo 7, são desenvolvidas as conclusões do presente trabalho.

Este trabalho (relatório) é complementado por um conjunto de anexos que suportam o seu desenvolvimento, nomeadamente, as peças desenhadas e os *outputs* de programas de

---

<sup>1</sup> A localização real do edifício, na região do baixo Alentejo, sendo diferente de Évora (concelho), apresenta características climáticas semelhantes às deste concelho, não influenciando, ou alterando, assim, significativamente, o desenvolvimento deste estudo e as suas conclusões, em particular, a escolha das soluções técnicas e o seu dimensionamento. Ou seja, os resultados aqui atingidos, poderão ser diretamente transponíveis para a situação real.

cálculo, destacando-se aqui o *output* do *software* SOLTERM. Em anexo consta igualmente uma lista de medições e uma estimativa do custo da instalação.

## 2 Aproveitamento da Energia Solar

### 2.1 Potencial de energia solar na Europa

O dos principais indicadores da potencialidade do recurso solar é a irradiação solar, o qual quantifica a energia solar que atinge uma determinada superfície. A irradiação solar varia ao longo do ano, dependendo das estações e ao longo do dia, dependendo da posição do sol e do estado do tempo.

Na Figura 1 pode ver-se o mapa Europa relativa à irradiação solar global anual numa superfície inclinada, [2], [3], [4], tornando-se evidente o forte potencial para aproveitamento de energia solar das regiões do sul da Europa, uma vez que nessas regiões verificam-se elevados valores de irradiação, em comparação com as restantes.

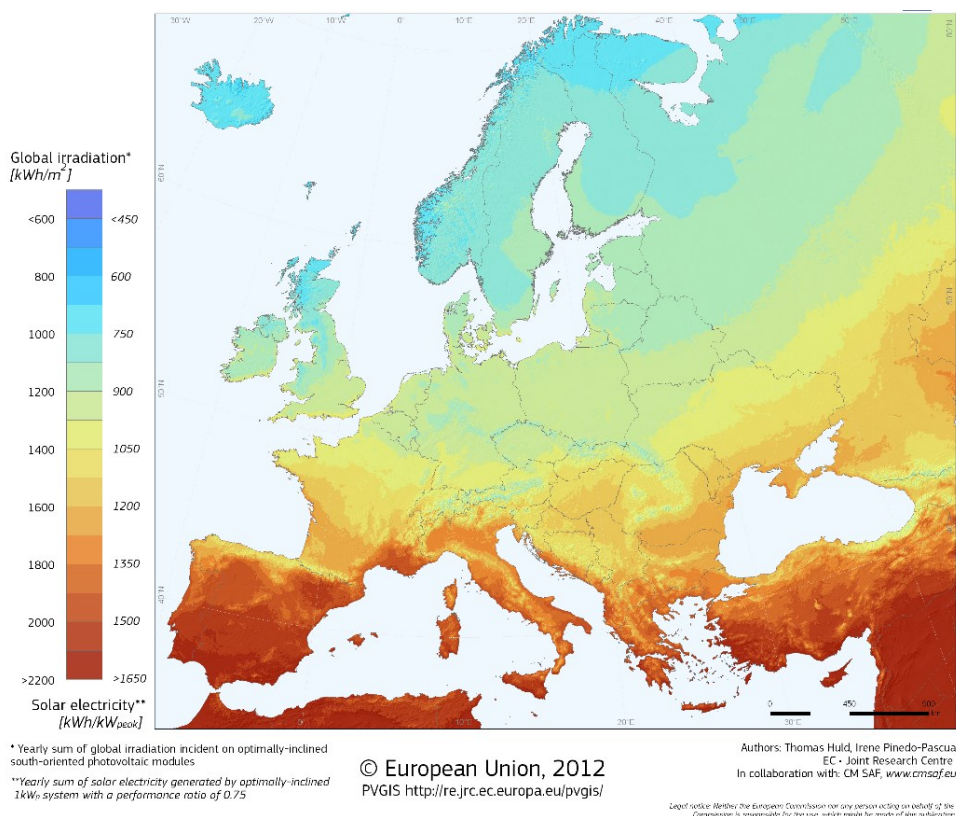


Figura 1 – Mapa europeu de irradiação solar global, [2], [3], [4]

Independentemente da região, Portugal é um dos países da Europa com maior disponibilidade do recurso solar, sendo sempre vantajosa, de uma forma geral, a instalação de coletores solares térmicos, visto que possui excelentes condições para o aproveitamento da radiação solar para fins energéticos, possuindo, em média, entre 2200 e 3000 horas de sol por ano, enquanto, na Europa Central, os valores se situam tipicamente entre 1500 e 1700 horas por ano. Em termos de irradiação solar, o valor do somatório da média anual da irradiação solar global - valor importante para o dimensionamento de sistemas solares - encontra-se entre aproximadamente 1400 KWh/m<sup>2</sup> em Vila Real (Norte) e 1700 KWh/m<sup>2</sup> em Faro (Sul), [5].

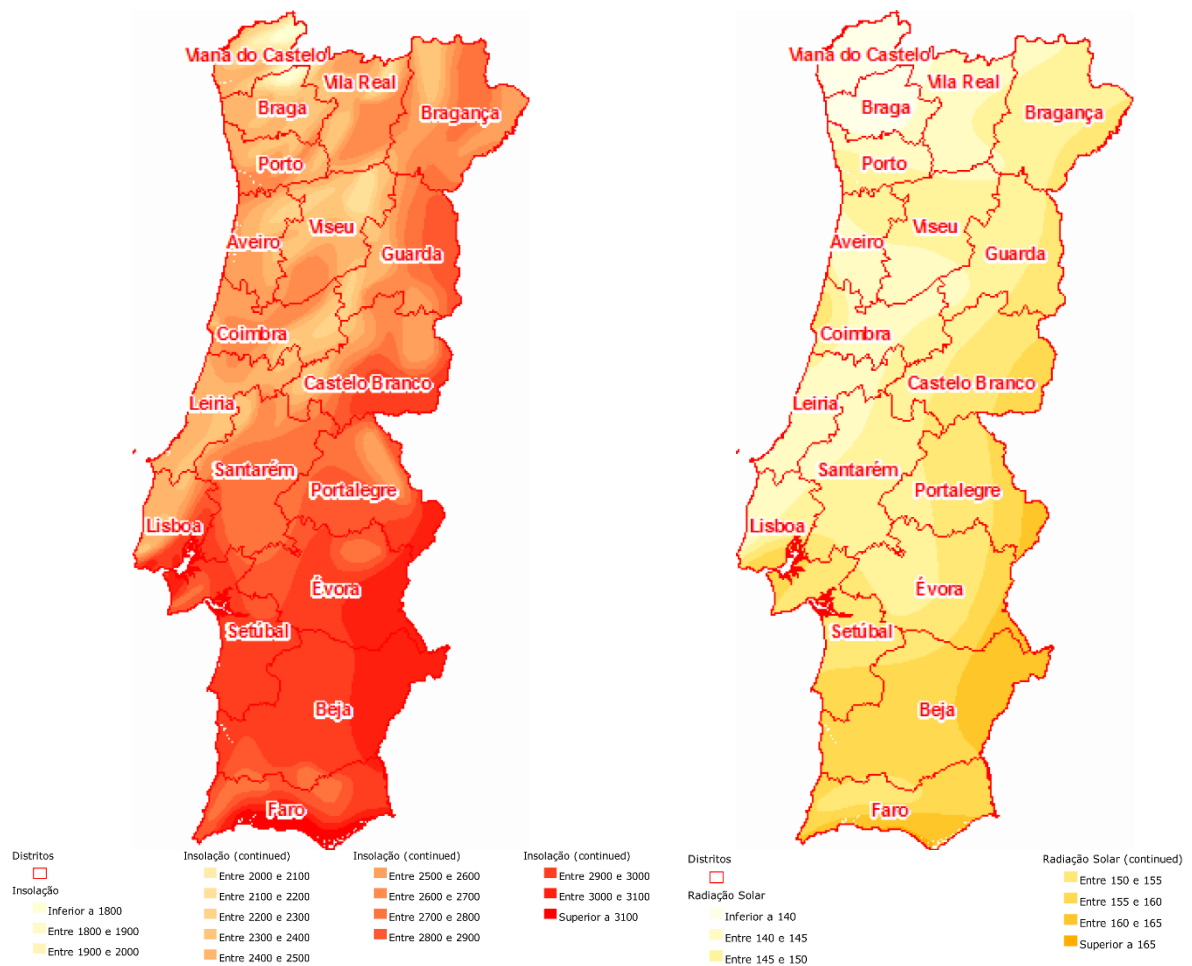


Figura 2 – Mapas de insolação e de irradiação solar global em Portugal, [6]

## **2.2 Componentes de uma instalação solar**

### **2.2.1 Coletores solares térmicos**

O aproveitamento da energia solar para a produção de água quente sanitária (AQS), ou para o aquecimento ambiente, é feito na maioria das situações através de coletores, ou painéis, solares térmicos, podendo estes ser de diferentes tipos. Os mais frequentemente utilizados são, no entanto, os seguintes:

- Coletores planos;
- Coletores Parabólicos Compostos (CPC);
- Coletores de tubos de vácuo.

A quantidade de energia recebida por um painel solar depende das condições climáticas, condições estas, que o utilizador não controla. Contudo, para maximizar o aproveitamento da energia proveniente da radiação solar, o coletor solar deve possuir, como uma das suas principais características, uma superfície com elevada absorvidade, tal sendo conseguido através de revestimentos adequados, como por exemplo a pintura “preto baço”, ou o óxido de titânio (TiNOX, [7]). Procura-se, desta forma, que a superfície tenha propriedades radiativas próximas de um corpo negro, naquilo que diz respeito à sua absorvidade, uma vez que um corpo negro é aquele que absorve toda a radiação eletromagnética que nele incide. Trata-se de um conceito teórico, pelo que nenhum outro corpo, ou superfície, real, consegue absorver tanta energia quanto aquele. Contudo, um corpo negro também emite energia e, à semelhança da absorvidade, o seu poder emissivo<sup>2</sup> é máximo, nenhum outro corpo conseguindo emitir tanto como o corpo negro. Ou seja, se no que diz respeito à absorvidade, a superfície de um coletor solar se deve aproximar, tanto quanto possível, do comportamento

---

<sup>2</sup> Poder emissivo de um corpo negro,  $E_b = \sigma T^4$  [W/m<sup>2</sup>], em que  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8}$  W/(m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>) (constante de Stefan-Boltzmann) e T [K], temperatura absoluta da superfície.

do corpo negro, no que diz respeito à emissividade, por esta se traduzir numa perda para o coletor, o seu comportamento deve-se afastar, devendo ser o seu valor o mais baixo possível. As superfícies absorvedoras deverão, assim, reunir estas duas características, elevada absorvidade e baixa emissividade, sendo tal conseguido através dos revestimentos ditos seletivos, dos quais o TiNOX [7], já referido anteriormente, é um dos exemplos mais comuns.

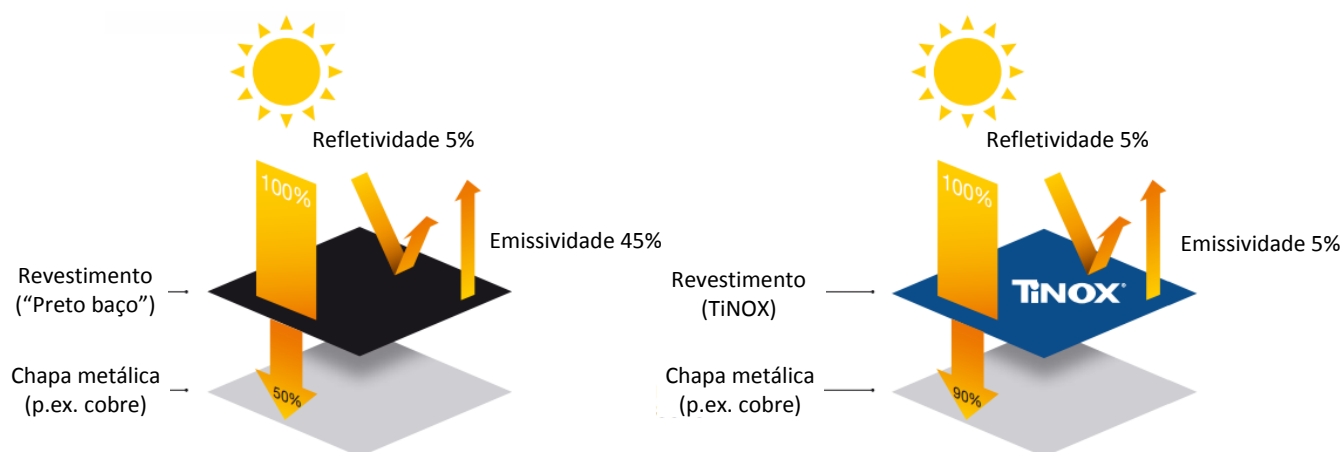


Figura 3 – Superfícies absorvedoras, [8]

De referir que a superfície absorvedora é um elemento comum a todos os coletores solares térmicos, podendo por isso ser considerada como o seu componente mais importante.

No mercado nacional, os coletores solares térmicos mais disseminados são os coletores planos e, dentro destes, os que possuem superfície absorvedora seletiva. Na figura seguinte encontra-se representado os principais componentes de um coletor solar térmico plano, nomeadamente, a cobertura transparente, normalmente em vidro ou em acrílico, a superfície absorvedora, o circuito hidráulico interno ao coletor, o isolamento térmico e a caixa. Para além das perdas de calor devidas à emissividade da superfície absorvedora, há num coletor solar térmico que considerar as perdas por condução e por convecção, pelo que os componentes como o isolamento térmico e a cobertura transparente são fundamentais na sua redução. Os coletores "de vácuo", dos quais os mais frequentes são os tubos de vácuo, são aqueles que apresentam menores perdas térmicas.

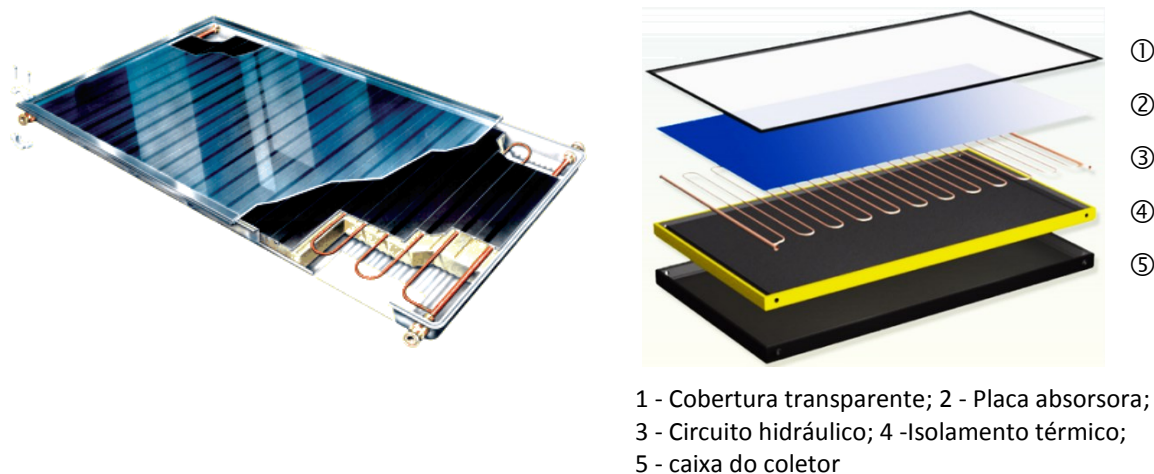


Figura 4 – Esquema de um coletor solar térmico plano, [8], [9]

### Rendimento de um coletor solar

O rendimento de um coletor solar,  $\eta$ , é definido como a relação entre a energia útil aproveitada pelo coletor,  $Q_u$ , traduzida no aquecimento do fluido térmico que nele circula, e a energia solar incidente na superfície (cobertura transparente) do coletor (irradiação solar),  $G$ , sendo obtido através da seguinte expressão:

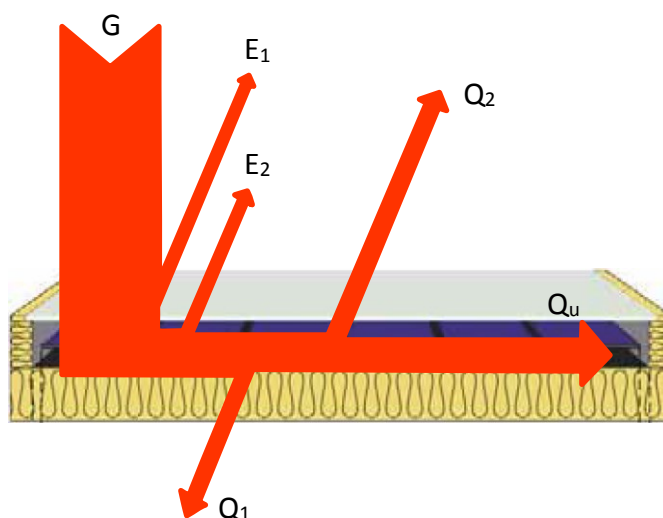
$$\eta = \frac{Q_u}{G} \quad (\text{eq. 1})$$

O rendimento é influenciado pelas características do coletor, mais precisamente pelas perdas por reflexão ( $E_1$  e  $E_2$ ) e térmicas ( $Q_1$  e  $Q_2$ ) – ver Figura 5.

Figura 5 As perdas óticas descrevem a proporção de irradiação solar que não pode ser absorvidas pela placa absorvedora, dependem da transparência da cobertura de vidro (coeficiente de transmissão  $\tau$ ) e da capacidade de absorção da superfície da placa absorvedora (coeficiente de absorção  $\alpha$ ) e são descritas pelo rendimento ótico:

$$\eta_o = \tau \times \alpha \quad (\text{eq. 2})$$

As perdas térmicas estão dependentes da diferença de temperatura entre o absorvedor e o ar exterior, da insolação e da construção do coletor. A influência da construção é descrita através do coeficiente global de perdas térmicas ( $U_L$ ) em  $W/m^2K$ .



G – Irradiação solar incidente no vidro; E<sub>1</sub> e E<sub>2</sub> – Perdas por reflexão; Q<sub>1</sub> e Q<sub>2</sub> – Perdas térmicas; Q<sub>u</sub> – Quantidade de calor disponível.

Figura 5 – Balanço de energia a um coletor solar

Para uma irradiação constante e com o aumento da diferença de temperatura, entre o absorvedor e o ar exterior, as perdas aumentam e o rendimento diminui. Desta forma é importante assegurar uma temperatura de retorno baixa e uma irradiação elevada, para um melhor aproveitamento térmico de um sistema solar.

As perdas térmicas dependem da diferença de temperatura do absorvedor e do ar ( $\Delta T$ ). Numa primeira aproximação, (para absorvedores de baixa temperatura) esta relação é linear e pode ser descrita pelo coeficiente global de perdas  $U_L$  (W/m<sup>2</sup>K):

$$Q_1 + Q_2 \equiv U_L \times \Delta T \quad (\text{eq. 3})$$

A energia útil aproveitada pelo coletor,  $Q_u$ , é determinada pela diferença entre a irradiação que atravessa a cobertura de vidro e que é absorvida pela superfície absorvedora e as perdas térmicas do coletor:

$$Q_u = (\tau \times G) \times \alpha - U_L \times \Delta T \quad (\text{eq. 4})$$

Assim, para coletores de baixa temperatura, o rendimento pode ser obtido através da seguinte equação:

$$\eta = \eta_0 - \frac{U_L \times \Delta T}{G} \quad (\text{eq. 5})$$

Para coletores de alta temperatura as perdas térmicas não aumentam linearmente com a diferença de temperatura entre o absorber e o ambiente, uma vez que o coeficiente de perdas térmicas varia com a temperatura. Nestes casos, o rendimento é obtido através da seguinte equação:

$$\eta = \eta_0 - \frac{U_{L1} \times \Delta T}{G} - \frac{U_{L2} \times \Delta T^2}{G} \quad (\text{eq. 6})$$

onde,  $U_{L1}$  (W/m<sup>2</sup>K) é o coeficiente global de perdas linear, ou de 1.<sup>a</sup> ordem, e  $U_{L2}$  (W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>) o coeficiente global de perdas quadrático, ou de 2.<sup>a</sup> ordem. Estes coeficientes são frequentemente representados por  $a_1$  e  $a_2$ , respetivamente [10].

### **Distribuição e ligação de coletores**

A captação de energia solar é realizada por intermédio de uma ou várias baterias de coletores solares, instalados num local com exposição solar adequada, sendo a energia captada transferida para um fluido (solar) térmico, o qual deverá conter as proporções de água, de inibidores de corrosão apropriados e de anticongelante (glicol) de acordo com as temperaturas mínimas registadas no local onde serão instalados, de modo a proteger convenientemente a instalação hidráulica. De realçar que cada bateria de coletores deverá incorporar os acessórios hidráulicos adequados, tais como purgadores, válvulas de segurança, reguladores de caudal (se necessários para garantir o equilíbrio hidráulico), entre outros, de modo a proteger o campo de coletores e assegurar o funcionamento da instalação com o rendimento adequado. Deve-se ter especial cuidado em respeitar as especificações técnicas de instalação do campo de coletores, inclusive as exigências de fixação de acordo com as condições de vento e cargas aplicáveis [11], de forma a se garantir, não só o bom funcionamento dos mesmos, mas também a segurança da instalação que farão parte integrante.

As coletores organizam-se em baterias, conforme acima referido, podendo em cada bateria as ligações serem de diferentes tipos, conforme representado na figura seguinte.

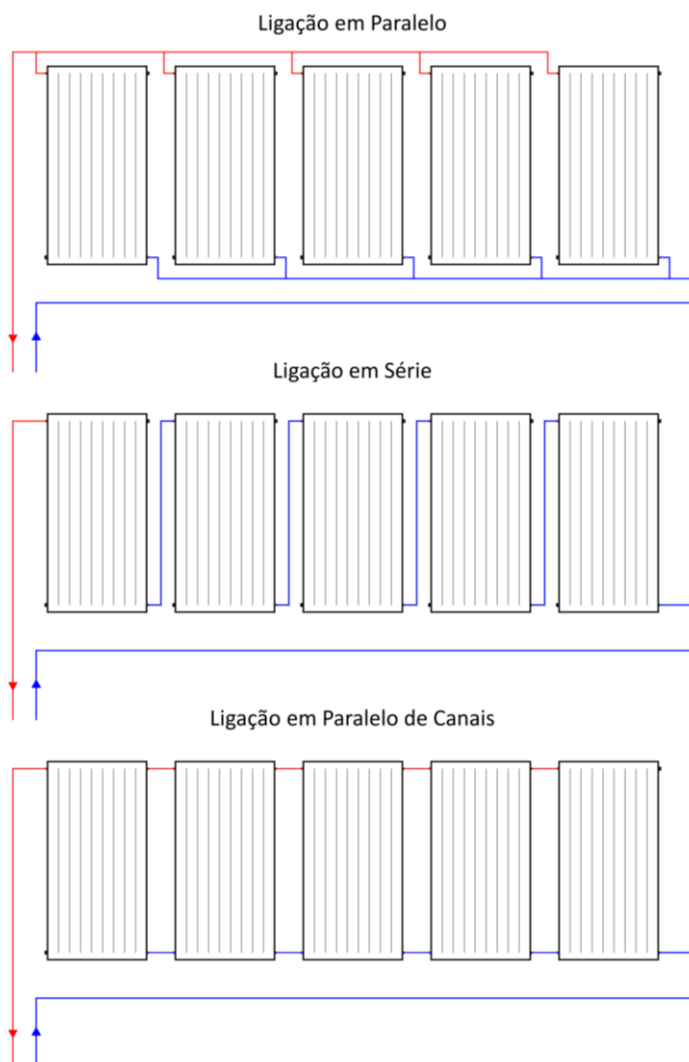


Figura 6 – Tipos de ligações entre coletores solares térmicos.

Deve haver sempre a preocupação de garantir o equilíbrio hidráulico, quer entre os coletores numa mesma bateria, quer entre baterias de coletores, sendo a alimentação invertida das baterias uma das estratégias utilizadas com esse objetivo. Na ligação em paralelo, o caudal total do circuito que alimenta a bateria é dividido pelo número de coletores que a compõem, enquanto que na ligação em série cada coletor é atravessado pelo caudal total. Neste caso, a resistência à passagem do fluido térmico aumenta proporcionalmente, pelo que o número de

coletores em série é limitado. Por outro lado, nesta situação, de coletores ligados em série, a temperatura do fluido vai aumentando conforme este vai atravessando a bateria, podendo atingir-se temperaturas mais elevadas. Deve-se também ter em consideração que o rendimento decai com o aumento de temperatura, pelo que os últimos coletores da série funcionarão com menor rendimento que os primeiros. Na ligação em paralelo, a perda de carga é menor e o rendimento de cada coletor da bateria é idêntico.

Assim, do ponto de vista funcional, deve ter-se em consideração para o traçado da bateria de coletores os seguintes fatores [12]:

- a) A instalação dos coletores deve assegurar que o percurso hidráulico seja o mesmo para todos, de forma a obter perdas de carga e caudais similares em todos eles. Se assim não for, os saltos térmicos nos coletores, que dependem diretamente do caudal, serão diferentes uns dos outros, reduzindo-se o rendimento global da instalação.
- b) O caudal específico nos coletores deve assegurar um bom coeficiente de transmissão de calor entre o absorvedor e o fluido.
- c) O comprimento das tubagens deve ser o mais curto possível, para minimizar as perdas de carga e de calor. As perdas de calor em tubagens e acessórios devem reduzir-se ao mínimo, evitando zonas mal isoladas e pontes térmicas.
- d) O desenho da bateria deve evitar a formação de bolsas de vapor ou de ar e permitir a montagem e desmontagem simples dos coletores.

O valor do caudal específico recomendado, referido na alínea b), depende das características do coletor e do fluido de transferência, sendo determinado através da seguinte expressão [12]:

$$\text{caudal [kg.s}^{-1}.m^{-2}] = \frac{10 a_1}{c_p} \quad (\text{eq. 7})$$

em que,

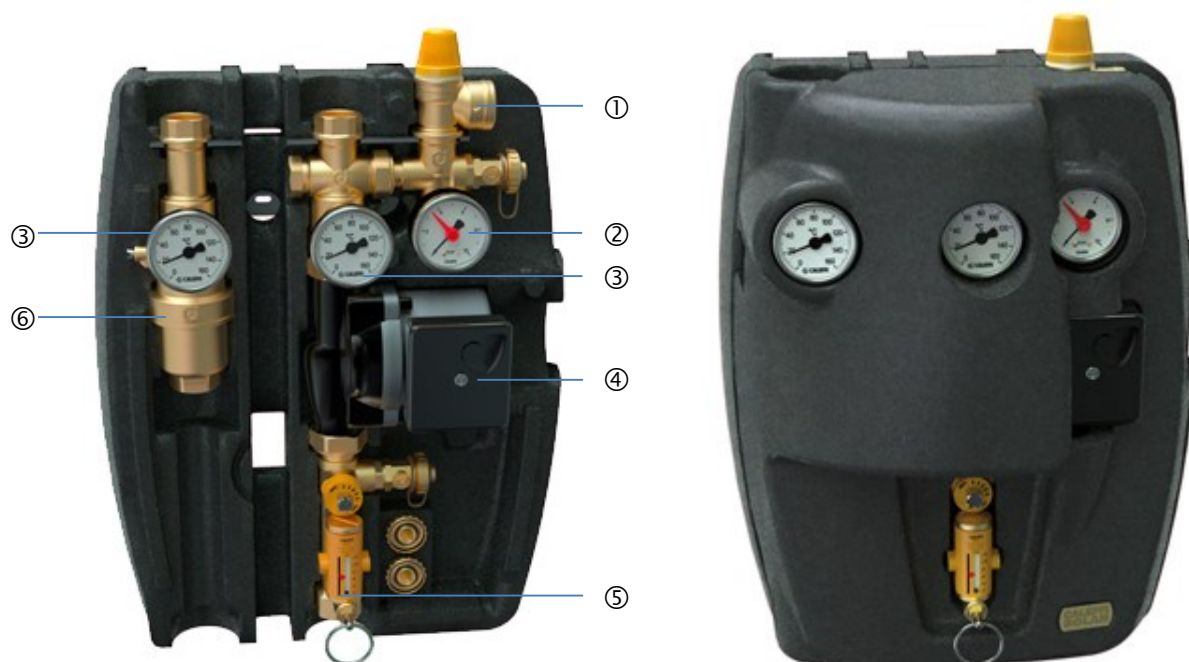
$a_1$  – coeficiente global de berdas térmicas [ $W.m^{-2}.K^{-1}$ ]

$c_p$  – calor específico do fluido térmico [ $J.kg^{-1}.K^{-1}$ ]

### 2.2.2 Circuito primário solar

O circuito hidráulico primário de uma instalação solar é responsável por garantir o transporte da energia solar térmica captada no campo de coletores e o depósito de acumulação. A transferência de energia (calor) é normalmente realizada através de um permutador de calor, que pode ser interno ao depósito de acumulação (p.ex. serpentina, ou de camisa), ou externo (p.ex. permutador de placas). Para tal será necessário prever a tubagem e respetivo isolamento térmico, acessórios hidráulicos, bem como grupos de circulação, de segurança e de controlo, preparados para funcionar corretamente no campo de temperaturas máximas a que o circuito hidráulico estará sujeito.

O grupo de circulação, ou grupo hidráulico, deste circuito é responsável por fazer recircular o fluido térmico entre o campo de coletores e depósito de acumulação (ou permutador de calor), pelo que deverá ser dimensionado para superar as perdas de carga decorrentes da resistência à circulação do fluido, garantindo um caudal que optimize a transferência da energia captada nos coletores. Este grupo deverá incluir, além da bomba de circulação, os acessórios de medição e regulação, que permitam o seu “ajuste” às condições de funcionamento recomendadas para o circuito onde está inserido.



- ① - válvula de segurança; ② - manómetro; ③ - termómetro; ④ - bomba de circulação;  
⑤ - válvula de regulação de caudal; ⑥ - separador de ar.

Figura 7 - Grupo de circulação para instalações solares (com ligação de ida e retorno), [13]

Um dos componentes fundamentais das instalações solares, é o grupo de segurança, o qual integra um vaso de expansão e uma válvula de segurança. De referir que este último componente encontra-se frequentemente integrado no grupo de circulação, assim como a ligação ao vaso de expansão. Os vasos de expansão são dispositivos destinados a compensar o aumento do volume do fluido térmico provocado pela subida da sua temperatura, evitando desta forma aumentos significativos da pressão no circuito. O volume do vaso é determinado em função do volume total de fluido térmico existente no circuito e das pressões de funcionamento. Um dos componentes principais do vaso de expansão é a membrana flexível, ou o diafragma, que faz a separação entre o fluido e o espaço preenchido pelo gás (geralmente azoto). Esta membrana, normalmente em borracha de butadieno estireno (SBR) ou em borracha butílica, é sujeita a grande desgaste, provocado pelas variações de volume associadas a temperaturas elevadas, pelo que é recomendado intercalar um depósito intermédio, entre o circuito primário e o vaso de expansão. Assim, quando há um aumento de

volume do fluido do circuito primário, não é este que “entra” no vaso de expansão, mas o sim o fluido que está “estagnado” no depósito intermédio, a uma temperatura próxima da temperatura ambiente.

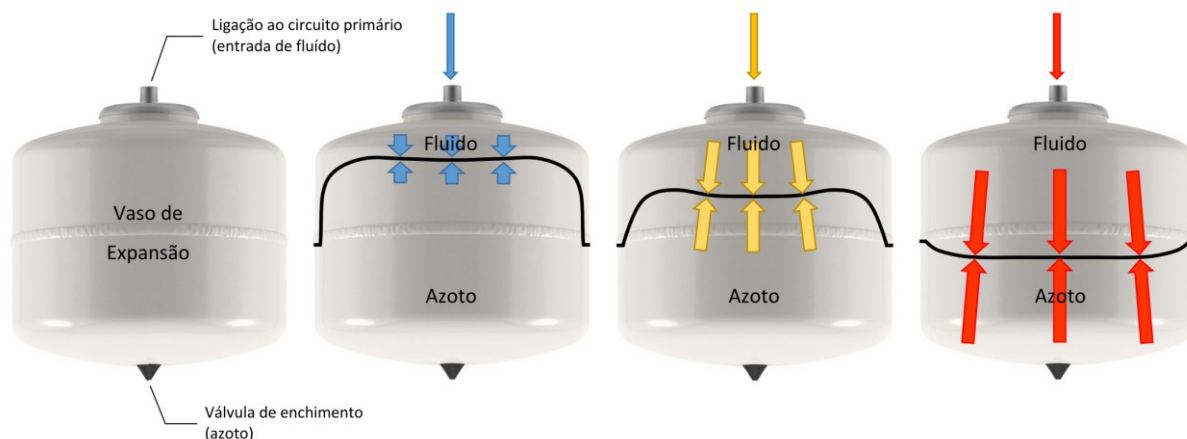


Figura 8 – Vaso de expansão

Para salvaguardar a instalação do risco de sobrepressões, deverá ainda ser instalada uma válvula de segurança, dimensionada tendo em consideração o menor valor pressão de máxima de funcionamento de todos os equipamentos e acessórios que compõem a instalação.

O controlo do funcionamento do grupo de circulação, será realizado por um controlador solar, em função do diferencial de temperatura entre os pontos de maior e menor temperatura do circuito, localizados à saída dos coletores solares e na parte inferior do depósito de acumulação, respetivamente. Ou seja, a instalação solar só funciona quando a energia solar térmica disponível assim o justifique. O controlador poderá ainda prever a atuação da bomba de circulação em condições meteorológicas extremas que possam congelar a instalação no exterior do edifício, protegendo assim o funcionamento do circuito primário.

Será aconselhável também, caso a dimensão do sistema o justifique e se preveja a possibilidade da instalação sofrer períodos de reduzido consumo de AQS (inferiores aos considerados em projeto), a instalação dum circuito de dissipação dos excedentes da energia solar térmica captada. Neste caso, quando a temperatura no campo de coletores atinge um

máximo definindo, o fluido solar é desviado para o circuito de dissipação onde, através de equipamento adequado (dissipador de calor) se dissipa os excedentes de energia, fazendo-o retornar à bateria de coletores mais frio. Evitam-se assim as situações de sobreaquecimento da instalação, nomeadamente no verão, em que a radiação solar incidente é maior. Ao evitar o sobreaquecimento, evita-se as altas pressões originadas pelo mesmo, com perdas de líquido solar (por descarga da válvula de segurança) e a ebulição e separação da água e glicol prejudiciais à instalação, evitando também as intervenções de reparação desnecessárias e os custos associados. Caso exista essa possibilidade, a dissipação pode ser realizada para uma piscina.

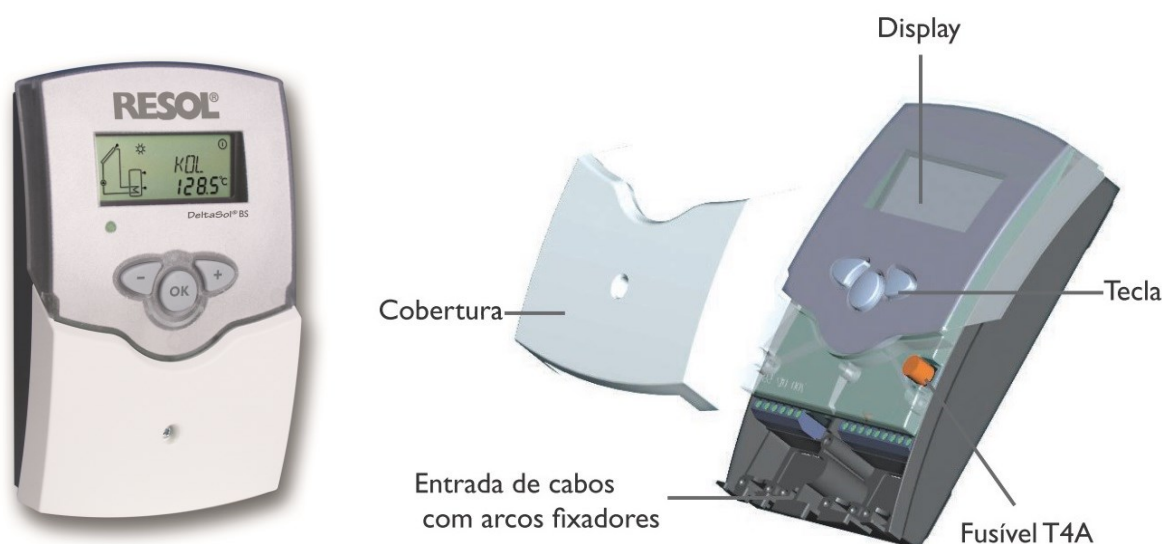


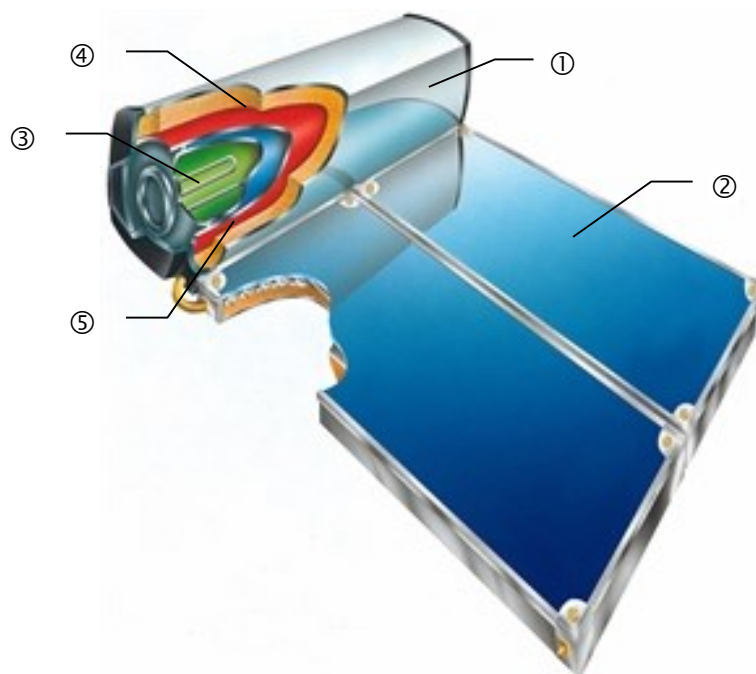
Figura 9 – Controlador solar ref.ª RESOL, modelo DeltaSol® BS, [14]

### **2.2.3 Acumulação de energia do sistema solar**

Tendo em conta que, em geral, nos edifícios como os de habitação, os períodos de maior necessidade de consumo de AQS estão muitas vezes desfasados dos períodos úteis de captação de energia solar, será necessário, para obter um aproveitamento máximo do campo de coletores, prever um depósito (ou vários), onde se acumula a água recebida da rede, e para o qual se transfere a energia captada pelos coletores solares. Consegue-se desta forma

“armazenar” a energia solar captada ao longo do dia, de forma a ser utilizada nos períodos em que realmente é necessária.

Nos sistemas mais simples, o depósito de acumulação encontra-se acoplado diretamente aos coletores solares, sendo esta solução comum nos sistemas termossifão, habitualmente utilizados ao nível doméstico. Neste caso, o depósito é colocado no exterior e, normalmente, na posição horizontal.



① - Depósito de acumulação; ② - Coletor solar; ③ - Resistência elétrica de apoio; ④ - Isolamento térmico; ⑤ - Depósito “tank-in-tank”.

Figura 10 – Sistema solar térmico com depósito acoplado, do tipo termossifão, [15]

Em instalações de média e grande dimensão, são geralmente utilizados sistemas de circulação forçada, estando os depósitos de acumulação geralmente situados no interior, em local adequado para o efeito.

Os depósitos de acumulação estão disponíveis em cobre, aço inoxidável (normalmente AISI 304 ou AISI 316), aço esmaltado ou revestido a plástico, ou aço sem qualquer revestimento especial (a não ser um, eventualmente, revestimento anticorrosão). A escolha de um depósito de acumulação é determinada pelo tipo de utilização, em particular pelo tipo de fluido que vai acumular. Por exemplo, no caso de se pretender acumular água quente para uso sanitário, então tem que se utilizar um depósito de um material, ou com um revestimento, que não provoque contaminação. No entanto, caso se pretenda acumular energia, utilizando-se para tal um fluido térmico, (que poderá ser simplesmente água ou, por exemplo, água glicolada), então, neste caso, o material utilizado poderá ser aço, sem nenhum revestimento em especial (desde que o fluido do depósito circule em circuito fechado).

Comparativamente com outros depósitos de acumulação em aço, os depósitos de armazenamento de aço inoxidável são mais leves e com menores necessidades de manutenção, mas mais caros em relação aos de aço esmaltado. O aço inoxidável é contudo mais sensível a águas com muito cloro, sobretudo se a isto associarem-se temperaturas elevadas. Os depósitos esmaltados tem que ser equipados com magnésio ou com um ânodo externo para proteção contra a corrosão (caso surjam fissuras no esmalte). Também estão disponíveis depósitos de aço revestidos de plástico, normalmente mais baratos, no entanto, neste caso, as temperaturas atingidas no seu interior não poderão ser muito elevadas.

Os depósitos de acumulação poderão estar equipados com um ou mais permutadores de calor, ligados ao sistema de captação de energia solar (coletores solares), ao sistema de apoio (p.ex. caldeira), ou para a produção instantânea de AQS. Possuem normalmente várias ligações hidráulicas, por forma a flexibilizar a sua utilização, sendo assim possível fazer a ligação de vários sistemas de carregamento (solar e sistemas de apoio) e de utilização (AQS e aquecimento ambiente, ou outro). De uma forma geral, os equipamentos de permuta de calor

deixam de ser internos ao depósito de acumulação, conforme se aumenta a sua capacidade, sendo frequente encontrar um ou mais permutadores de calor em depósitos com capacidade inferior a 1000 litros. No entanto, para capacidades superiores, torna-se muitas vezes necessário recorrer a dispositivos de permuta externos, sendo os mais frequentes os permutadores de calor de placas (brasados ou de placas e juntas). Na Figura 11 encontram-se representados dois depósitos de acumulação, utilizados em instalações solares, ambos com permutador de calor externo, do circuito primário da instalação, o qual permite uma descarga estratificada de energia no depósito, de uma forma natural. A serpentina existente no interior do primeiro depósito, destina-se à produção instantânea de AQS.

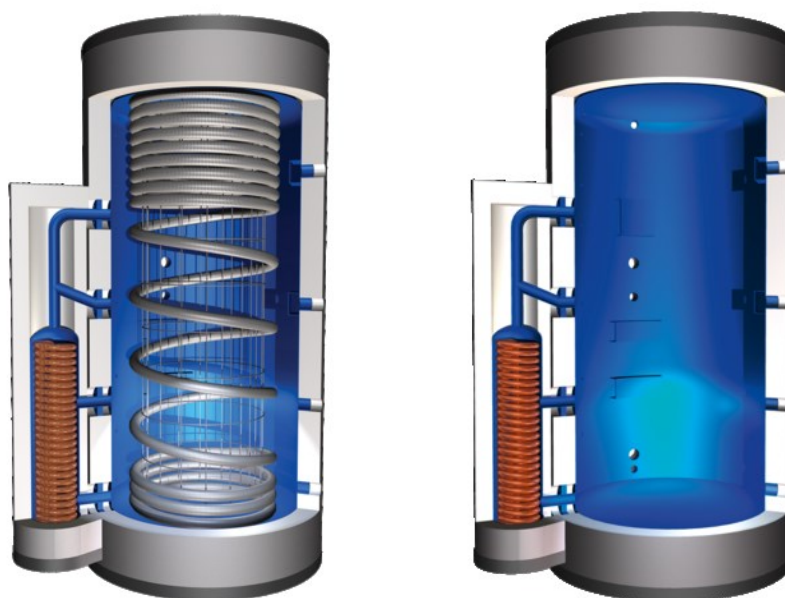


Figura 11 – Depósitos de acumulação solares, [16]

A estratificação de temperatura no interior dos depósitos de acumulação é uma característica muito importante na otimização do funcionamento dos sistemas solares térmicos [17], [18], pelo que muitos depósitos encontram-se equipados com dispositivos destinados a promover, ou não perturbar, essa estratificação, como por exemplo defletores e tubos de estratificação autorregulados.

Na Figura 12 encontra-se representado um depósito de acumulação de energia solar com dispositivos de estratificação, um na carga do depósito, ligado ao sistema de aproveitamento de energia solar e o outro ligado ao retorno do circuito de distribuição de AQS, ou de aquecimento (caso existam). A água quente é descarregada ao nível adequado de temperatura, não perturbando a estratificação existente no interior do depósito. Pelo mesmo motivo, é utilizado um defletor à saída da tubagem de alimentação de água fria ao depósito, [19].

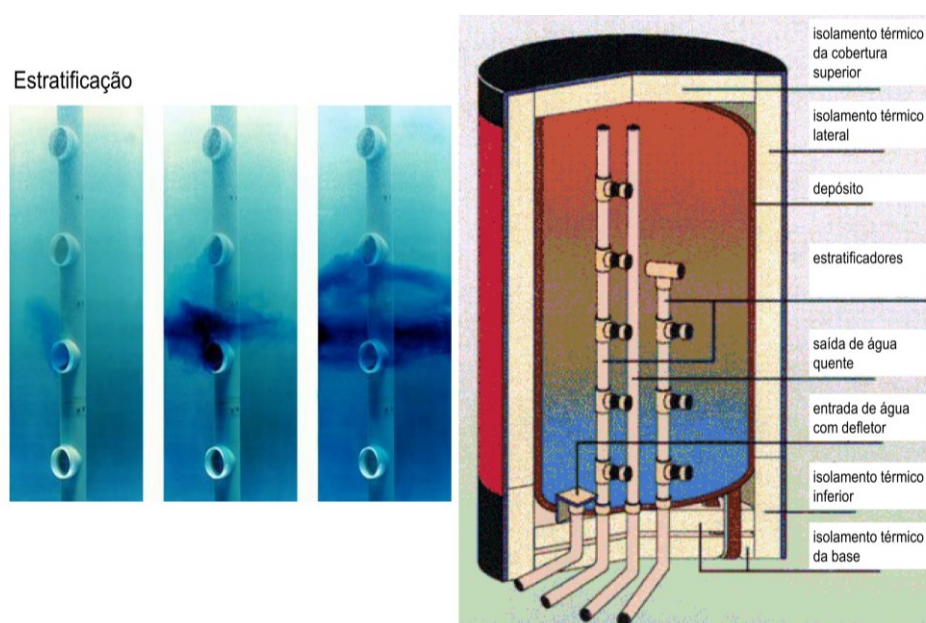


Figura 12 – Dispositivos de estratificação em depósitos de acumulação, [20]

A estratificação representada na Figura 12 ocorre de uma forma natural, sendo influenciada pela variação da densidade do fluido, função da sua temperatura.

Há, no entanto, sistemas “forçados” de estratificação, normalmente recorrendo a válvulas de três vias, os quais, em função da temperatura do fluido no circuito (primário ou de distribuição) e da temperatura no interior do depósito de acumulação, encaminham-no para a zona mais adequada (normalmente superior, ou intermédia) do depósito.

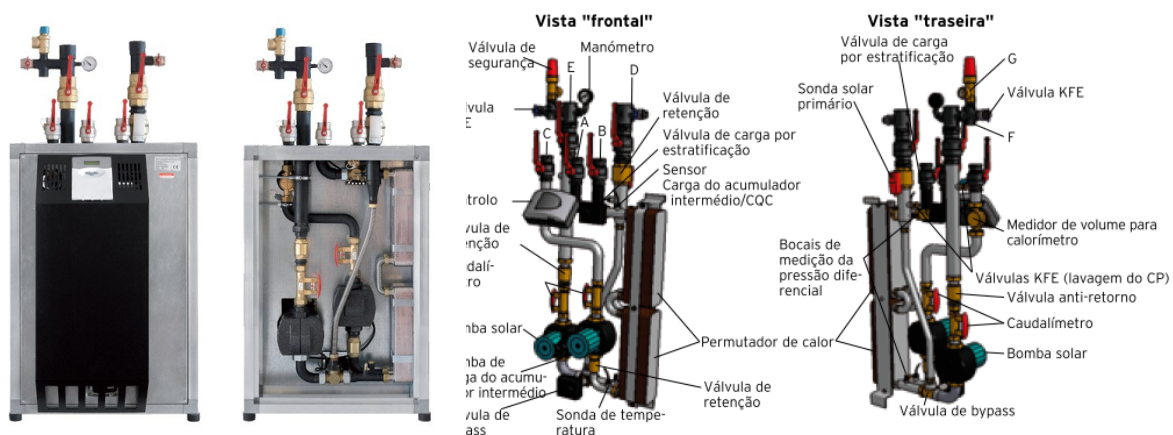


Figura 13 – Módulo solar de carga com estratificação, [21]

Na figura encontra-se representado um módulo de carga por estratificação, o qual inclui o sistema de permuta de calor (permutadores de calor de placas brasadas), bombas de circulação, válvula desviadora (válvula de carga por estratificação, módulo de controlo e um conjunto diversificado de acessórios. Estes equipamento é intercalado entre os coletores solares e o depósito de acumulação. Dado que os diferentes equipamentos e acessórios referidos se encontrarem reunidos num único equipamento, a sua integração (montagem) na instalação acaba por ser simplificada, sendo muitas vezes designada por “*plug and flow*”.

#### 2.2.4 Tubagem

Nas instalações solares térmicas, o circuito primário é geralmente constituído por tubos de cobre. As ligações são feitas, normalmente, através de soldadura por brasagem, no entanto, para pequenos diâmetros, é normal a utilização de acessórios de ligação do tipo bicone (até  $\varnothing 54$  mm), ou mesmo de cravação mecânica. Em instalações de média/grande dimensão é frequente encontrar outros materiais, como por exemplo o aço inox, ou o aço galvanizado, nestes casos, sobretudo, com acessórios do tipo bicone e/ou de cravação. Há que ter atenção especial à utilização de acessórios de cravação, uma vez que estes incluem materiais vedantes (por exemplo borrachas), os quais deverão ser resistentes quer às temperaturas elevadas que se verificam no circuito primário da instalação, quer também à utilização de fluídos térmicos

com glicol e outros aditivos. Devem assim ser seguidas as recomendações dos fabricantes dos fluídos térmicos sobre as condições de utilização, em particular no que respeita às temperaturas de operação e à compatibilidade com os materiais da instalação. Caso se consiga limitar a temperatura do fluído térmico, através, por exemplo, da instalação de um permutador de calor de placas, poderão, eventualmente, ser utilizados materiais termoplásticos, como o polietileno reticulado (PE-X), o polietileno de alta densidade (PEAD), polipropileno random (PP-R), ou tubagem multicamada (PP-R com alma em alumínio), normalmente mais económicos, sobretudo se considerarmos os custos e rapidez de instalação. A instalação do permutador de calor dividirá, neste caso, o circuito primário em dois: o primeiro, com um nível de temperaturas mais elevado, entre os coletores e o permutador e o segundo, com um nível de temperaturas mais baixo, entre o permutador e o depósito de acumulação. Esta divisão permite, assim, que o segundo circuito seja num material diferente do primeiro e, para além disso, se possa utilizar como fluído térmico, a água (desde que se consiga, naturalmente, garantir que não haja riscos de congelação).

A tubagem do circuito primário e, de uma forma geral, de todos os circuitos da instalação solar (incluindo os da distribuição), deverá ser isolada termicamente (e protegida mecanicamente nos troços localizados no exterior). O isolamento térmico mais vulgarmente utilizado para este efeito é a espuma elastomérica de estrutura celular fechada, à base de borracha sintética de cor preta. À semelhança do que se referiu anteriormente, há algumas limitações que devem ser tidas em consideração, em particular, neste caso, a temperatura do circuito e a exposição à radiação ultra violeta (UV). Na tabela seguinte, indicam-se algumas das características de um isolamento térmico frequentemente utilizado nas instalações solares, adequado a instalação no exterior na sequência de um revestimento da sua superfície exterior com uma película de proteção de copolímero de poliolefina de cor branca, resistente aos raios UV.

Tabela 1 – Características do isolamento térmico com proteção UV, ref.<sup>a</sup> HT ARMAFLEX S [22]

Temperatura máxima Ensaio segundo EN 14706, EN 14707, EN 14304	+ 150 °C
Temperatura mínima Ensaio segundo EN 14706, EN 14707, EN 14304	- 50 °C
Condutividade térmica a 40 °C Classificação segundo EN ISO 13787 Ensaio segundo EN ISO 8497	$\lambda \leq 0,042 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
Resistência à difusão do vapor de água Ensaio segundo EN 13469	$\mu \geq 4.000$
Reação ao fogo Classificação segundo EN 13501-1 Ensaio segundo EN ISO 11925-2	Euroclasse E
Resistência aos raios ultravioleta	Muito boa

Há, contudo, outros isolamentos que se podem observar em instalações solares, apesar de não com muita frequência. É um exemplo destes, a manta de lã mineral, normalmente em coquilhas fornecidas com um revestimento em alumínio reforçado.

### 2.2.5 Fluido de transferência térmica

O fluido de transferência térmica transporta a energia captada nos coletores solares para o depósito de acumulação. O líquido preferencialmente utilizado neste fluido é a água devido às seguintes propriedades:

- Elevada capacidade térmica;
- Elevada condutibilidade térmica;
- Baixa viscosidade.

Acresce ainda tratar-se de um fluido não tóxico e de baixo custo.

Uma vez que a temperatura de operação nos coletores pode variar entre -15°C e +350°C, se for utilizada água como meio de transferência de calor, existirão problemas devidos ao congelamento e evaporação. De facto a água congela a 0°C e evapora a 100°C. Assim, por forma a aumentar o intervalo em que a água se apresenta no seu estado líquido, é adicionado

glicol (anticongelante), baixando-se o ponto de congelamento e aumentando-se a temperatura de ebulição da mistura. A percentagem de glicol a ser adicionado à mistura é determinado tendo em consideração os registos de temperaturas mínimas e máximas do local onde serão instalados os coletores.

O fluido de transferência de calor tem que cumprir uma série de requisitos para garantir a operação sem problemas do sistema solar durante um longo período de tempo [23]:

- Resistência ao frio até -50 °C no máximo;
- Propriedades termofísicas equivalentes à água;
- Não-inflamabilidade;
- Proteção contra a corrosão de metais e ligas;
- Compatibilidade com materiais de vedação;
- Resistência sob condições de *stress* térmico;
- Prevenção de depósitos e formação de espuma;
- Baixa toxicidade e biodegradabilidade;
- Estabilidade a longo prazo;
- Preço razoável.

A água é, em geral, corrosiva para os metais. Os fatores que controlam fortemente o grau de corrosão são o teor de oxigénio, o valor do pH, a temperatura e a presença e concentração de substâncias químicas dissolvidas. O último aspeto é de grande importância em relação à utilização prática de soluções "puras" de propileno-glicol / água: em comparação com a água pura, bem como propileno glicol puro, a corrosibilidade de tais misturas é significativamente aumentada - em proporção inversa da concentração de glicol. Este feito deve ser compensado por adição de inibidores, os quais impedem o ataque corrosivo por formação de finas camadas de proteção sobre as superfícies metálicas.

Os sistemas solares são tipicamente constituídos de diferentes materiais como cobre, latão, solda, aço, ferro preto e alumínio, não existindo, até à data, qualquer inibidor universal. Assim, vários compostos orgânicos e inorgânicos com capacidade de proteção de metais específicos

têm que ser combinados num único inibidor que seja globalmente eficiente, com baixa toxicidade e biodegradável.

O tempo de vida de sistemas solares térmicos depende fortemente do grau de suscetibilidade à corrosão a que os vários componentes estão submetidos. Para minimizar os problemas de corrosão e, portanto, atingir o objetivo de operação a longo prazo e sem problemas, o fluido térmico deve ser adequado à instalação. Por outro lado, as superfícies internas devem manter-se limpas, livres de incrustações e, por outro, não deverá ocorrer desagregação das superfícies. A existência de incrustações não homogêneas nas superfícies interiores, para além de ter implicações no processo de transferência de calor, dá origem a zonas com temperaturas mais elevadas, que causam tensões térmicas e aceleram a corrosão nestas áreas.

A Tabela 2 mostra a composição de um fluido solar convencional concentrado, à base de propileno-glicol, adequado para instalações solares comuns (equipado com coletores planos, com temperatura de estagnação 200 °C máx.). Como se pode observar, para além do anticongelante propriamente dito, propileno-glicol, o fluido térmico é constituído por outras substâncias, entre as quais inibidores de corrosão.

Tabela 2 – Composição de um fluido solar concentrado [23]

<b>Composto</b>	<b>% mássica</b>	<b>Função</b>
Propileno glicol	92 – 94	Anti congelante
Sais de ácidos orgânicos	3 – 4	Proteção de metais ferrosos
Silicatos	< 1	Proteção do alumínio
Triazóis	≤ 0,2	Proteção de metais amarelos (cobre, bronze, latão)
Bórax (Borato de sódio)	1 – 1,5	Promotor de alcalinidade (estabilizador de pH)
Hidróxido de potássio	< 1	Promotor de alcalinidade (estabilizador de pH)
Água	3 – 4	Solvente de inibidores
Estabilizadores, dispersantes, antiespumantes, corantes	0,1 – 0,3	Estabilizador de dureza da água, inibidor de efusão e efervescência, coloração

Os valores da temperatura do ponto de congelação para uma mistura de água com um fluido térmico vulgarmente utilizado nos circuitos primários de instalações solares (TYFOCOR® L), em função da sua percentagem na mistura, são apresentados na tabela seguinte:

Tabela 3 – Temperatura do ponto de congelação de uma mistura TYFOCOR® L e água

Massa específica a 20 °C [kg/m <sup>3</sup> ]	TYFOCOR® L Concentração [% volúmica]	Ponto de congelação
1 023	25	-10 °C
1 029	30	-14 °C
1 033	35	-17 °C
1 037	40	-21 °C
1 042	45	-26 °C
1 045	50	-32 °C
1 048	55	-40 °C
1 055	100	< -50 °C

### 2.3 Sistemas de apoio à produção de AQS

Dada a existência de períodos, sobretudo no inverno ou em períodos de maior consumo de AQS, em que a energia solar captada possa ser insuficiente para a satisfação das necessidades, é fundamental prever um sistema que complete o aquecimento da água até à temperatura pretendida, sempre que necessário. Este deverá, por si só, ter a capacidade suficiente para garantir todas as necessidades de energia do edifício, caso o sistema solar térmico, por alguma razão, não se encontre em funcionamento (por manutenção ou avaria), ou caso não exista disponibilidade de radiação solar por um período alargado.

Este sistema, denominado sistema de apoio, poderá ser de diversos tipos, consoante o sistema solar térmico a que dará apoio, o nível de conforto pretendido e as fontes de energia disponíveis (eletricidade, gás, gasóleo, combustíveis sólidos). Descrevem-se de seguida os sistemas de apoio mais frequentemente encontrados em instalações solares térmicas.

### **2.3.1 Resistência elétrica**

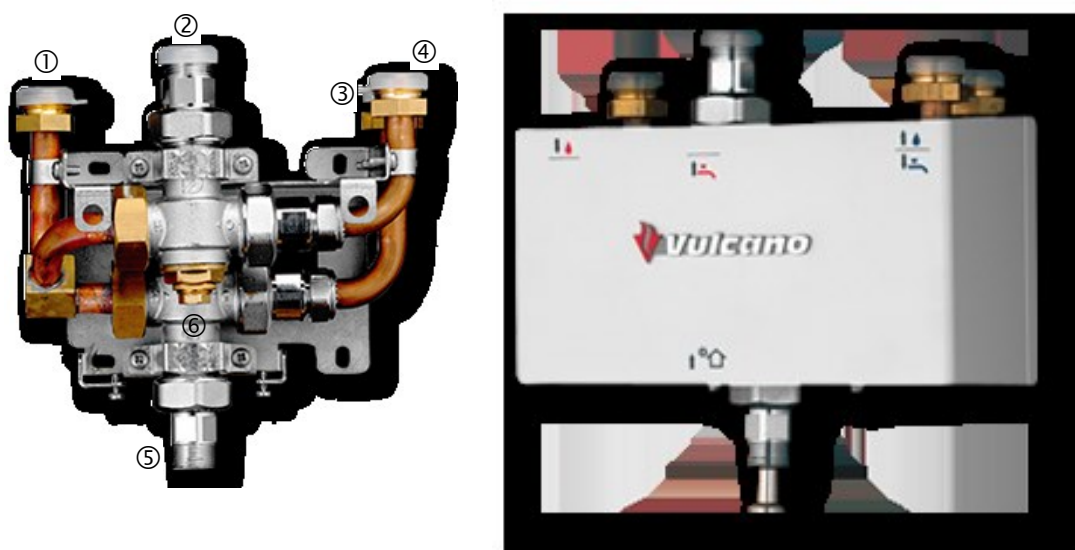
A resistência elétrica é, talvez, o sistema de apoio mais simples e, eventualmente, com menor custo de investimento, sendo frequente encontrar em sistemas de pequena/média dimensão, ou seja, sobretudo ao nível doméstico. Poderá ser utilizada integrada diretamente no depósito de acumulação solar, ou num outro depósito dedicado só ao apoio, localizado a jusante daquele. No caso da resistência elétrica encontrar-se integrada no depósito de acumulação do solar, deverá ter-se o cuidado de a instalar na sua parte superior, na zona de temperaturas mais elevadas, procurando-se desta forma maximizar o aproveitamento da energia solar. A existência de mecanismos no interior de depósitos que promovam a estratificação, como por exemplo defletores, é muito importante nestas situações. As potências das resistências elétricas encontram-se limitadas, normalmente, aos 9 kW. Raramente se encontram instalações solares com um apoio elétrico instantâneo, uma vez que as potências necessárias são, neste caso, geralmente muito elevadas.

### **2.3.2 Caldeira**

As caldeiras, normalmente a gás, são utilizadas frequentemente como sistemas de apoio às instalações solares, sendo equipamentos muito eficientes, sobretudo do ponto de vista do consumo de energia primária. São, frequentemente utilizadas como apoio a diferentes tipos de instalações solares, incluindo a sistemas do tipo “termossifão”, de pequena a grande dimensão. Ao contrário da resistência elétrica, a caldeira é muitas vezes colocada a funcionar de forma instantânea, a jusante do depósito de acumulação, garantindo a satisfação parcial, ou total, das necessidades de energia (água quente).

Em instalações de pequena dimensão é usual a utilização dos, normalmente denominados, esquentadores, como sistemas de apoio. Trata-se, neste caso, de um equipamento utilizado exclusivamente para a produção de água quente, devendo estar equipados de dispositivos automáticos de regulação de chama. Quando tais dispositivos não existirem, é recomendada a utilização de um “módulo solar”, normalmente constituído por uma válvula desviadora de 3

vias e por uma válvula misturadora termostática. A primeira encaminha o caudal diretamente para o consumo, desviando-o do esquentador, mas fazendo-o passar pela válvula misturadora termostática, caso a temperatura no interior do depósito do solar satisfaça as necessidades. Caso contrário, se a temperatura não for suficiente, a válvula desviadora de três vias encaminha o caudal para o esquentador, passando depois pela válvula misturadora, antes de ir para o consumo. Esta situação poderá ser pouco eficiente do ponto de vista energético, uma vez que poderemos, com alguma frequência, estar a aquecer o fluído, para além daquilo que seria necessário, para depois termos que o temperar na válvula mistura termostática. Ou seja, sempre que possível, quando se utilizarem esquentadores como sistemas de apoio em instalações solares, localizados a jusante do depósito de acumulação solar, é recomendável a utilização de sistemas com regulação de chama.



① Entrada de água quente proveniente do esquentador; ② Saída de água quente para as torneiras; ③ Entrada de água no esquentador para o reaquecimento da água; ④ Entrada de água fria da rede para o Módulo Solar; ⑤ Entrada de água no Módulo Solar proveniente do depósito solar; ⑥ Válvulas misturadoras termostáticas reguladas a 45 °C

Figura 14 – Módulo solar [24]

Conforme se referiu, as soluções acima descritas são utilizadas em instalações de pequena dimensão (domésticas). Em instalações de média/grande dimensão, as caldeiras são frequentemente utilizadas como sistema de apoio, não funcionando de modo instantâneo, mas sim, quase sempre, para a acumulação. Desta forma, é sempre possível satisfazer as necessidades de aquecimento com uma potência mais reduzida.

Em termos de combustíveis utilizados, os gases de petróleo liquefeito (butano e propano) e o gás natural, são os mais frequentes. São também encontradas caldeiras a gasóleo com alguma frequência, sobretudo em instalações de aquecimento, para além da produção de AQS.

Mais recentemente, os *pellets* de madeira começam a tornar-se uma excelente alternativa económica. Trata-se de um biocombustível sólido de fisionomia granulada cilíndrica, produzido a partir de resíduos florestais (incluindo indústria da madeira) e agrícolas. As matérias primas são submetidas a um processo de secagem, seguindo-se a sua granulação. O produto final (*pellet*) é um aglomerado extremamente denso, de baixo teor de humidade o que permite obter elevados níveis de eficiência de combustão ao serem queimados.

### **2.3.3 Bomba de calor**

A bomba de calor constitui uma boa solução, do ponto de vista económico, para o apoio à produção de água quente em instalações solares. Do ponto de vista técnico, contudo, estes equipamentos têm a limitação da temperatura de produção, cujo valor máximo é, em condições exteriores favoráveis, na ordem dos 50 – 60 °C. Esta limitação é, na maioria dos casos, ultrapassada pela instalação de uma resistência elétrica (*booster*), a qual, em condições exteriores desfavoráveis, entra em funcionamento. Outra alternativa, apesar de significativamente mais dispendiosa, é a bomba de calor de alta temperatura, a qual utiliza um duplo ciclo de compressão, permitindo, desta forma, produzir água quente à temperatura de 80 °C, ou seja, semelhante à temperatura atingida com uma caldeira.



Figura 15 – Bomba de calor tipo *split* para produção de água quente (e fria) [25]

Estes equipamentos permitem normalmente a produção de água quente e fria, sendo utilizados na climatização ambiente, em sistemas ar-água. A integração destas duas funcionalidades (climatização (aquecimento e arrefecimento ambiente) e produção de AQS) num único equipamento, bem como a sua elevada eficiência, são as suas principais vantagens. No entanto, as potências térmicas disponíveis são, na generalidade, inferiores a 20 kW, o que restringe a sua utilização a aplicações domésticas e a algumas comerciais.

Um outro tipo de solução, baseada na bomba de calor, integra este equipamento no depósito de acumulação, sendo utilizada exclusivamente na produção de AQS (ver Figura 16). Esta solução é normalmente limitada a depósitos com capacidade até 500 litros, o que, à semelhança das bombas de calor anterior, restringe a sua utilização sobretudo a aplicações domésticas e a algumas comerciais. Uma das suas principais vantagens é que o depósito de acumulação pode incluir a serpentina, (permutador de calor), ligada ao circuito primário da instalação solar.



Figura 16 – Bomba de calor compacta, para produção de AQS, com depósito de acumulação incluído [26]. (Esquema adaptado pelo autor)

Soluções mais recentes combinam duas tecnologias para a produção de AQS, a bomba de calor e a caldeira de condensação a gás, num único equipamento híbrido. Dependendo da temperatura exterior, dos preços da energia e da carga interna de calor, a bomba de calor híbrida seleciona sempre o modo mais económico de funcionamento, conseguindo-se atingir temperaturas até 80 °C, com potências térmicas até 32 kW [27].

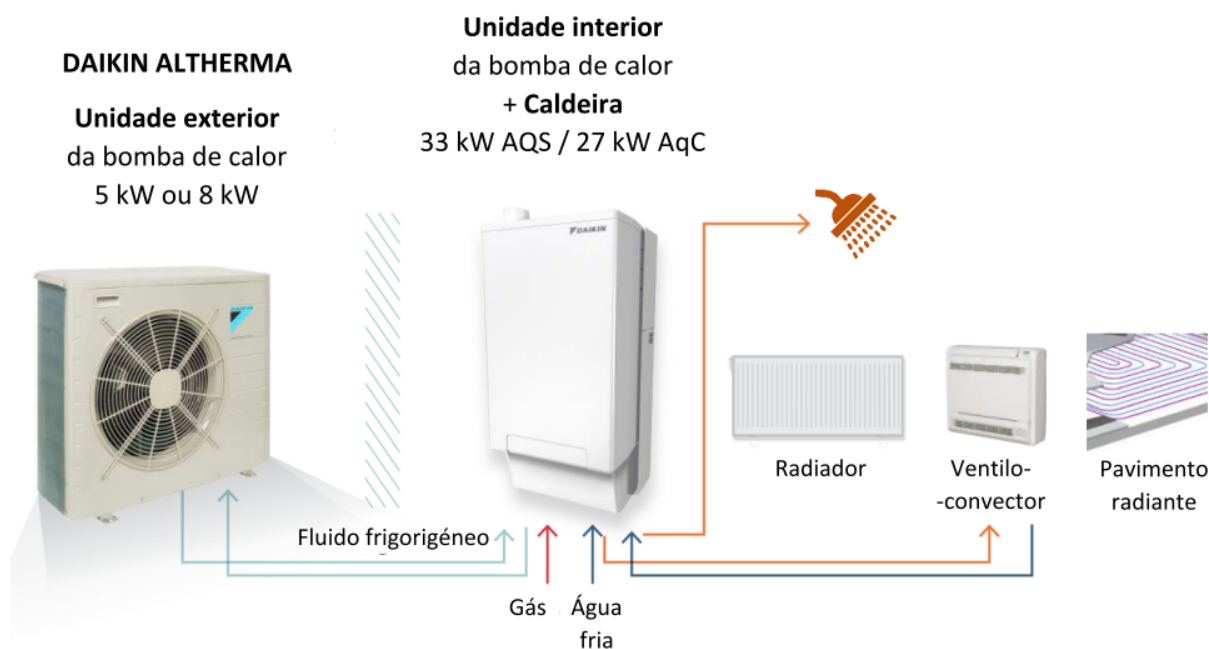


Figura 17 – Sistema híbrido, bomba de calor + caldeira, para a produção de AQS e aquecimento central [27]. (Esquema adaptado pelo autor)

Uma outra solução interessante do ponto de vista tecnológico e bastante recente, é a que integra no mesmo equipamento uma caldeira e um sistema de geração de eletricidade. Este equipamento, de mini-cogeração, está disponível para aplicações domésticas, com uma potência de 24 kW no modo de aquecimento central, 28 kW no modo de produção de AQS, produzindo 1 kW de potência elétrica [28] que poderá ser consumida internamente ou, eventualmente, fornecida à rede. O acréscimo de investimento, relativamente a uma caldeira de condensação a gás, com potência térmica equivalente, poderá não ser viável, sobretudo se o número de horas de funcionamento for relativamente reduzido. Ou seja, em climas como o de Portugal, com períodos de aquecimento reduzidos a 4 ou 5 meses por ano, será difícil justificar o investimento neste tipo de equipamento.

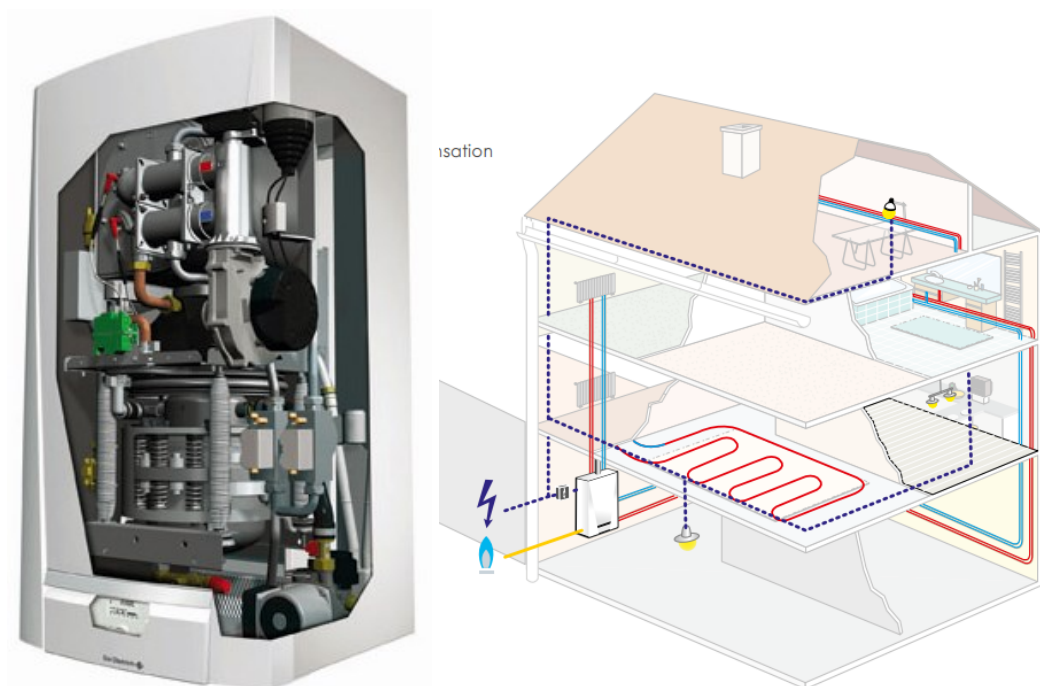


Figura 18 – Caldeira de condensação a gás com geração de eletricidade [28]

#### 2.3.4 Diretivas comunitárias

No contexto da presente seção §2.3, é importante fazer uma referência à diretiva comunitária 2005/30/CE [29] (*Eco Design directive*) relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos que consomem energia (e que altera as diretivas 92/42/CEE do Conselho e 96/57/CE e 2000/55/CE) e, na sequência desta, às diretivas 2009/125/CE [30] relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia (*ErP directive, Energy Related Products*) e a 2010/30/UE [31] (*labelling directive*) relativa à indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes relativas aos produtos. A diretiva 2005/30/CE cria um quadro de definição dos requisitos comunitários de concepção ecológica dos produtos consumidores de energia com o objetivo de garantir a livre circulação destes produtos no mercado interno, prevendo a definição de requisitos a observar pelos produtos consumidores

de energia abrangidos por medidas de execução, com vista à sua colocação no mercado e/ou colocação em serviço. Contribui para o desenvolvimento sustentável, na medida em que aumenta a eficiência energética e o nível de proteção do ambiente, e permite ao mesmo tempo aumentar a segurança do fornecimento de energia. Em relação às diretivas 2009/125/CE e 2010/30/UE, ambas são de cumprimento obrigatório nos estados membros a partir de 26 de Setembro de 2015. A primeira delas, a diretiva ErP, estabelece requisitos mínimos de eficiência energética, emissões de NO<sub>x</sub> e de níveis de ruído para os equipamentos que se fabriquem ou instalem na União Europeia. O objetivo desta norma é a de contribuir para que sejam alcançados os protocolos internacionais de redução de emissões de CO<sub>2</sub> e mais precisamente os objetivos adotados na Estratégia Europeia para a Energia e Alterações Climáticas, 20-20-20 (20% de redução de emissão de gases com efeito de estufa em relação aos níveis de 1990, 20% de aumento da eficiência energética e 20% de fração das necessidades de energia satisfeitas com base em energias renováveis), a atingir em 2020. A diretiva da rotulagem energética, que já é obrigatória em muitos dos produtos energéticos e de consumo, tem como objetivo dar informação simples ao consumidor sobre a eficiência dos produtos que compra. Os rótulos não só devem aparecer nos produtos comercializados individualmente, como o conjunto de equipamentos que o mesmo profissional instale no mesmo local, deve ostentar um rótulo energético do conjunto. A diretiva ErP não só definirá os produtos que podem ser instalados a partir de 26 de Setembro de 2015, mas também mudará a forma de calcular os rendimentos dos equipamentos. No que respeita às caldeiras, uma das mudanças mais importantes será a utilização do PCS (Poder Calorífico Superior) dos combustíveis. Até agora utilizava-se o PCI (Poder Calorífico Inferior) para definir a eficiência dos equipamentos, o que ao não ter em conta o calor latente do vapor de água originado durante a combustão, permitia obter valores próximos e inclusive superiores a 100%, como era o caso das caldeiras de condensação. Ao utilizar o PCS para determinar o rendimento, os valores resultantes serão mais realistas, mas muito inferiores aos que estamos acostumados. De igual forma, esta nova diretiva estabelecerá um novo método para o cálculo do rendimento das caldeiras com menos de 70 kW: o rendimento sazonal. Trata-se, na realidade, de uma aproximação mais exata do

rendimento de um equipamento, uma vez que no seu cálculo procura-se refletir melhor o seu funcionamento real.

Em resumo, estas novas diretivas promoverão a eficiência dos equipamentos, proibindo os menos eficientes. Por exemplo, no que às caldeiras diz respeito, os mínimos de eficiência estabelecidos dificilmente poderão ser alcançados por caldeiras convencionais, sendo a caldeira de condensação a protagonista a partir de 2015.

## **2.4 Classificação de sistemas solares térmicos em edifícios**

Os sistemas solares térmicos para a produção de AQS podem ser classificados tendo por base o tipo de aproveitamento (sistema de captação), de acumulação e de apoio, os quais, em cada um destes componentes da instalação, podem ser individuais, ou centralizados. Pode-se, na prática, fazer grande parte das combinações dos dois tipos de cada um destes componentes, contudo, há sempre uma combinação mais adequada a cada tipo de instalação e utilização. Nos extremos teremos sempre uma instalação completamente centralizada, de um lado e, do outro, uma instalação completamente descentralizada. A primeira será típica da maioria dos hotéis, pelo menos daqueles com maiores dimensões, sendo a segunda de justificação mais difícil, pelo menos no que respeita a hotéis. Apesar disso, poderão existir algumas situações muito particulares em que este tipo de instalações se poderá justificar, normalmente com base em argumentos de natureza económica, baseados quase sempre em custos de investimento e raramente nos de exploração de instalações. A título de exemplo, é frequente encontrar-se instalações em edifícios de habitação coletiva constituídas por kits termossifão, ou com sistemas individuais de circulação forçada, um para cada uma das frações. À partida, os custos globais de exploração deste tipo de instalações são superiores aos que resultariam se a instalação fosse centralizada.

No caso dos edifícios de habitação coletiva, por questões relacionadas com a exploração que ultrapassam muitas vezes as de racionalidade energética, há alguma tendência em

individualizar as instalações solares para a produção de AQS. Assim, apesar de se tratar de uma solução que, à partida, é pouco racional do ponto de vista energético e muitas vezes de implementação mais complicada, as instalações descentralizadas, acima mencionadas, são as escolhidas num número significativo de situações. Cada fração tem, assim, o seu sistema individualizado com custos perfeitamente definidos e diretamente imputáveis. Num outro extremo, as instalações centralizadas, ao nível da captação, acumulação e sistema de apoio, implicam a contabilização do fornecimento de AQS, o que, no caso de edifícios de habitação coletiva, pode conduzir a problemas de natureza legal (venda de água quente). Este tipo de instalações é, contudo, muito frequente em hotéis ou outros empreendimentos turísticos. Na prática, nos edifícios de habitação coletiva é frequente encontrar instalações solares com captação centralizada e com acumulação de energia (depósito de inércia) centralizada, sendo a distribuição feita através de unidades individuais (por fração) de permuta de calor e o sistema de apoio individualizado, ou instalações solares com captação centralizada e com acumulação e apoio individualizados, normalmente com recurso a termoacumuladores elétricos equipados com permutador de calor. Outras soluções intermédias, ou “híbridas”, poderão ser encontradas, por exemplo, com acumulação parcial centralizada (com recurso a um depósito de inércia, p.ex.), sendo a restante acumulação realizada de uma forma individualizada ou descentralizada (através de um termoacumulador) – esta solução tem a vantagem de reduzir o espaço necessário à acumulação dentro da fração.

Do ponto de vista energético, as soluções seguintes, para a produção de AQS em hotéis ou em edifícios multifamiliares, poderão ser consideradas mais interessantes:

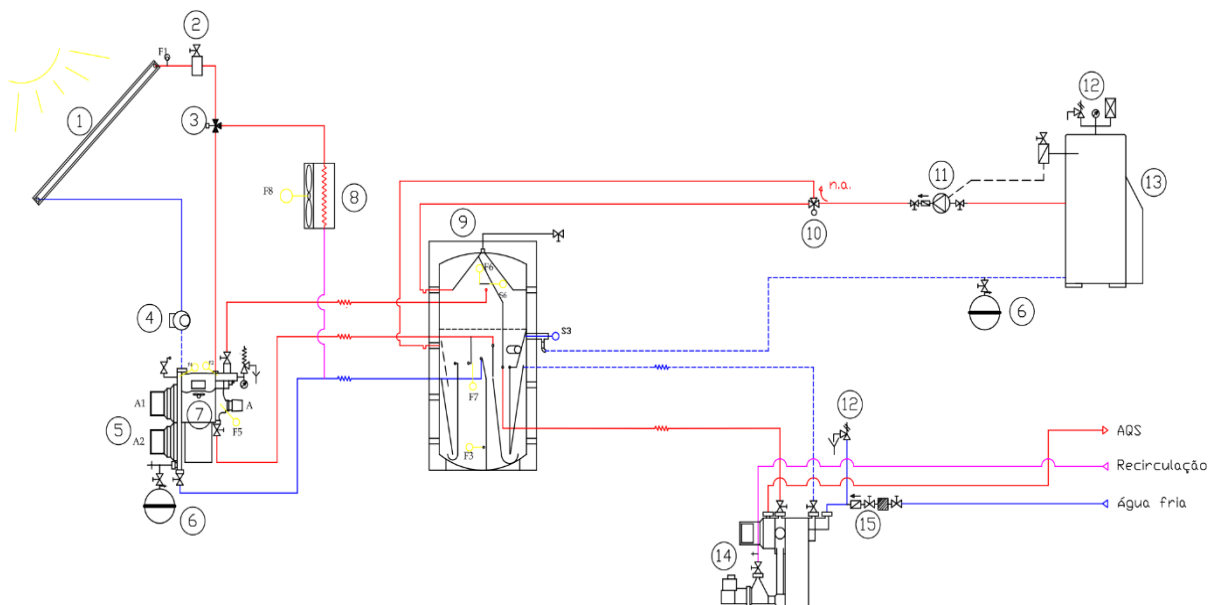
- a) Sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com apoio centralizado;
- b) Sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com módulos de produção instantânea de AQS e sistemas de apoio individualizados;
- c) Sistema solar térmico com captação coletiva de energia e acumulação individual de AQS.

De seguida descreve-se cada uma destas soluções, recorrendo a esquemas de princípio, de forma à melhor perceção do respetivo funcionamento e dos principais equipamentos constituintes.

#### **2.4.1 Sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com apoio centralizado**

Este sistema solar térmico caracteriza-se por apresentar, de forma centralizada, a produção de água quente, ou de água pré aquecida, captando a energia proveniente da radiação solar através de um campo único campo de coletores, comum ao edifício, acumulando essa energia em depósitos acumuladores, de inércia, localizados numa zona técnica adequada, sendo essa energia disponibilizada a estações ou módulos de transferência de calor (que possuem, entre outros componentes, permutadores de calor), instaladas nas frações, através das quais é aquecida, ou pré aquecida, a água fria proveniente da rede, que alimentará, após passar pelo equipamento de apoio, a rede de distribuição de AQS da fração (ver Figura 19). Trata-se de um sistema cujo princípio de funcionamento, com algumas adaptações, pode ser adotado em instalações unifamiliares, ou em grandes instalações, como por exemplo em hotéis. No sistema correspondente ao esquema da figura, a energia captada é armazenada num depósito de inércia (5), utilizando para o efeito um módulo de permuta com estratificação (9), o que permite tornar o sistema mais eficiente. A energia acumulada é, por sua vez, transferida para a água fria da rede, através de uma estação de transferência, ou módulo de produção instantânea de AQS (10). Salienta-se nesta instalação o facto de não haver acumulação de AQS e, conseqüentemente, serem reduzidos os riscos de aparecimento da *legionella*. No entanto, poder-se-ia optar por utilizar um depósito de acumulação de AQS e neste caso seria dispensado o módulo de produção instantânea. No que respeita ao sistema de apoio (6), este encontra-se ligado diretamente ao depósito de acumulação de energia (5), havendo necessidade de se ter algum cuidado com o controlo do seu funcionamento, por forma a dar-se prioridade à energia solar. A situação complica-se quando em algumas instalações tem-se outra fonte de produção de energia ligada ao mesmo depósito de acumulação – por exemplo,

uma bomba de calor, a par de uma caldeira ou de uma resistência elétrica, para além da captação de energia solar. Uma forma de se ultrapassar o “conflito” que poderá existir entre estas diferentes formas de energia para a produção de AQS, é separando a acumulação. Neste caso, existirá um depósito para a energia solar interligado a outro destinado ao(s) sistema(s) de apoio, sendo este alimentado pelo primeiro (quer se trate de acumulação de energia, quer de AQS). A distribuição para o consumo faz-se a partir do depósito destinado ao(s) sistema(s) de apoio.



Cod	Designação	Cod	Designação
1	Coletores Solar	10	Válvula de 3 vias motorizada
2	Purgador automático	11	Bombas de Recirculação da Caldeira
3	Válvula de 3 vias motorizada	12	Grupo de segurança
4	Caudalímetro Solar	13	Caldeira do chão
5	Bombas de Circulação	14	Módulo de produção instantânea de AQS
6	Vaso de Expansão	15	Grupo contador de Água fria
7	Controlador Solar	16	
8	Dissipador	17	
9	Depósito de acumulação/inércia	18	

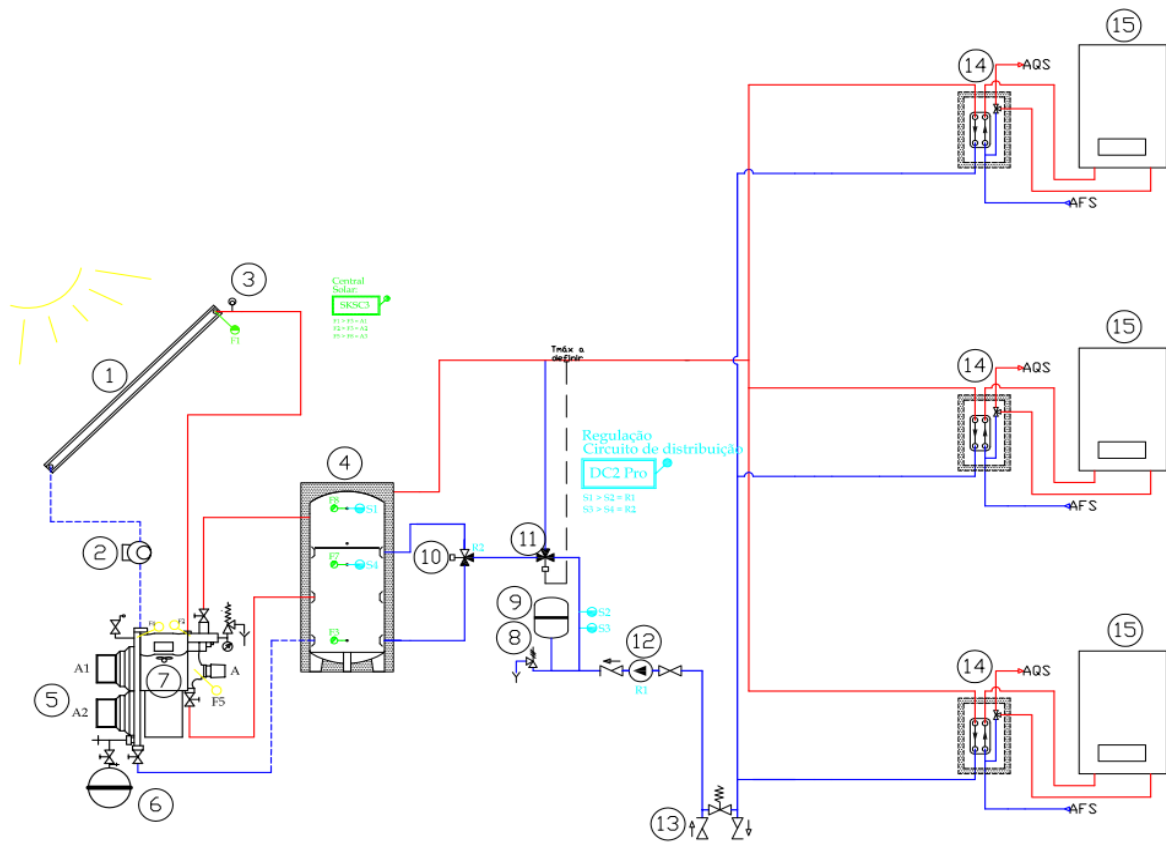
Figura 19 – Esquema de princípio de um sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com apoio centralizado

No esquema de princípio da figura encontra-se também representado um dissipador de calor (8), o qual é utilizado sempre que já não há capacidade de acumular mais energia. Assim, nestas situações, para preservar a instalação, não a sujeitando a temperaturas demasiado elevadas, uma válvula de 3 vias motorizada (3) desvia o fluido no circuito primário, fazendo-o passar por um dissipador, o qual, como o próprio nome indica, dissipará a energia captada nos coletores para a atmosfera.

#### **2.4.2 Sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com módulos de produção instantânea de AQS e sistemas de apoio individualizados**

Este sistema solar térmico caracteriza-se por apresentar, de forma centralizada, a produção de água quente, ou de água pré aquecida, captando a energia proveniente da radiação solar através de um campo único campo de coletores, comum ao edifício, acumulando-a em depósitos de acumulação, ou de inércia, localizados numa zona técnica adequada, sendo essa energia depois disponibilizada em estações de transferência de calor (os quais possuem, entre outros componentes, permutadores de calor), instaladas em cada uma das frações, através das quais a água fria proveniente da rede é aquecida, ou pré aquecida, alimentando, após passar pelo equipamento de apoio, a rede de distribuição de AQS da fração (ver esquema de princípio da Figura 20).

As estações de transferência, constituídas fundamentalmente por um permutador de calor, têm normalmente sistemas de controlo integrados, por forma a controlarem (limitarem) a temperatura da água à saída da estação de transferência. Poderão, inclusive, possuir válvulas de duas vias motorizadas, cuja abertura ocorre se houver consumo de AQS na fração. No limite, se não houver consumo em qualquer uma das frações do edifício, o caudal é reduzido a um valor mínimo, através do recurso a uma bomba de caudal variável, evitando-se desta forma desperdícios de energia.



Cod	Designação	Cod	Designação
1	Colectores	9	Vaso de expansão aquecimento
2	Caudalímetro Solar	10	Válvula de 3 vias motorizada
3	Purgador	11	Válvula termostática de 3 vias motorizada
4	Depósito de acumulação/inércia	12	Circulador
5	Bombas de Circulação	13	Válvula pressão diferencial
6	Vaso de Expansão	14	Módulo de produção instantânea de AQS
7	Controlador Solar	15	Esquentador com chama modulante
8	Grupo de segurança		

Figura 20 – Esquema de princípio de um sistema solar térmico com captação e acumulação coletiva de energia, com módulos de produção instantânea de AQS e sistemas de apoio individualizados

O sistema de apoio é normalmente constituído por um esquentador com chama modulante, a qual é controlada em função da temperatura da água à entrada e da temperatura desejada para o consumo.

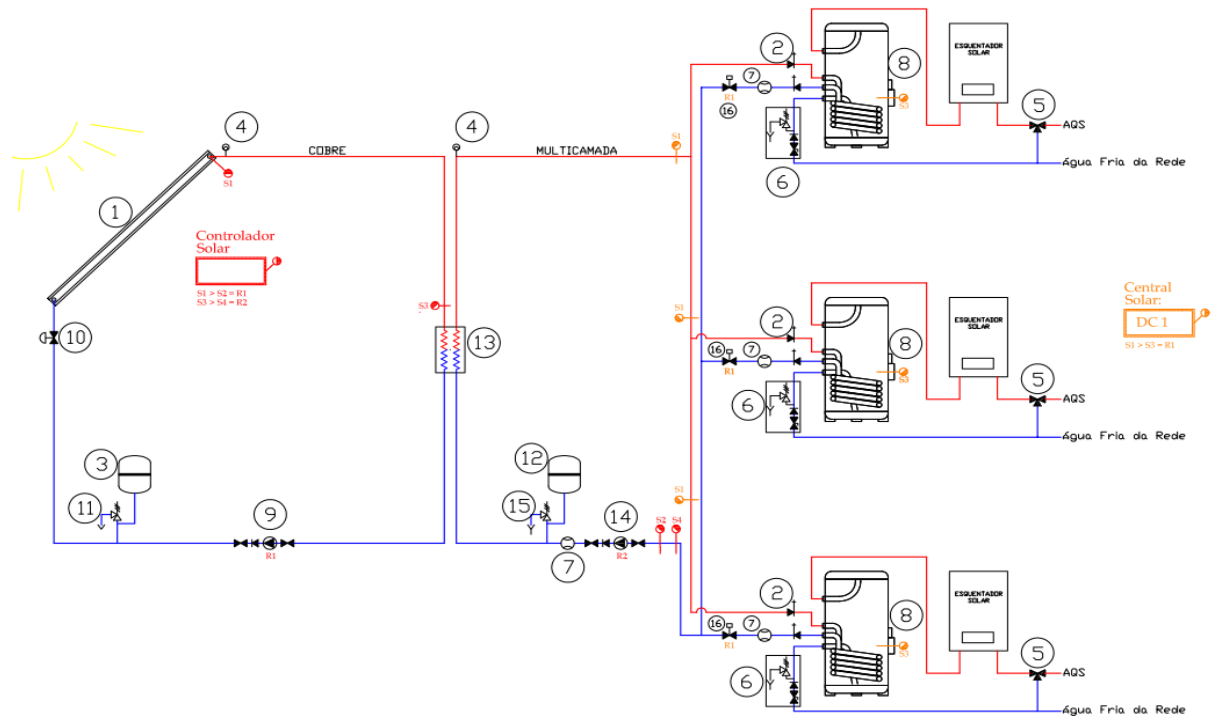
Uma das vantagens deste sistema é a de não exigir um espaço para colocar um depósito de acumulação dentro da fração, uma vez que a acumulação é feita centralmente. Por outro lado, sendo a produção de AQS feita de uma forma instantânea, o risco da *legionella*, frequentemente associado aos sistemas de acumulação de AQS, é reduzido.

Trata-se de um sistema recomendado para edifícios de habitação coletiva, podendo também ser utilizado em empreendimentos turísticos, em particular em hotéis apartamento, apesar de, nestas situações, o sistema de apoio dever ser também centralizado. Nesta situação, tem que se garantir o fornecimento de AQS à temperatura desejada a cada fração (apartamento).

#### **2.4.3 Sistema solar térmico com captação coletiva de energia e acumulação individual de AQS**

Os sistemas solares térmicos com captação coletiva de energia e acumulação individual são uma boa opção para edifícios de habitação coletiva. À semelhança do sistema anterior a captação de energia proveniente da radiação solar é feita através de um campo único campo de coletores, comum ao edifício, contudo a acumulação é feita individualmente em cada fração, através de depósitos de acumulação de AQS localizados no seu interior. Apresenta-se assim, como principal desvantagem, a necessidade de espaço dentro da fração para a acumulação, podendo este ser significativo. Por forma a minimizar este problema, pode recorrer-se a soluções mistas de acumulação, por exemplo, utilizando um depósito de acumulação de energia (depósito de inércia) de “grande” dimensão, colocado numa central térmica, permitindo desta forma instalar depósitos de menor dimensão no interior de cada fração. Ao contrário do sistema anterior, havendo a acumulação de AQS, poderá haver a necessidade de alguns cuidados em relação à prevenção da *legionella*. O sistema de apoio é individual, podendo este ser um esquentador com chama modulante ou simplesmente uma resistência elétrica colocada no interior do depósito de acumulação. De referir que este depósito terá que possuir um elemento de transferência de energia, do fluido do circuito

primário para a água que se pretende aquecer, sendo este, normalmente, uma serpentina interna.



Cod	Designação	Cod	Designação
1	Colectores	10	Caudalímetro Solar
2	Válvula	11	Válvula de segurança solar
3	Vaso de expansão solar	12	Vaso de expansão aquecimento
4	Purgador Manual	13	Permutador de calor
5	Misturador Termostático	14	Circulador aquecimento
6	Grupo de segurança	15	Válvula de segurança aquecimento
7	Caudalímetro	16	Válvula de 2 vias motorizada
8	Depósito AQS		
9	Circulador solar		

Figura 21 – Esquema de princípio Sistema solar térmico com captação coletiva de energia e acumulação individual de AQS

#### **2.4.4 Sistema solar térmico para produção de AQS e aquecimento ambiente**

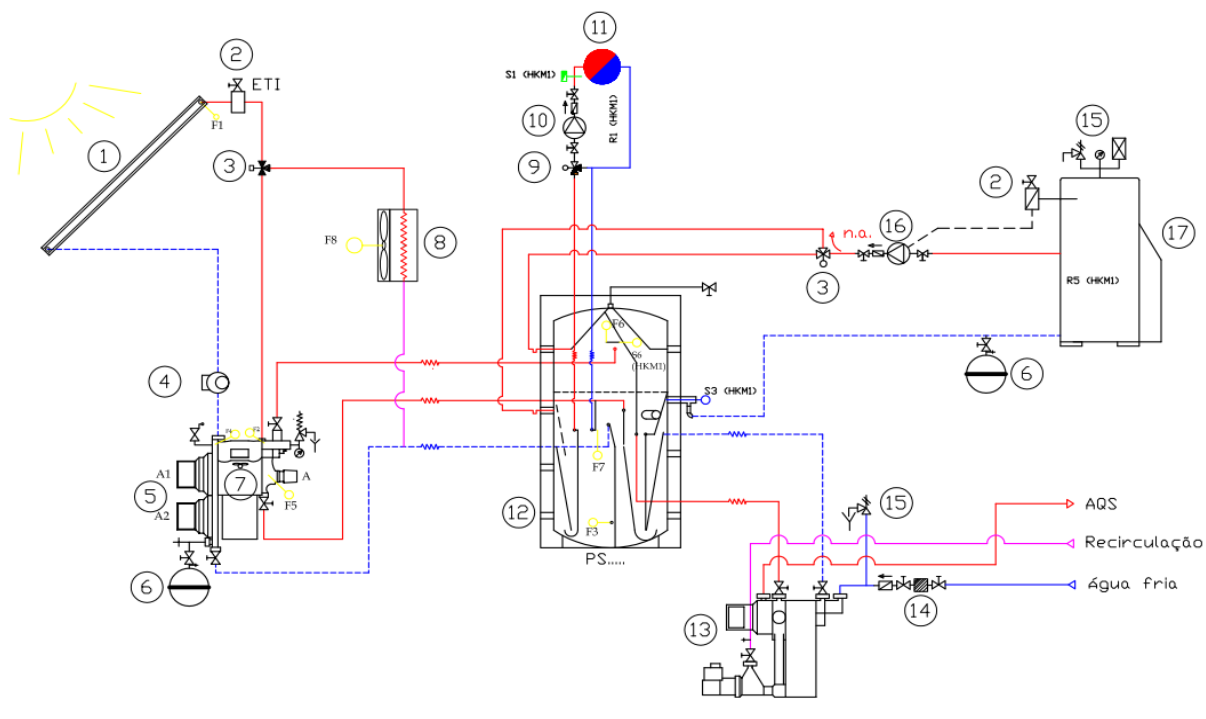
A utilização de sistemas solares térmicos para a produção de AQS e aquecimento ambiente não são muito usuais em Portugal, pelo menos comparando-os com os destinados unicamente à produção de AQS.

Do ponto de vista técnico, a implementação destas instalações não apresenta grandes dificuldades, havendo soluções do tipo “kit” disponíveis no mercado, com aplicação, sobretudo, no sector residencial e mais especificamente em moradias unifamiliares. O custo destas instalações é, contudo, significativamente mais elevado, uma vez que exige uma maior área de captação, um volume de acumulação maior e um sistema de controlo da instalação mais desenvolvido, sendo estas uma das principais razões que limitam o desenvolvimento destes sistemas. Acresce ainda o facto de, sendo a área de captação significativamente maior do que aquela que seria necessária unicamente para a produção de AQS, nos períodos fora do período de aquecimento (Inverno) haverá, normalmente, excesso de calor disponível, tendo este que ser dissipado por forma a preservar a integridade da instalação. Se existir uma piscina, o calor em excesso poderá ser para lá dissipado, havendo aqui a necessidade de intercalar um permutador de calor no circuito de recirculação da água da piscina. Caso contrário, poder-se-á instalar um dissipador de calor para o ar ambiente (exterior), o qual é normalmente constituído por uma bateria alhetada e por um ventilador. Esta solução será sempre de evitar, uma vez que “gastamos” energia (elétrica) para dissipar energia (calor). De referir ainda que, nestas situações, de instalações solares para produção de AQS e aquecimento ambiente, o campo de coletores deverá ser colocado mais “levantado”, por forma a maximizar a captação de energia solar no inverno, altura em que “o sol está mais baixo”. Em consequência, no período de verão, os coletores solares captarão menos energia, no entanto, a produção de AQS não ficará comprometida, uma vez que a área de coletores existente é superior à necessária para aquele efeito, podendo mesmo haver ainda a necessidade de dissipação de energia, conforme anteriormente referido.

Na figura seguinte encontra-se representado um esquema de princípio de uma instalação deste género. A energia captada pelos coletores solares (1) é acumulada num depósito de inércia (12), sendo posteriormente utilizada na produção de AQS através de um módulo instantâneo (13) e/ou no aquecimento ambiente, através de um sistema de distribuição de baixa temperatura, como por exemplo o pavimento radiante, ou de alta temperatura, como por exemplo radiadores a água (11). O sistema de apoio que se encontra representado na figura é uma caldeira (17), no entanto, poderemos ter outros tipos, nomeadamente bombas de calor ou mesmo uma resistência elétrica e mesmo mais de que um tipo de apoio em simultâneo, a carregar o depósito. Contudo, nestas situações, o controlo da instalação é crítico para o bom funcionamento da instalação, por forma a dar sempre prioridade à captação da energia solar. Esta pode ser uma tarefa complexa, pelo que, muitas vezes, instalar um segundo depósito de acumulação, dedicado somente aos sistemas de apoio, pode ser uma boa solução. Garante-se desta forma que a energia captada nos coletores solares é “descarregada” num depósito de acumulação próprio, exclusivo, sem interferência, portanto, do sistema de apoio. Ou seja, sempre que há disponibilidade de captar energia solar, ela é armazenada neste depósito, sendo posteriormente transferida para o depósito de apoio.

De referir que em termos do sistema de distribuição de energia (11), no caso do aquecimento ambiente, o pavimento radiante é a solução que melhor se adequa, uma vez que funciona a temperaturas mais consentâneas com as alcançadas com a instalação solar – a temperatura de impulsão de uma instalação de pavimento radiante é de cerca de 40 °C (máximo). Por outro lado, este nível de temperaturas é também adequado à utilização de uma bomba de calor para aquecimento de água, pelo que uma instalação que utilize este sistema de apoio com o aproveitamento de energia solar, pode ser uma boa solução para o aquecimento ambiente por pavimento radiante. No entanto, se utilizarmos a mesma instalação para produção de AQS e/ou para o aquecimento ambiente através de radiadores a água, como a temperatura necessária é mais elevada, o sistema de apoio do tipo bomba de calor (convencional), poderá não ser suficiente. Nestas situações, poderemos ter que recorrer a uma caldeira, ou a uma resistência elétrica (apesar desta ser pouco eficiente do ponto de vista energético).

Poderemos ainda recorrer a uma bomba de calor mas do tipo “alta temperatura”, com duplo ciclo de compressão, sendo neste caso possível atingir temperaturas na ordem dos 80 °C.



Cod	Designação	Cod	Designação
1	Colectores Solar	10	Circulador aquecimento Ambiente
2	Purgador automático	11	Aquecimento de alta temperatura
3	Válvula de 3 vias motorizada	12	Depósito de acumulação/inércia
4	Caudalímetro Solar	13	Módulo de produção instantânea de AQS
5	Bombas de Circulação	14	Grupo Contador de água Fria
6	Vaso de Expansão	15	Grupo de segurança
7	Controlador Solar	16	Bombas de Recirculação Caldeira
8	Dissipador	17	Caldeira do chão
9	Válvula de 3 vias motorizada	18	

Figura 22 – Esquema princípio de um sistema solar térmico para produção de AQS e aquecimento ambiente

### **3 Case Study – Hotel de três estrelas (existente)**

#### **3.1 Descrição geral do edifício**

Trata-se de um edifício de serviços, explorado como hotel com a categoria de três estrelas, localizado no interior de uma zona urbana do concelho de Évora. A localização insere-se na zona climática I1 V2 Sul, na região do Baixo Alentejo, encontrando-se o edifício a uma altitude de 232 m e a uma distância à costa marítima ocidental de, aproximadamente, 62 km. Em termos da sua exposição ao vento, o edifício enquadra-se no conceito regulamentar de “interior de uma zona urbana”.

As fachadas do edifício desenvolvem-se nas orientações Sudeste, Sudoeste, Noroeste e Nordeste, estando a entrada principal orientada a Sudeste. A Noroeste encontra-se em contacto, ao nível do rés do chão, com edifícios adjacentes.

O edifício é constituído por um total de quatro andares, sendo os espaços distribuídos da seguinte forma: o rés-do-chão é ocupado pelo átrio, receção, sala de pequenos almoços/bar, sala de estar, I.S. públicas (Masc. Fem. e IMC), cozinha, espaços de serviços (escritório, despensa, armazéns e circulação), quarto 101, 102 e 103 e circulação comum; no 1.º andar existem 10 quartos (201 a 210), circulações comuns e lavandaria; no 2.º andar existem 8 quartos (301 a 308) e circulações e; o 3.º andar e último, é ocupado pela central térmica.

Em resumo, o hotel é constituído por 21 quartos, sendo 9 simples, 11 duplos e um para IMCs, num total de 30 camas.

A área útil de pavimento correspondente aos espaços úteis do hotel é de 684,13 m<sup>2</sup>, incluindo-se aqui as zonas públicas (comuns), quartos, circulações, bar, sala de refeições e sala de estar e cozinha. Consideraram-se como espaços não úteis, os armazéns, localizados no rés do chão e a central térmica, localizada no último piso (3.º andar).

A climatização dos espaços é realizada utilizando como unidade produtora, um conjunto de cinco bombas de calor, do tipo *multisplit* MRV, uma servindo os espaços da sala de pequenos almoços/bar e sala de estar, ligada a 2 unidades interiores do tipo cassete de 4 vias, e as restantes cinco, servindo os quartos, ligadas a 21 unidades interiores do tipo mural. Existe igualmente uma instalação de aquecimento central, constituída por uma caldeira a gásóleo e por 50 radiadores a água, localizados nos espaços comuns e nos quartos (2 em cada quarto). Esta instalação encontra-se, no entanto, inativa.

A produção de água quente sanitária (AQS), é realizada através de uma caldeira a gásóleo.

### 3.2 Caracterização da ocupação

No presente trabalho fez-se a análise da ocupação mensal, em termos de quartos ocupados e de dormidas, no período 2012-2013, assim como a ocupação média nesse período.

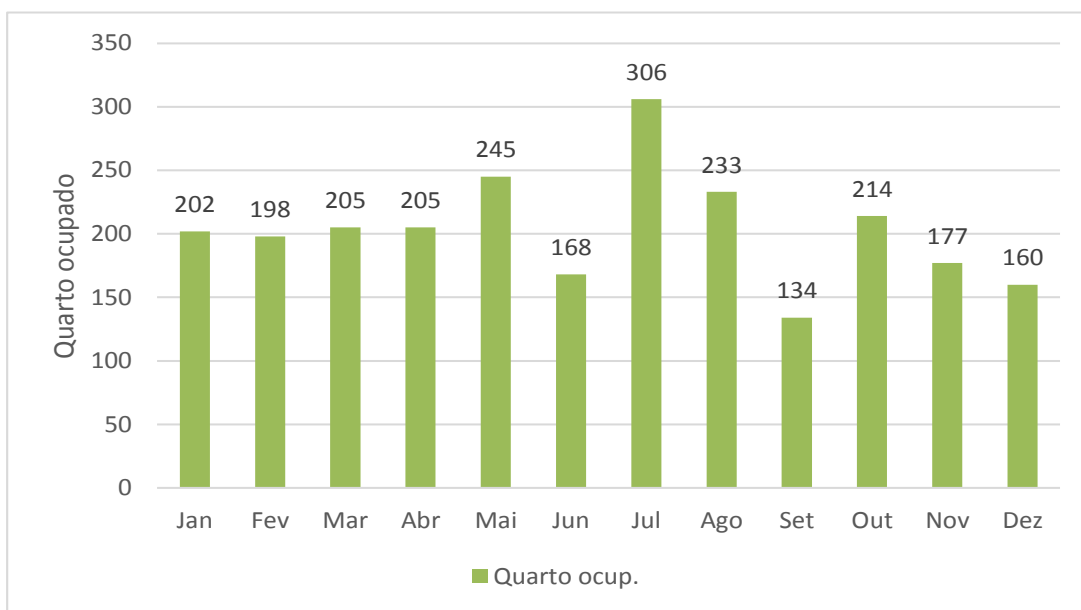


Figura 23 – Ocupação (quartos ocupados), ano de 2012.

Conforme acima se referiu, o hotel possui 21 quartos e 30 camas e apresentou no período daqueles dois anos taxas médias de ocupação que rondam os 30% por ano, valores que se podem considerar relativamente baixos. O valor mais alto de ocupação registou-se em Agosto de 2012, com a média de 10 quartos ocupados por dia, ou seja, cerca de 50%.

### 3.3 Caracterização dos consumos energéticos

#### 3.3.1 Consumo de energia final

O hotel utiliza, como fontes de energia final, a eletricidade e o gasóleo. No entanto apenas se apresentam os consumos de energia elétrica, para os anos de 2012 e 2013, em virtude de não existirem registos de consumo de gasóleo separados por utilizador, para a produção de água quente sanitária e no aquecimento ambiente através dos radiadores.

Os consumos reais de energia do hotel foram obtidos através da análise das faturas de eletricidade para aqueles dois anos, apresentando-se no gráfico da figura seguinte a distribuição mensal.

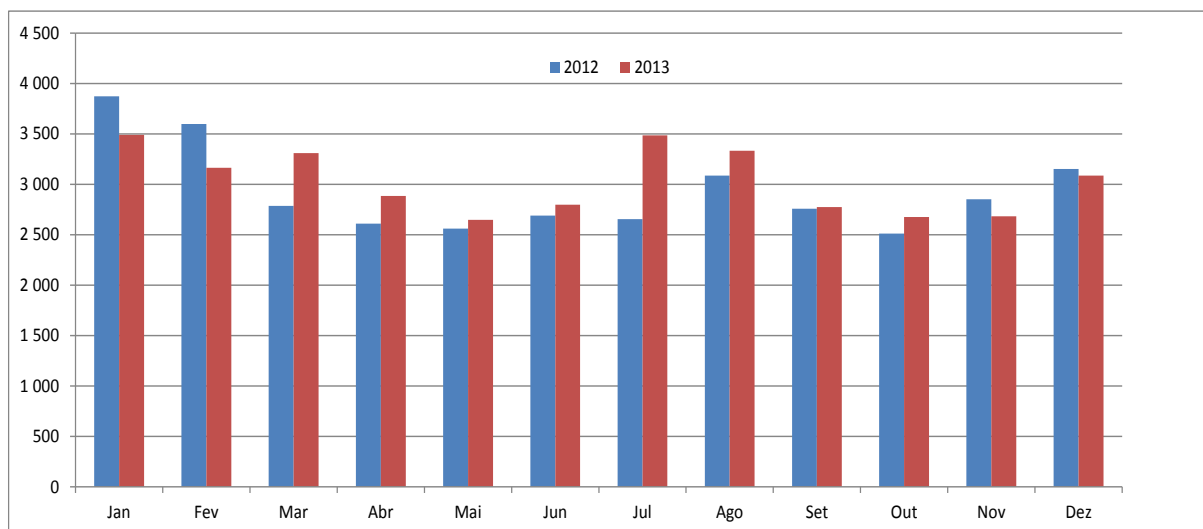


Figura 24 – Distribuição mensal do consumo de energia, anos de 2012 e 2013.

De referir que na análise das faturas realizada, visto que na generalidade das situações o período de faturação não se encontra compreendido entre o primeiro e o último dia de cada mês, fez-se uma correção dos valores dos consumos, imputando-se esses valores a cada mês de uma forma proporcional, função do respetivo número de dias e do número total de dias do período de faturação. Procurou-se assim refletir de uma forma mais adequada a variação mensal dos consumos de energia.

O valor global do consumo de energia registado naqueles dois anos apresenta uma pequena variação tal como se pode verificar: 35131,0 kWh em 2012 e 36327,7 kWh em 2013. Até os valores mensais dos consumos registados não apresentam variações significativas.

### 3.3.2 Consumo específico de energia final

Outra forma de apresentar os consumos é através do consumo específico, tal como se faz para o ano de 2012, no gráfico da figura seguinte, onde se representam simultaneamente a ocupação mensal e o consumo específico mensal de energia elétrica, em kWh/m<sup>2</sup>.

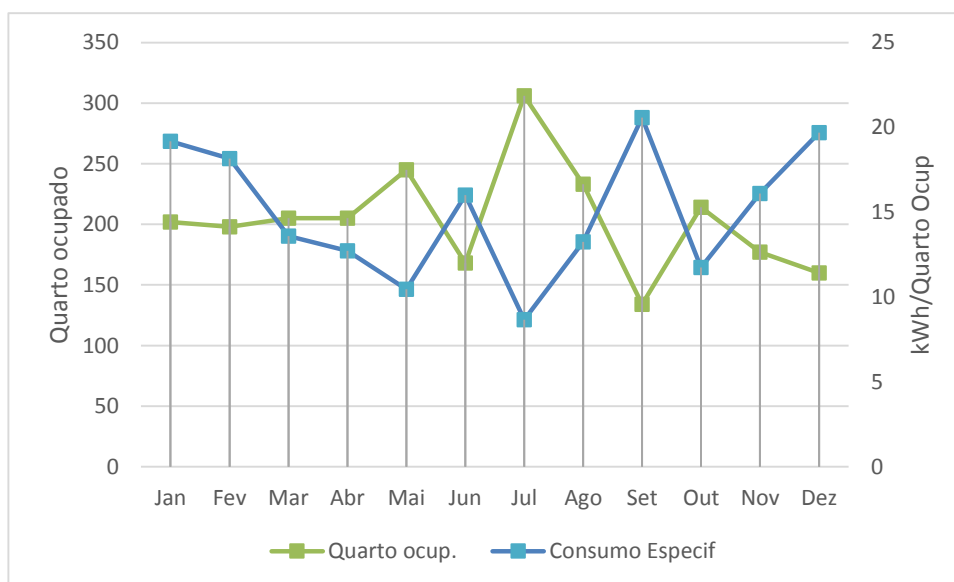


Figura 25 – Distribuição mensal dos quartos ocupados e do consumo específico de energia elétrica, ano de 2012.

Da análise do gráfico retiram-se algumas conclusões óbvias, havendo, para além delas, outras, impossíveis de se obter apenas com estas duas variáveis. O valor de CE nos meses de Janeiro a Abril mostra-nos uma dessas conclusões intuitivas: ao decréscimo do número de ocupantes corresponde também o do consumo de eletricidade, mantendo-se o valor de CE praticamente constante em cerca de 15 kWh/Quarto.ocup.

Se o consumo dependesse apenas da ocupação aquele indicador teria um valor constante, mas como o clima certamente também exercerá a sua influência isso reflete-se na variabilidade observada, tal como o comportamento dos hóspedes no que respeita à utilização da energia, seja o aquecimento, o arrefecimento, ou a iluminação.

### **3.4 Sistemas de climatização**

#### **3.4.1 Sistemas do tipo bomba de calor**

O hotel dispõe de seis sistemas de climatização do tipo bomba de calor “ar-ar”, sendo os cinco que servem as zonas dos quartos, do tipo “*multi-split*” seguindo uma classificação para a sua forma construtiva. O outro é um “*twin*”, de acordo com esta classificação. Todos utilizam ainda o R22 como fluido frigorigéneo.

Os sistemas que servem os quartos dispõem de quatro unidades interiores, excepto um que dispõe de cinco, encontrando-se assim instaladas 21 unidades interiores, todas do tipo mural, como é identificável através das fotografias constantes deste relatório e também do próprio Certificado. As duas unidades do sistema “*twin*” são do tipo “cassete” de quatro vias, encontrando-se instaladas no tecto falso do *hall* e no da sala/sala de pequenos-almoços.

As unidades interiores destes sistemas funcionam com controlo individual, o que dá garantias de alcançar conforto térmico sem consumo excessivo de energia; são a “dois tubos”, de acordo com outra classificação, o que significa que todas as que se encontrem ligadas à mesma unidade exterior, fazem aquecimento, ou arrefecimento, em simultâneo, não sendo possível umas fazerem aquecimento e outras arrefecimento.

As unidades interiores do tipo mural destes sistemas não funcionam, em geral, com ar novo, apenas recirculam o ar dos espaços e controlam a sua temperatura. Já as “cassetes” de quatro vias poderão receber uma percentagem do ar tomado diretamente do exterior, embora neste caso não o façam. Por isso, em todos os espaços do hotel, a ventilação é apenas a que se deve às infiltrações, feitas naturalmente, ou, em alguns deles, como nas instalações sanitárias de quartos, auxiliada por pequenos ventiladores de extração, quando a iluminação desses espaços for ligada.

As características desses sistemas de climatização encontram-se na tabela seguinte.

Tabela 4 – Características dos sistemas de climatização (marca HAIER).

SISTEMA	MODELO	POTÊNCIA TERMICA	POTÊNCIA ABSORVIDA	EER	POTÊNCIA TERMICA	POTÊNCIA ABSORVIDA	COP
		[kW]			[kW]		
UE1	AU422FIAHA	12.31	5.00	2.46	13.19	7.10	1.86
UE2	AU242FHAHA	7.03	3.10	2.27	8.21	3.10	2.65
UE3	AU242FHAHA	7.03	3.10	2.27	8.21	3.10	2.65
UE4	AU242FHAHA	7.03	3.10	2.27	8.21	3.10	2.65
UE5	AU242FHAHA	7.03	3.10	2.27	8.21	3.10	2.65
UE6	AU242FHAHA	7.03	3.10	2.27	8.21	3.10	2.65

Todos os sistemas são da marca HAIER e foram instalados em 2007, no período de construção do hotel.

### 3.4.2 Sistema de aquecimento central

O hotel dispõe também de um sistema de aquecimento central, constituído por uma caldeira a gasóleo, com queimador pressurizado, e um conjunto de radiadores, cada um como o seu controlo através de válvula termostática, instalada no circuito de entrada de cada um deles.

Não se dispôs de qualquer esquema de montagem da instalação, desconhecendo-se em virtude disso quantos circuitos hidráulicos existem. A única evidência é a de que se trata de circuitos – pelo menos um – a dois tubos. No entanto como só existe uma bomba de circulação é muito provável que apenas exista um único circuito, podendo haver depois a possibilidade de, por meio de válvulas de seccionamento, haver divisão por piso, ou outras, embora não se tenha encontrado nenhuma evidência disso.

As características da caldeira apresentam-se na tabela a seguir.

Tabela 5 – Caldeira da instalação de aquecimento central.

Marca	Roca
Modelo	CPA 70
Número de série	160152879
Ano de fabricação	2005
Combustível	Gasóleo
Queimador	Pressurizado
Potência térmica nominal	81,4 kW
Rendimento útil <sup>(1)</sup> a carga 100%	91,1 %
Rendimento útil <sup>(1)</sup> a carga 30%	92,0 %

<sup>(1)</sup> Temperatura média da água de 70°C a 100% e de 50°C a 30%.

Encontram-se instalados 49 radiadores em alumínio injetado, de cor branca, da marca BAXIROCA, do modelo JET 70, cujas características são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 6 – Dimensões e características técnicas radiadores [32]

Modelos	Cotas em mm			Capacidade de água l	Peso aprox. kg	Por elemento em Kcal/h		Expoente "n" da curva característica
	A	B	C			(1)	(2)	
<b>JET 60</b>	570	500	97	0,44	1,45	147	108,9	1,328
<b>JET 70</b>	670	600	97	0,52	1,76	172	125,6	1,321
<b>JET 80</b>	770	700	97	0,60	1,99	187	142,2	1,342

(1) Emissão calorífica em kcal/h conforme a UNE 9-015-86 para  $\Delta T = 60^{\circ}\text{C}$

(2) Emissão calorífica em kcal/h conforme a UNE EN-442 para  $\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$

$\Delta T = (T_{\text{media radiador}} - T_{\text{ambiente}})$  em  $^{\circ}\text{C}$

Expoente "n" da curva característica segundo UNE EN-442



Figura 26 – Dimensão do radiador alumínio radiadores [32]

Tabela 7 – Dimensões e características dos radiadores.

Local	N-º elementos do radiador						
	3	5	6	7	8	9	10
	Número de radiadores						
Quarto 101 + IS	1					1	
Quarto 102 + IS	1					1	
Quarto 103 + IS	1					1	
Circulação R/C (zona quartos)			1				
Átrio + Receção							1
Sala de estar							2
Quarto 201 + IS	1					1	
Quarto 202 + IS	1					1	
Quarto 203 + IS	1		1				
Quarto 204 + IS	1		1				
Quarto 205 + IS	1		1				
Quarto 206 + IS	1		1				
Quarto 207 + IS	1		1				
Quarto 208 + IS	1					1	
Quarto 209 + IS	1		1				
Quarto 210 + IS	1		1				
Circulação 1.º andar				2			
Quarto 301 + IS	1					1	
Quarto 302 + IS	1					1	
Quarto 303 + IS	1					1	
Quarto 304 + IS	1					1	
Quarto 305 + IS	1		1				
Quarto 306 + IS	1		1				
Quarto 307 + IS	1		1				
Quarto 308 + IS	1		1				
Circulação 2.º andar					1		
	21		12	2	1	10	3

Em resumo, o número total de elementos instalados é de 277.

Nas figuras e tabelas seguintes, apresentam-se a localização dos radiadores e os valores das potências, em cada um dos pisos do hotel.

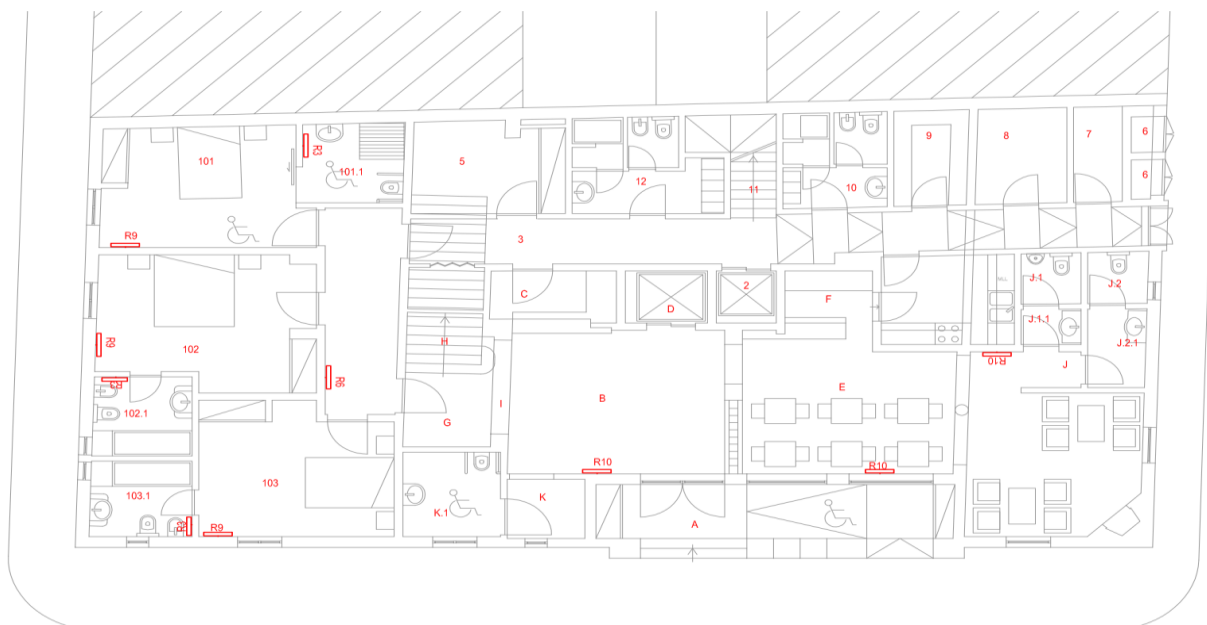


Figura 27 – Planta de Rés-do-Chão

Tabela 8 – dimensionamento planta de rés-do-chão

**Rés do chão (Piso 0)**

ID	N. do Quarto	N.º de Elementos	Potência térmica (kcal/h)	Potência térmica (W)	Caudal de água (kg/s)
			172,0 kcal/h/elemento	1,16 W/(kcal/h)	
1	Quarto deficiente 101	9	1548	1799	0,043
2	I.S deficiente 101.1	3	516	600	0,014
3	Quarto duplo 102	9	1548	1799	0,043
4	I.S 102.1	3	516	600	0,014
5	Quarto duplo 103	9	1548	1799	0,043
6	I.S 103.1	3	516	600	0,014
7	Átrio B	10	1720	1999	0,048
8	Sala estar / peq. Almoço E	10	1720	1999	0,048
9	Sala estar / peq. Almoço E	10	1720	1999	0,048
10	hall G	6	1032	1199	0,029
<b>Potência Total</b>			<b>12384</b>	<b>14393</b>	<b>0,344</b>

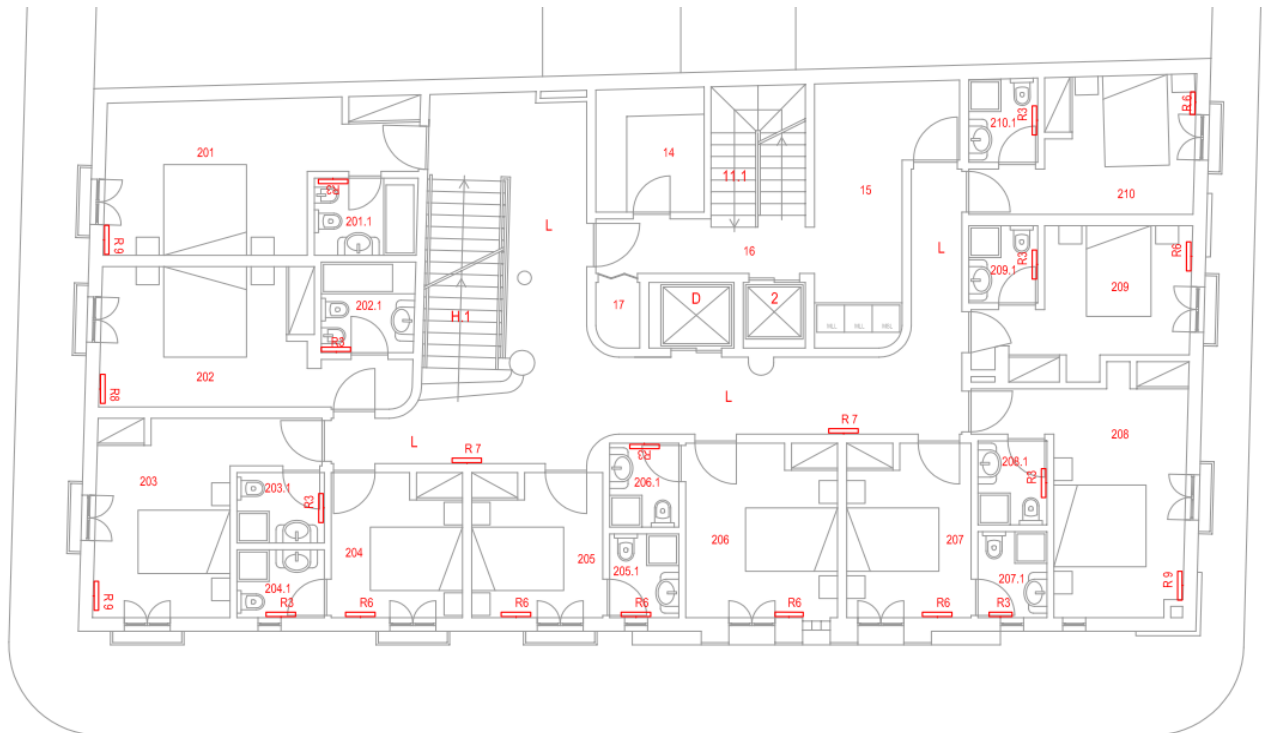


Figura 28 – Planta do piso 1

Tabela 9 – dimensionamento planta do piso 1

1.º andar (Piso 1)

ID	N. do Quarto	N.º de Elementos	Potência térmica (kcal/h) 172,0 kcal/h/elemento	Potência térmica (W) 1,16 W/(kcal/h)	Caudal de água (kg/s)
1	Quarto duplo 201	9	1548	1799	0,043
2	I.S 201.1	3	516	600	0,014
3	Quarto duplo 202	9	1548	1799	0,043
4	I.S 202.1	3	516	600	0,014
5	Quarto simples 203	6	1032	1199	0,029
6	I.S 203.1	3	516	600	0,014
7	Quarto simples 204	6	1032	1199	0,029
8	I.S 204.1	3	516	600	0,014
9	Quarto simples 205	6	1032	1199	0,029
10	I.S 205.1	3	516	600	0,014
11	Quarto simples 206	6	1032	1199	0,029
12	I.S 206.1	3	516	600	0,014
13	Quarto simples 207	6	1032	1199	0,029
14	I.S 207.1	3	516	600	0,014
15	Quarto duplo 208	9	1548	1799	0,043
16	I.S 208.1	3	516	600	0,014
17	Quarto simples 209	6	1032	1199	0,029
18	I.S 209.1	3	516	600	0,014
19	Quarto simples 210	6	1032	1199	0,029
20	I.S 210.1	3	516	600	0,014
21	Circulação L	7	1204	1399	0,033
22	Circulação L	7	1204	1399	0,033
	<b>Potência Total</b>		<b>19436</b>	<b>22589</b>	<b>0,540</b>



Figura 29 – Planta do piso 2

Tabela 10 – dimensionamento planta do piso 2

**2.º andar (Piso 2)**

ID	Nú. do Quarto	N.º de Elementos	Potência térmica (kcal/h)	Potência térmica (W)	Caudal de água (kg/s)
			172,0 kcal/h/elemento	1,16 W/(kcal/h)	
1	Quarto duplo 301	9	1548	1799	0,043
2	I.S 301.1	3	516	600	0,014
3	Quarto duplo 302	9	1548	1799	0,043
4	I.S 302.1	3	516	600	0,014
5	Quarto duplo 303	9	1548	1799	0,043
6	I.S 303.1	3	516	600	0,014
7	Quarto duplo 304	9	1548	1799	0,043
8	I.S 304.1	3	516	600	0,014
9	Quarto simples 305	6	1032	1199	0,029
10	I.S 305.1	3	516	600	0,014
11	Quarto simples 306	6	1032	1199	0,029
12	I.S 306.1	3	516	600	0,014
13	Quarto simples 307	6	1032	1199	0,029
14	I.S 307.1	3	516	600	0,014
15	Quarto simples 308	6	1032	1199	0,029
16	I.S 308.1	3	516	600	0,014
17	Circulação M	8	1376	1599	0,038
<b>Potência Total</b>			<b>15824</b>	<b>18391</b>	<b>0,439</b>

Tabela 11 – Potência total instalada

Rés do Chão + 1.º andar + 2.º andar		Caudal de água (kg/s)
Potência térmica (kcal/h)	Potência térmica (W)	
47644	55373	1,322

### 3.5 Sistemas de produção de AQS

A produção de AQS é garantida através de uma caldeira a gásóleo cujas características se apresentam na tabela seguinte:

Tabela 12 – Caldeira de produção de AQS.

Marca	DOMUSA
Modelo	SIRENA Cal-FD 98-30
Número de série	
Ano de fabricação	
Combustível	Gasóleo
Potência térmica útil	27,5 kW
Rendimento térmico útil à potência nominal	94,8%

A caldeira encontra-se ligada a um depósito de acumulação de AQS, com volume estimado de 800 litros, equipado com serpentina interna. A temperatura de produção de AQS é de 60 °C, sendo esta distribuída pelos espaços do hotel (quartos, instalações sanitárias, balneários, cozinha e lavandaria), através de uma rede em anel.

## **4 Parâmetros de dimensionamento da instalação**

### **4.1 Introdução**

Neste capítulo pretende-se fazer o dimensionamento de uma instalação solar a qual deverá garantir, em grande parte, a satisfação das necessidades de AQS do hotel. No entanto, considerando a sua localização, numa região com valores significativos de radiação solar ( $\approx 1700 \text{ kWh/m}^2 \text{ ano}$ ) e de insolação ( $\approx 3000 \text{ horas ano}$ ), a instalação solar deverá também integrar a possibilidade de fazer o aquecimento ambiente.

O projeto da instalação solar para a produção de AQS e para aquecimento ambiente, insere-se na remodelação que se pretende realizar nas instalações térmicas do hotel, sendo esta uma solução que constituirá uma contribuição não inestimável, conforme mais adiante se mostrará, para a redução das necessidades energéticas do hotel.

A instalação será erigida no hotel, ficando os coletores solares na cobertura da central térmica, no último piso, e o depósito de acumulação no seu interior.

O projeto é constituído pelas seguintes peças:

- **Memória Descritiva;**
- **Caderno de Encargos**, com as Condições Técnicas Gerais e as Condições Técnicas Especiais para a administração da empreitada destas instalações;
- Peças Desenhadas;
- Medições e Orçamento.

**Nota:** *apesar desta ser a estrutura convencional de um projeto de execução, sendo este trabalho realizado no âmbito académico, a sua estrutura poderá afastar-se daquela, assim como o seu conteúdo.*

As linhas gerais, para a execução do projeto foram as seguintes:

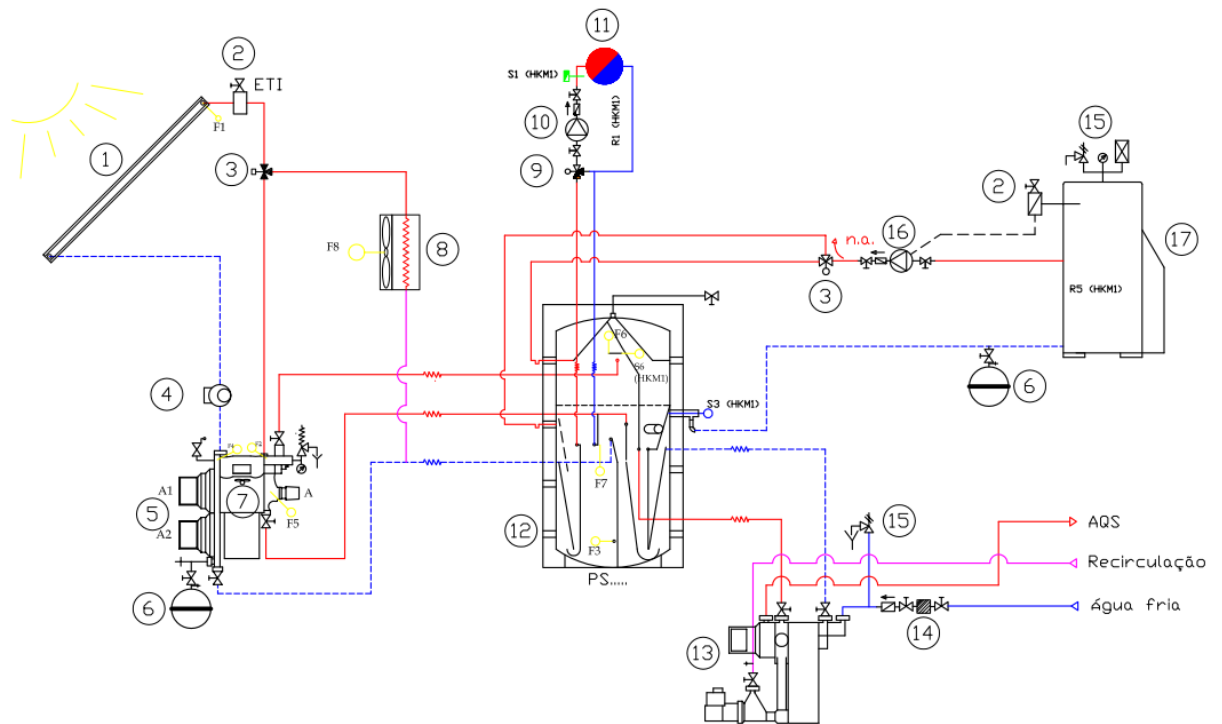
- consumos de AQS registados, em média ao longo dos últimos anos;

- estabelecimento de um perfil médio diário de consumo elaborado a partir de medições registadas, em contínuo, durante uma semana;
- disponibilidade das caldeiras existentes na central térmica, como fonte de calor complementar da energia solar durante os períodos em que esta não for suficiente.

## **4.2 Esquema de princípio da instalação**

Utilizou-se para esquema de princípio da instalação solar que servirá de base ao presente estudo, o esquema apresentado anteriormente, na Figura 22, a qual aqui se repete para facilidade de leitura e interpretação. Trata-se, conforme então se referiu, de uma instalação em a energia captada pelos coletores solares (1) é acumulada num depósito de inércia (12), sendo posteriormente utilizada na produção de AQS através de um módulo instantâneo (13) e/ou no aquecimento ambiente, através, neste caso, de um sistema de distribuição de alta temperatura, a radiadores a água (11). O sistema de apoio é uma caldeira (17), já existente e que se pretende aproveitar no âmbito da remodelação que se pretende realizar. Optou-se por considerar a existência de um dissipador de calor, o qual só entrará em funcionamento em situações em que haja o risco de sobreaquecimento da instalação, o que poderá ocorrer em períodos de elevada irradiação e de baixos consumos (quer para produção de AQS, quer para o aquecimento ambiente).

Pretende-se assim, com esta instalação, que seja feito o aproveitamento de energia solar captada nos coletores, e que esta seja utilizada quer na produção de AQS, quer no aquecimento ambiente, minimizando tanto quanto possível as necessidades de energia de origem fóssil, em particular, neste caso, do gásóleo. O sistema de apoio, conforme já se referiu, será a caldeira a gásóleo existente, e terá que manter a temperatura no depósito a um nível suficiente para poder garantir a produção instantânea de AQS e o aquecimento ambiente.



Cod	Designação	Cod	Designação
1	Colectores Solar	10	Circulador aquecimento Ambiente
2	Purgador automático	11	Aquecimento de alta temperatura
3	Válvula de 3 vias motorizada	12	Depósito de acumulação/inércia
4	Caudalímetro Solar	13	Módulo de produção instantânea de AQS
5	Bombas de Circulação	14	Grupo Contador de água Fria
6	Vaso de Expansão	15	Grupo de segurança
7	Controlador Salor	16	Bombas de Recirculação Caldeira
8	Dissipador	17	Caldeira de chão
9	Válvula de 3 vias motorizada	18	

Figura 30 – Esquema princípio de instalação

### **4.3 Necessidades de AQS**

O hotel em estudo tem unicamente consumos de AQS nos quartos, instalações sanitárias comuns, balneários do pessoal, lavandaria e cozinha, sendo importante referir que esta serve unicamente pequenos almoços.

As necessidades de AQS podem ser determinadas com base em dados recolhidos do consumo de AQS e da ocupação, verificados num período suficientemente alargado e, calculado o respetivo valor médio específico (litros/ocupação), com base nas projeções de ocupação, pode estimar-se o valor daquelas necessidades. Contudo, esta abordagem nem sempre é possível, por falta da recolha de valores de consumos de AQS, sobretudo, neste caso particular, em unidades hoteleiras existentes e de pequena dimensão.

A alternativa é, assim, utilizar dados de referência para os consumos, em função do tipo de hotel (p.ex. praia ou montanha) e da respetiva categoria, e dados (médios) de ocupação registados, para um período suficientemente alargado, por exemplo, de 3 anos. No caso do presente estudo, só foi possível obter os dados de ocupação em termos do número de quartos ocupados e não em dormidas, como seria preferível, estando disponível somente o ano de 2012. Poder-se-ia procurar, desta forma, estimar o consumo de AQS com base no número de quartos ocupados e num consumo específico de referência (litros por quarto), no entanto, optou-se por não o fazer, uma vez a relação entre o número de quartos ocupados e o n.º de dormidas é muito variável, situando-se o valor, na maioria das situações, entre 1 e 2 – por exemplo, num hotel de praia/férias o valor estará mais perto de 2 e num hotel de negócios, o valor situar-se-á mais próximo de 1.

Face ao exposto, para o cálculo da estimativa das necessidades de AQS, decidiu-se considerar os valores da taxa média mensal de ocupação na região do Alentejo, em camas/dormidas [33] e um consumo específico diário de 75 litros por dormida, ou cama, à temperatura de 60 °C [34], valor de referência para um hotel de 3 estrelas.

Na figura seguinte apresenta-se as evoluções (paralelas) da taxa de ocupação e das necessidades estimadas de AQS para o hotel em estudo.

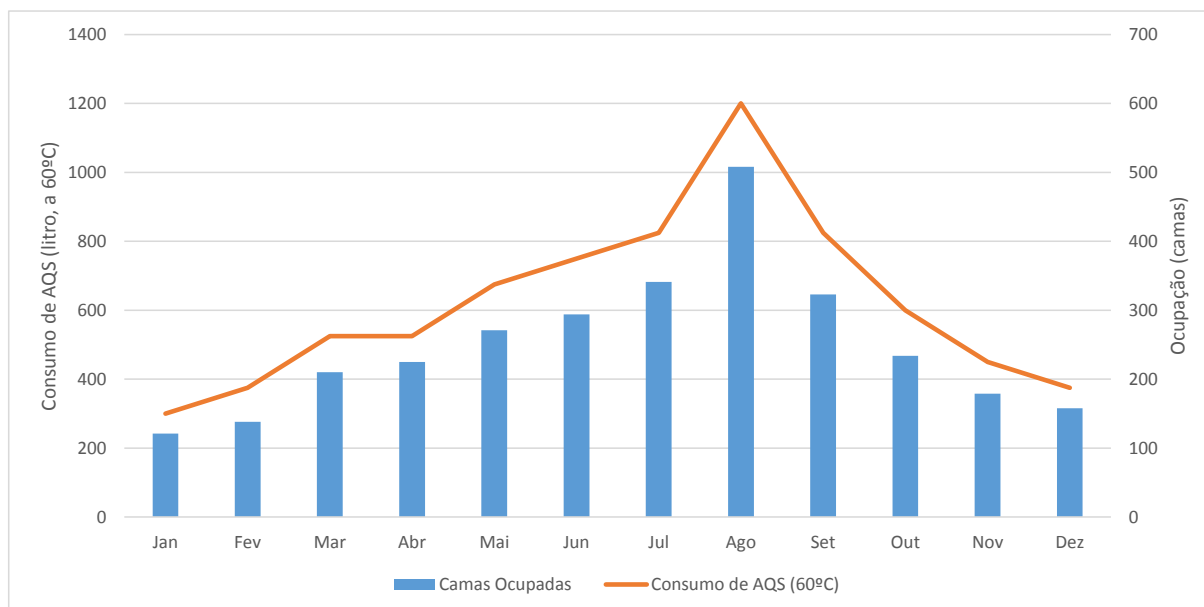


Figura 31 – Perfis anual de consumo de AQS e da taxa de ocupação

Para o dimensionamento da instalação solar é fundamental saber-se a evolução do consumo horário de AQS. A capacidade do depósito de acumulação da instalação solar é, por exemplo, é influenciada pela forma como ocorrem os consumos de AQS ao longo do dia – se o consumo de AQS se concentrar ao final do dia, o depósito de acumulação tem que ter a capacidade suficiente para satisfazer este consumo, no entanto, se os consumos se distribuírem ao longo do dia, a capacidade de acumulação poderá (ou devera) ser inferior.

Uma vez que não existem registos de consumos de AQS, teve que assumir-se um perfil diário (v. figura seguinte), o qual é caracterizado por um consumo residual durante a noite (entre 22:00 e as 05:00) e por dois picos, um ao início da manhã e outro ao final da tarde.

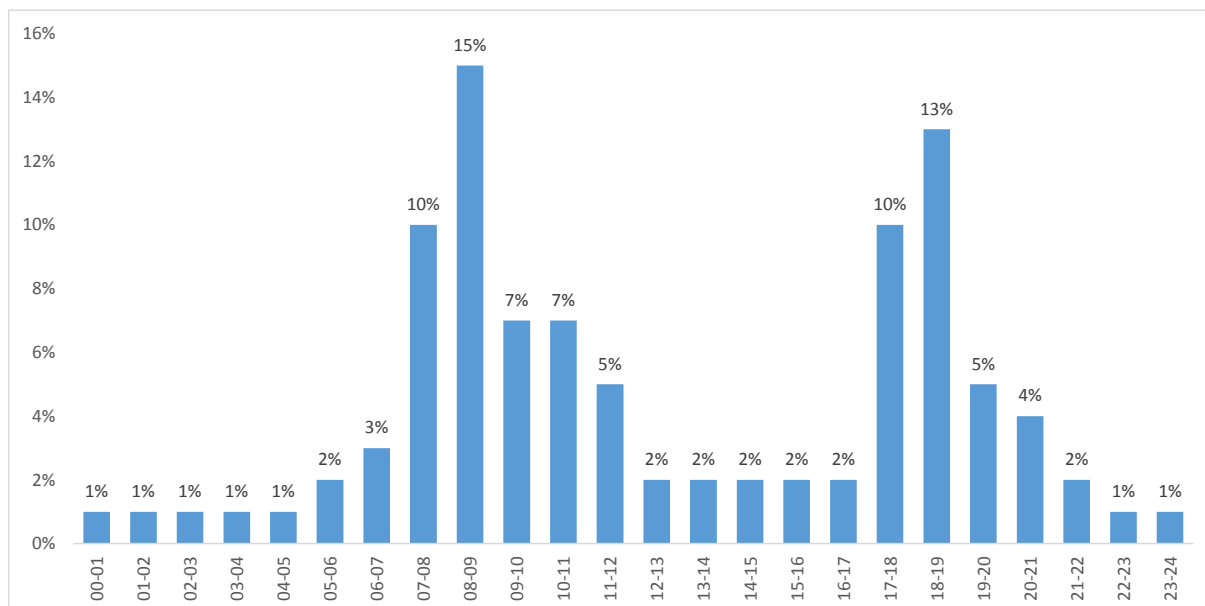


Figura 32 – Perfil diário de consumo de AQS, em percentagem.

Face aos valores dos gráficos estabeleceram-se os valores médios diários de consumo, para cada mês, que se apresentam na tabela seguinte:

Tabela 13 – Consumos médios diário, em cada mês, de AQS [dm<sup>3</sup>]

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
300	375	525	525	675	750	825	1200	825	600	450	375

#### 4.4 Caudais de ponta

O dimensionamento das tubagens e dos permutadores de calor de produção de AQS, exige o conhecimento dos caudais de ponta, os quais foram obtidos a partir da seguinte expressão:

$$Q_c \cong 0,5226 Q_a^{0,5364} \quad (\text{eq. 8})$$

em que,

$Q_c$  é o caudal calculado, em l/s

$Q_a$  é o caudal acumulado, em l/s.

A expressão anterior, cuja curva se apresenta na figura seguinte, tem em consideração os coeficientes de simultaneidade e permite a obtenção direta dos caudais de cálculo a partir do caudal acumulado (somatório dos caudais instantâneos atribuídos aos diferentes dispositivos de utilização – ver tabela seguinte), sendo válida para  $3,5 < Q_a \leq 25$ .

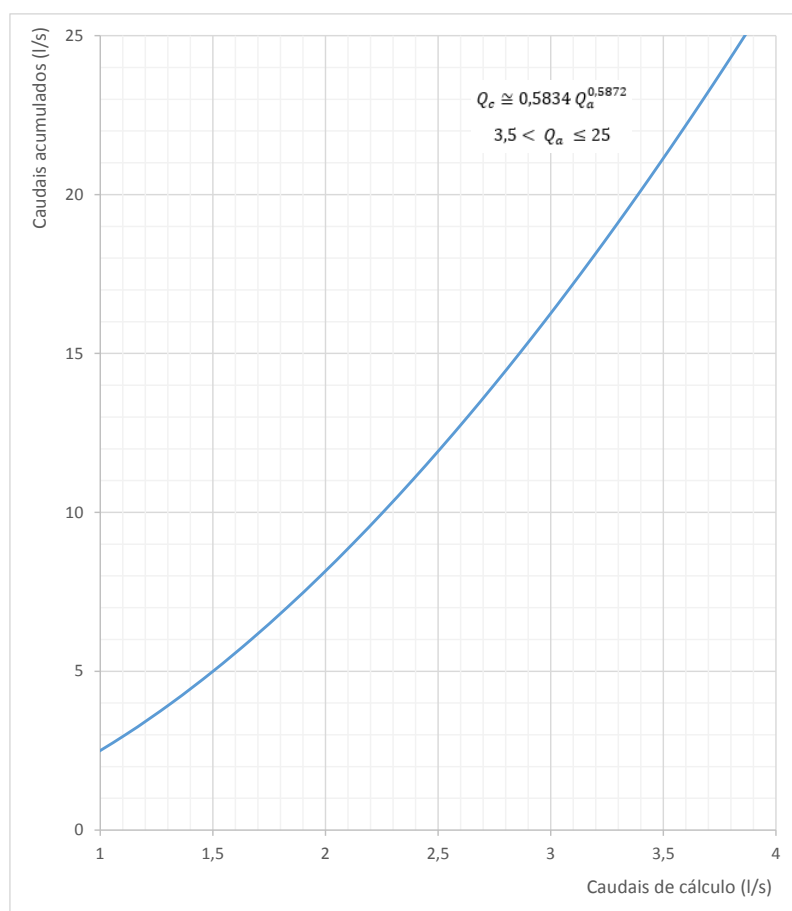


Figura 33 – Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto elevado) [35]

Tabela 14 – Caudais instantâneos por dispositivo de utilização [35]

Dispositivo de utilização	Caudais mínimos (l/s)
Lavatório individual	0,10
Lavatório Coletivo (por bica)	0,05
Bidé	0,10
Banheira	0,25
Chuveiro individual	0,15
Pia de despejos com torneira de D15mm	0,15
Autoclismo de bacia de retrete	0,10
Urinol com torneira individual	0,15
Lava-louça	0,20
Bebedouro	0,10
Máquina de lavar louça	0,15
Máquina de lavar roupa	0,20
Tanque de lavar roupa	0,20
Bacia de retrete com fluxómetro	1,50
Urinol com fluxómetro	0,50
Boca de rega ou lavagem de Ø15mm	0,30
Esquentador	1,20
Boca de rega ou lavagem de Ø20mm	0,45

Foi feito um levantamento de todos os dispositivos utilizadores de água quente existentes no hotel, o qual é apresentado na tabela seguinte:

Tabela 15 – Dispositivos de utilização de AQS existentes no hotel

Dispositivo de utilização	Caudais mínimos (l/s)	Quantidade
Lavatório individual	0,10	26
Bidé	0,10	22
Banheira	0,25	10
Chuveiro individual	0,15	13
Lava-louça	0,20	1
Máquina de lavar roupa	0,20	3

O caudal de AQS acumulado ( $Q_a$ ) é, assim, de 10,05 l/s, pelo que, o caudal instantâneo ( $Q_c$ ) a considerar nos cálculos, determinado com base na equação anterior, é de 2,26 l/s.

#### 4.5 Instalação de produção

As necessidades de energia para a produção de AQS e para o aquecimento ambiente deverão ser garantidas pela instalação que se pretende dimensionar no presente estudo. A instalação será baseada em coletores solares térmicos, num sistema de apoio, o qual deverá, por si só, garantir as necessidades de energia e num sistema de acumulação de energia (depósito de acumulação). A energia acumulada será utilizada para a produção de AQS, através de módulo(s) de produção instantânea e no aquecimento ambiente, através dos radiadores existentes que se encontram distribuídos pelos diferentes espaços a climatizar (quartos, WCs e zonas públicas).

Será utilizado como sistema de apoio à instalação solar, uma das caldeiras existentes, sendo no entanto necessário verificar se a sua potência é, ou não, suficiente.

Apesar da caldeira “trabalhar” para o depósito de acumulação, ligado ao sistema solar térmico, a sua potência deverá ser suficiente para garantir as necessidades de energia do edifício, quer para a produção de AQS, quer para o aquecimento ambiente. Em situações de

fraca, ou de nenhuma, disponibilidade de energia solar, ou mesmo em situações de elevadas exigências (de AQS e/ou de aquecimento), a caldeira tem que ter a capacidade de suprir as necessidades.

Numa nova instalação, a potência do equipamento de apoio é determinada tendo em consideração a capacidade de acumulação do depósito (água quente) a que aquele se encontra associado. Esta solução, depósito de acumulação + caldeira, permite reduzir significativamente a potência desta, comparativamente à situação “só caldeira”. Por outro lado, a existência de um depósito de acumulação permite reduzir, também significativamente, o número de arranques/paragens da caldeira, salvaguardando o seu funcionamento.

O sistema de acumulação deverá, assim, ser dimensionado de forma a que a sua capacidade possibilite satisfazer as necessidades “de ponta” previsíveis. Por outro lado, a sua potência de produção será de molde a assegurar as necessidades fora das “horas de ponta”, bem como a reposição do volume de armazenamento nesses mesmos períodos. Considerando somente a satisfação das necessidades de AQS, excluindo, portanto, as necessidades de aquecimento ambiente, a potência de produção e o volume de acumulação necessários deverão ser tais que possibilitem a igualdade na expressão seguinte, [35]:

$$P = \frac{c \cdot (T_f - T_{amin}) \cdot (V_h - V_a)}{\Delta t} \quad (\text{eq. 9})$$

em que:

P – potência de produção (W);

C – calor específico da água (1,16 Wh/kg.°C);

T<sub>f</sub> – temperatura da água à saída do sistema (°C);

T<sub>amin</sub> – temperatura mínima da água no reservatório de acumulação (°C);

V<sub>h</sub> – volume retirado numa hora (l)

V<sub>a</sub> – volume armazenado (l);

Δt – intervalo de tempo de consumo máximo (h).

O valor correspondente ao volume consumido numa hora poderá ser obtido através da seguinte expressão, [35]:

$$V_h = 0,75 V_{dmed} \quad (\text{eq. 10})$$

onde V<sub>dmed</sub> é o volume médio de água consumida num dia.

A análise no âmbito do presente estudo torna-se mais complicada, dado a instalação se destinar a satisfazer, simultaneamente, as necessidades de produção de AQS e aquecimento ambiente. Esta dificuldade é acrescida pelo facto da energia necessária para aqueles fins ser retirada do mesmo depósito.

Convém ter presente que, apesar de se pretender estas duas valências, na generalidade das situações, as instalações solares térmicas são concebidas unicamente para a produção de AQS. Neste caso, no entanto, pretende-se complementá-la com a possibilidade de aproveitar a

energia solar para o aquecimento ambiente, sobretudo em períodos de baixa ocupação e com boa disponibilidade do recurso solar. Na realidade, conforme se pode constatar pelas evoluções da ocupação do hotel, assim como da evolução média da ocupação na região, (dados já apresentados anteriormente), no período correspondente às estações de outono e de inverno, as ocupações são, em geral, muito baixas. Por outro lado, durante estes períodos é muito frequente existirem dias com “céu limpo”, pelo que se poderá, nestas circunstâncias, (com menos espaços a aquecer e, em consequência, menor exigência em termos de potência térmica), fazer o aproveitamento da energia solar disponível para o aquecimento ambiente.

Convém também referir que o hotel, para além do sistema de aquecimento de radiadores de água quente, possui bombas de calor do tipo *multi-split*, com unidades interiores instaladas em todos os espaços ocupados por clientes, com exceção das instalações sanitárias e das circulações comuns. Sendo este sistema mais eficiente do ponto de vista energético, e com menores custos de funcionamento, (pelo menos se não considerarmos o contributo solar), será expectável que o sistema de aquecimento através de radiadores seja pouco utilizado.

Em resumo, o dimensionamento da instalação solar será realizado tendo em consideração, somente, as necessidades de AQS. No entanto, o sistema de apoio terá que garantir, para além, do apoio à produção de AQS, as necessidades de aquecimento ambiente.

#### **4.6 Instalação solar**

O dimensionamento da instalação solar será realizado com base no *software* SOLTERM, versão 5.1. Trata-se de um programa de análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, especialmente ajustado às condições climáticas de Portugal. A análise de desempenho é feita através da simulação energética sob condições *quasi*-estacionárias, sendo simulados os balanços energéticos no sistema em intervalos curtos (5 minutos), durante os quais se considera constante o estado do ambiente e o do sistema. Nestas simulações são usadas informações sobre:

- configuração / dimensionamento do sistema
- estratégias de controlo e operação
- radiação solar horizontal e temperatura ambiente em base horária
- obstruções, sombreamentos, albedo das redondezas, turbidez da atmosfera
- características técnicas dos componentes (coletores, armazenamento, etc.)
- consumo (ou “carga”) do sistema em base horária média mensal

A partir dos resultados das simulações de um sistema é possível obter o seu pré-dimensionamento, sendo fornecidas no programa algumas ferramentas de otimização automática sob vários critérios energéticos. O programa disponibiliza também análise económica e análise de benefícios energéticos/ambientais, designadamente do uso evitado de energia fóssil e das emissões de gases com efeito de estufa.

Para determinar o desempenho de um sistema solar térmico há basicamente que estabelecer a configuração (“layout”) da instalação, nomeadamente, especificar o tipo sistema (kit solar térmico, circulação forçada), os coletores solares e a sua orientação e inclinação, os depósitos de acumulação, incluindo a sua localização e o tipo permutador, as necessidades a satisfazer, o clima do lugar (incluindo o recurso solar nominal para o Concelho escolhido, mas também a temperatura e eventualmente outros detalhes do local da instalação, tais como sombras), sistema de apoio (“backup”), tubagens e isolamentos térmicos, entre outros.

No âmbito do Sistema Certificação Energética dos Edifícios (SCE), de acordo com o estabelecido no n.º 1 do Despacho (extrato) n.º 17793-H/2013, de 3 de dezembro, o programa SOLTERM é utilizado como referência na determinação da energia produzida pelo sistema solar térmico. No entanto, e apesar de tratar-se de uma ferramenta adequada para as situações mais usuais, apresenta algumas limitações que podem impedir, ou mesmo impossibilitar, a simulação de alguns sistemas. No caso particular da instalação do presente estudo, por exemplo, o SOLTERM não possibilita, pelo menos de uma forma direta, fazer a sua simulação e a determinação do respetivo contributo solar. Reside, também aqui, um dos motivos que justificam a determinação do contributo solar somente para a produção de AQS.

#### **4.6.1 Área de coletores e volume de acumulação**

Para além de dados referentes à localização da instalação solar, às necessidades de AQS, cujos perfis de consumo foram já anteriormente determinados, ao tipo de sistema, entre outros dados de partida, há algumas informações que são introduzidas no programa e que, de alguma forma, vão sendo ajustadas em função dos resultados obtidos, por exemplo, a área de coletores e o volume de acumulação.

A área de coletores solares constitui o parâmetro mais importante para o dimensionamento de uma instalação solar para a produção de AQS, sendo determinada em função das necessidades de consumo e de algum (ou alguns) critério(s) que permita(m) “fechar” o problema e, desta forma, encontrar uma solução. É aceitável que se deve procurar garantir a satisfação total das necessidades energéticas a partir da energia solar, no entanto, na maioria dos projetos, importa encontrar o ótimo económico. A área de coletores está também muitas vezes limitada à área disponível na cobertura para a instalação. No caso presente, pretende-se utilizar a cobertura (horizontal) da central térmica existente no 3.º andar, o que limita a área de coletores a cerca de 20 m<sup>2</sup>.

Entre a área de coletores e o volume de acumulação existe uma relação empírica, expressa em litros/m<sup>2</sup>, cujos valores se podem variar num intervalo que, geralmente, se localiza entre 50 e 100, sendo os mais elevados utilizados em instalações cujo perfil de consumo diário se apresente mais concentrado nas horas em que o recurso não se encontra disponível. No caso presente optou-se por utilizar uma relação de 100 litros/m<sup>2</sup>, o que conduzirá a um volume de acumulação de, aproximadamente, 2000 litros. Poder-se-ia ter utilizado, como ponto de partida para a determinação do volume de acumulação, um outro princípio, baseado no consumo diário de AQS. Assim, considerando uma ocupação máxima de 30 clientes e um consumo diário específico de AQS de 75 litros/cliente (dormida), o consumo total máximo esperado será de 2250 litros, ligeiramente acima do valor determinado anteriormente. Neste critério de pré-dimensionamento, o volume de acumulação de AQS deverá garantir as necessidades de, pelo menos, um dia de consumo. No entanto, tendo em consideração que,

de uma forma geral, os consumos, neste tipo de instalações, ocorrem de uma forma distribuída ao longo do dia, e não de uma forma concentrada, o volume de acumulação poderá ser inferior. Ou seja, o valor de 2000 litros de acumulação de AQS (ou de energia), parece ser adequado como ponto de partida para a simulação a realizar no SOLTERM.

Como ponto de partida para a simulação no SOLTERM, é também importante definir o tipo de coletores a utilizar – esta opção é concretizada no SOLTERM através da seleção de uma marca e modelo de coletor, de entre um conjunto existente na base de dados do programa. É no entanto possível “carregar” novos coletores, sendo para tal necessário conhecer as suas principais características, as quais se encontram, normalmente, disponíveis no certificado SOLAR KEYMARK do coletor. Os critérios de escolha dos coletores são, de uma forma geral, subjetivos, no entanto, deve-se ter em consideração, para além das características óticas e térmicas e de possuírem certificação SOLAR KEYMARK (obrigatória no âmbito do SCE), aspetos relacionados com a qualidade construtiva e, também, com a disponibilidade no mercado. No que respeita a este último aspeto, é importante procurar assegurar não só a manutenção do(s) equipamento(s), mas também a resolução de eventuais problemas que venham a surgir no futuro, incluindo a necessidade de substituição. Muitas vezes colocam-se também problemas de natureza arquitetónica, nomeadamente relacionados com a integração dos coletores no edifício. Procura-se, na maioria das situações, que os coletores solares, à semelhança de outros equipamentos, por forma a reduzir o seu impacto, “não fiquem visíveis”. Há assim, e tomando somente como exemplo os coletores planos, algumas marcas que disponibilizam modelos para a colocação na “vertical” (com o lado menor assente sobre a cobertura) e modelos para a colocação na “horizontal” (com o lado maior assente sobre a cobertura), possibilitando esta última solução, normalmente, uma menor visibilidade. A grande diferença entre estes modelos, reside habitualmente no circuito interno e ligações hidráulicas dos coletores.

No presente estudo, a escolha de coletores recaiu sobre a marca SONNENKRAFT, com origem na Áustria, a qual se encontra representada no mercado nacional há cerca de 10 anos,

possuindo também uma forte representatividade a nível europeu. O modelo escolhido foi o SKR500, cujas características principais, importantes para a simulação, são as seguintes:

- Área de abertura –  $A_a = 2,26 \text{ m}^2$ ;
- Rendimento ótico –  $\eta_0 = 0,82$
- Coeficiente linear de perdas térmicas –  $a_{1a} = 3,821 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ;
- Coeficiente quadrático de perdas térmicas –  $a_{2a} = 0,0108 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K}^2)$
- Modificador de ângulo de incidência –  $K_\theta (50^\circ) = 0,96$

De referir que a escolha dos coletores é um parâmetro que normalmente se mantém ao longo da simulação.

O perfil horário e mensal de consumo de AQS (já definidos anteriormente) e a temperatura de consumo, são também fundamentais na simulação do SOLTERM. Neste caso surge uma dificuldade acrescida, resultante da limitação do *software* utilizado – apesar do consumo de AQS ser realizado a uma temperatura de 60 °C, esta é produzida através de um módulo de produção instantânea (de AQS), o qual utiliza “água” quente armazenada no depósito de acumulação, tendo-se considerado a temperatura de armazenamento de 75 °C. O módulo de produção instantânea de AQS “devolve” a água quente ao depósito, à temperatura de 55 °C, pelo que a variação de temperatura no permutador de calor é de 20 °C. Ou seja, os perfis de consumo estabelecidos anteriormente, referem-se ao circuito da distribuição de AQS, cuja temperatura é de 60 °C, sendo a temperatura da água fria à entrada do módulo de produção instantânea a temperatura da água da rede ( $\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ), no entanto, a temperatura à saída do depósito de acumulação é de 75 °C, retornando a este, após passar pelo módulo de produção instantânea de AQS, à temperatura de 55 °C.

Na figura seguinte representa-se esquematicamente este princípio de funcionamento:

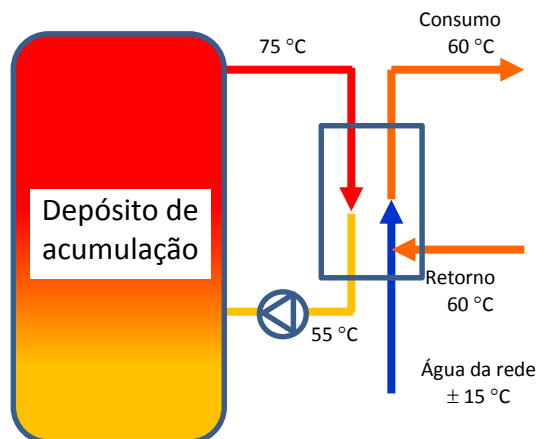


Figura 34 – Esquema de princípio da produção instantânea de AQS

Assim, com base no perfil mensal de consumo de AQS do hotel, tem que se fazer o respetivo “ajustamento” à descarga de energia do depósito, para a temperatura de 75°C, à saída e de 55°C, de retorno, utilizando-se para tal a seguinte expressão de balanço de energia ao permutador de calor:

$$m_{60C} \cdot c_p \cdot (60 C - T_{rede}) = m_{75C} \cdot c_p \cdot (75 C - 55 C) \quad (\text{eq. 11})$$

onde,

$m$  – massa de água [kg] (= volume,  $V$  [m<sup>3</sup>] x massa específica,  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>])

$c_p$  – calor específico [J kg<sup>-1</sup> C<sup>-1</sup>].

Os resultados obtidos são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 16 – Perfil “ajustado” de consumo de água quente

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Consumo AQS a 60°C [dm <sup>3</sup> ]	300	375	525	525	675	750	825	1200	825	600	450	375
T <sub>rede</sub> [°C]	13	13	14	15	17	18	20	20	19	17	14	13
Descarga do depósito a 75°C [dm <sup>3</sup> ]	707	883	1210	1184	1454	1578	1654	2405	1695	1293	1037	883
T <sub>rede</sub> [°C]	55											

É este perfil “ajustado”, com temperatura de “consumo” de 75 °C e de retorno de 55 °C, que será utilizado na simulação do SOLTERM.

O resumo de resultados da simulação do SOLTERM, para a instalação solar com 8 coletores (área total de abertura de 18,1 m<sup>2</sup> e um depósito de acumulação de 2000 litro) são apresentados na figura seguinte (*print screen* do SOLTERM).

Desempenho do sistema térmico							Évora
	Rad.Horiz.	Rad.Inclin.	Desperdiçado	Fornecido	Carga	Apoio	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	
Janeiro	67	117	1,	372	506	134	
Fevereiro	83	123	3,	458	576	118	
Março	124	150	3,	647	871	224	
Abril	159	164	9,	683	828	145	
Mai	203	185	5,	905	1051	146	
Junho	217	185	5,	975	1103	128	
Julho	238	209	13,	1132	1195	63	
Agosto	216	213	8,	1478	1732	253	
Setembro	155	179	11,	1039	1185	146	
Outubro	111	155	3,	799	936	137	
Novembro	75	126	2,	555	723	168	
Dezembro	62	112	,	481	638	157	
Anual	1709	1918	64,	9524	11344	1819	

Fracção solar: 84,0%  
Rendimento global anual do sistema: 27% Produtividade: 527 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

Figura 35 – Desempenho da instalação solar (“*print screen*” do programa SOLTERM)

De referir que se optou por aumentar a inclinação dos coletores solares, em relação ao “valor ótimo” do SOLTERM, por forma a se maximizar o aproveitamento de energia solar no período de inverno. Como se pode verificar (fração solar), 84,0% das necessidades de energia para o aquecimento de água (utilizada na produção de AQS), são satisfeitas pela instalação solar, sendo necessário recorrer ao sistema de apoio (caldeira a gasóleo), para a satisfação das restantes necessidades. O rendimento global anual do sistema apresenta um valor (27%) aparentemente baixo, no entanto, um sistema considerado bem dimensionado terá tipicamente rendimentos entre 20% e 60%, conforme as características do clima e da carga térmica [36]. Este rendimento é definido como a razão entre a energia de origem solar fornecida para consumo e a disponível à face dos coletores (“Fornecido”/[“Rad.Inclin.” x “área do painel”] em valores anuais), sendo, portanto, uma medida da eficácia do sistema solar em transferir energia da radiação solar para a carga. A produtividade do sistema é um indicador apresentado frequentemente, tratando-se de uma energia específica que relaciona a energia de origem solar fornecida para consumo por unidade de área dos coletores (“Fornecido”/ “área do painel” em valores anuais). É, contudo, muito dependente dos detalhes do consumo, e em particular do nível de recurso solar. Valores abaixo de 200 kWh/m<sup>2</sup>, indicam quase sempre um dimensionamento incorreto, no entanto, valores elevados não são garantia de um bom dimensionamento [36]. A questão é a de que seria possível obter uma elevada produtividade subdimensionando a área de coletores e sobredimensionando a acumulação. O principal interesse deste índice é, assim, a comparação entre diferentes soluções para uma determinada aplicação (i.e. diferentes equipamentos propostos para um mesmo local e consumo).

No gráfico da figura seguinte, representam-se as evoluções diárias da energia fornecida pelo sistema solar e da energia fornecida pelo sistema auxiliar ou de apoio, determinadas pelo programa SOLTERM.

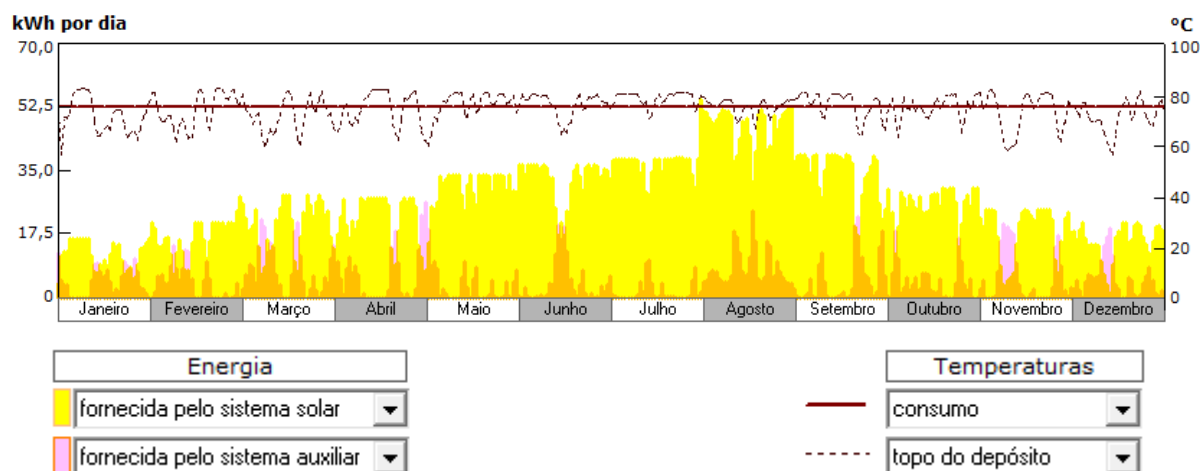


Figura 36 – Evolução diárias da energia solar e de apoio

(“print screen” do programa SOLTERM)

Em termos de benefícios ambientais, é evitada a emissão de 2,79 ton de CO<sub>2</sub> equivalente por ano, resultantes da redução de 880 kg de gasóleo (considerou-se o rendimento da caldeira de 91,1% – v. Tabela 5).

#### 4.6.2 Solução construtiva

A instalação solar será executada de acordo com o esquema de princípio e plantas que constam dos desenhos, em anexo. Trata-se de uma instalação com 8 coletores, dois circuitos primários (coletores/módulo de permuta e módulo de permuta/depósito de acumulação), módulo de permuta com estratificação, o qual integrada um permutador de calor, as bombas de circulação dos dois circuitos primários e o depósito de acumulação de 2000 litros. A energia acumulada no depósito é utilizada quer para a produção de AQS, através de uma módulo de produção instantânea, o qual integra uma bomba de circulação no circuito do depósito e uma bomba de retorno, quer para o aquecimento ambiente, neste caso utilizando-se a rede de distribuição de água quente e os radiadores, já existentes. A ligação da ida e do retorno da água quente para o aquecimento ambiente é feita diretamente ao depósito de acumulação.

O controlo da instalação solar de produção de água quente é bastante simples: as bombas de circulação do circuito primário e do secundário funcionarão sempre que o diferencial de temperaturas entre os coletores e a parte inferior do depósito de acumulação seja superior a um valor pré-fixado, o qual geralmente é de 6°C, e estarão paradas se esse diferencial for, por exemplo, de 2°C.

#### **4.6.3 Ligação dos coletores solares**

Os coletores solares da instalação de produção de AQS serão dispostos em duas baterias de quatro coletores, localizados na cobertura da central térmica, tal como é visível nos desenhos e nos esquemas que fazem parte deste projeto. Em cada bateria as ligações serão em paralelo de canais, uma vez que o modelo de coletor escolhido como referência permite este tipo de ligação. No entanto, caso se opte na fase de execução da obra pela escolha de um modelo diferente de coletor, poder-se-á optar por um tipo de ligação mais adequado (por exemplo, em série).

O circuito primário foi projetado de forma a que se consiga mais facilmente o equilíbrio hidráulico em cada conjunto, fazendo-se a sua alimentação invertida. A garantia do equilíbrio entre os diversos conjuntos é conseguida através de válvulas de equilíbrio estático do caudal, as quais serão reguladas para se conseguirem os caudais nominais, indicados no esquema de princípio.

## **5 Especificação dos equipamentos**

### **5.1 Coletores solares**

A instalação disporá de 8 coletores solares planos, divididos em 2 baterias de 4 coletores, ligados entre si em paralelo de canais, conforme os esquemas que constam das peças desenhadas.

Os coletores solares são do tipo plano, com superfície seletiva e certificação SOLAR KEYMARK [37]. As características dos coletores são indispensáveis para a análise das propostas e por isso as propostas deverão incluir, para além dos folhetos técnicos também uma cópia do documento de certificação, do qual constem, pelo menos, o rendimento ótico e o coeficiente de perdas, obtidos a partir de ensaios, a área de abertura e a área de captação.

As dimensões dos coletores deverão ser compatíveis com o espaço disponível. As ligações entre coletores deverão ser adequadas ao modelo de coletor a instalar, não devendo ser admitidas outras que não as recomendadas pelo respetivo fabricante.

Tomou-se como referência possível para esta instalação um campo de 8 coletores planos, seletivos, da marca SONNENKRAFT, modelo SKR500, com superfície plana seletiva, com uma área de abertura de  $2,26 \text{ m}^2$ , o rendimento ótico de 0,82, o coeficiente linear de perdas de  $3,821 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  e o coeficiente quadrático de perdas de  $0,0108 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}^2)$ , o que permitiu obter o valor de 84% para a fração solar média anual, a partir do programa de cálculo SOLTERM, conforme referido anteriormente. Este valor de fração solar refere-se, somente, ao consumo de AQS.

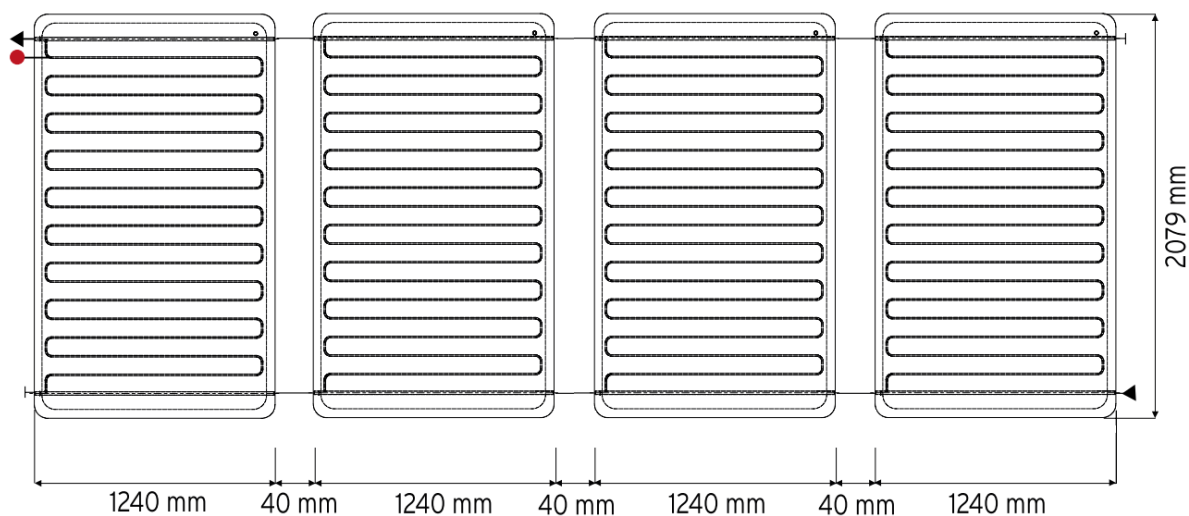


Figura 37 – Esquema de ligação hidráulica dos coletores solares, em paralelo de canais  
(coletor solar SONNENKRAFT, modelo SKR500)

## 5.2 Estrutura de apoio dos coletores solares

O campo de coletores ficará na cobertura plana do edifício do hotel localizada sobre a central térmica, ao nível do Piso 3, e terá uma estrutura de apoio e fixação dos coletores solares, construída em perfis de aço galvanizado, ou em alumínio, com a secção adequada para resistir aos esforços que o vento impõe quando incidir sobre a superfície dos coletores. A estrutura deverá cumprir o estabelecido no Regulamento de Segurança de Acções em Estruturas de Edifícios e Pontes aprovado pelo Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de maio (cfr. Declaração, DR n.º 200/83, de 31-08).

A estrutura de apoio dos coletores deverá estar orientada no azimute sul, com uma inclinação de 45°, conforme representado na figura seguinte. A estrutura deverá ser fixa à cobertura, no entanto, por forma a não interferir na impermeabilização existente, esta deverá ficar assente sobre sapatas em betão e fixada a estas com buchas químicas, conforme representado na figura.

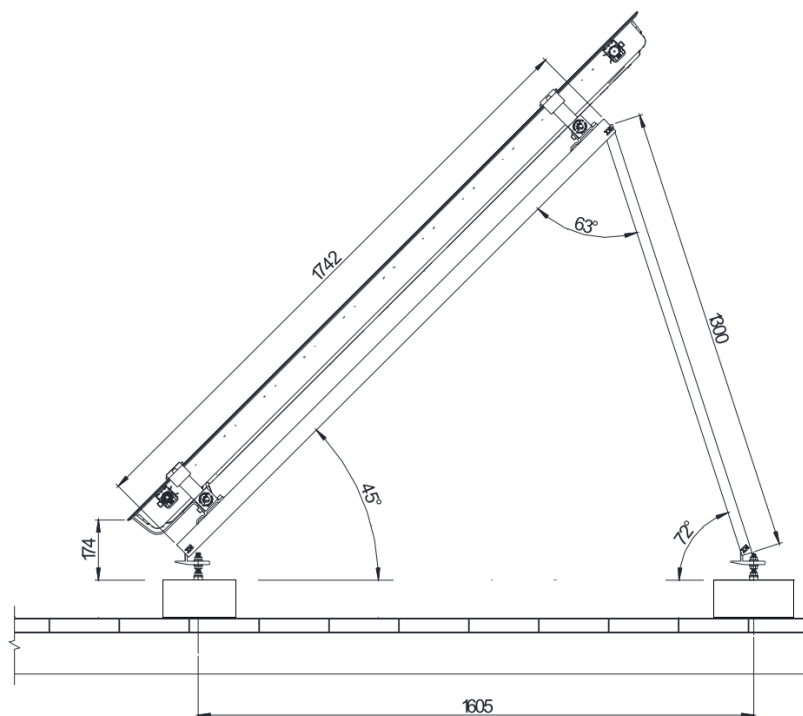


Figura 38 – Estrutura de apoio das baterias de coletores solares

As estruturas de suporte das duas baterias de coletores deverão garantir um afastamento entre estas de, no mínimo, 3,41 m, para as dimensões (altura) do coletor de referência e respetiva inclinação ( $45^\circ$ ). Deverá ser verificada a adequabilidade da cobertura existente, para resistir aos esforços e cargas previstas, resultantes da instalação das baterias de coletores solares.

Por forma a melhor garantir a purga de ar das baterias dos coletores, a estrutura deverá estar inclinada com um ângulo de  $1^\circ$  a  $2^\circ$  em relação à horizontal.

### **5.3 Depósitos de acumulação**

A instalação solar de produção de água quente terá um depósito de acumulação com a capacidade de 2000 litro. Este depósito encontra-se representado nas peças desenhadas, para se ter a certeza de que é possível a sua colocação no local que lhe está destinado.

As características principais do depósito de acumulação de energia (depósito de inércia) são as seguintes:

- forma cilíndrica, colocação na vertical;
- construção em chapa de aço soldada, de acordo com o código ASME, com as soldaduras radiografadas para assim se assegurar de que não há risco de rutura;
- superfícies decapadas a jacto de areia e metalizadas;
- ter proteção catódica;
- ser ensaiados hidraulicamente com uma pressão de 12bar;u
- estar equipado com dispositivos que garantam a estratificação da água quente no seu interior;
- ser isolado na sua superfície exterior com uma espessura mínima de 100 mm de isolante térmico com condutibilidade térmica inferior a 0,040 W/(m.°C). O isolamento deverá aderir à superfície do depósito, evitando a existência de espaços de ar e as consequentes perdas por “efeito chaminé” (convecção natural);
- possuir todas as tubuladuras necessárias para se proceder às ligações tal como indicado no esquema de princípio e ainda os “poços” indispensáveis para a ligação das sondas de temperatura e também de um termómetro analógico.

Como referência, utilizou-se o depósito da marca SONNENKRAFT, modelo PS2000E.

## **5.4 Módulo de carga por estratificação**

O designado módulo de carga por estratificação é um equipamento que integra, para além do permutador de calor, das bombas de circulação do circuito primário (solar/permutador de calor) e do circuito secundário (permutador de calor/depósito de inércia) e de diversos acessórios (válvulas de corte, de regulação de caudal, purgadores, manómetros, entre outros), uma válvula desviadora termostática, a qual permite uma carga estratificada do acumulador de inércia, em função da temperatura no seu interior e da temperatura do circuito secundário à saída do permutador.

O módulo de estratificação integra, normalmente, também o controlador solar o qual controla a interação entre as bombas de circulação do circuito primário e secundário, em função da radiação solar que incide nos coletores. Nos módulos de estratificação, normalmente as bombas são reguladas por velocidade permitindo ao sistema trabalhar com caudal variável. Assim que os coletores são aquecidos pelo sol e as temperaturas do fluido térmico à saída são suficientemente altas, a bomba do circuito primário arranca. Quando o fluido térmico quente chega ao permutador de placas o controlador faz o arranque da bomba de circulação do circuito secundário, armazenando a energia no depósito de inércia. Ambas as bombas operam por controlo de velocidade – dependendo da radiação solar disponível e das temperaturas a que o depósito de inércia se encontra.

Nesta seção especificam-se as características “mínimas” exigidas aos principais equipamentos que compõem o módulo de estratificação, tomando-se contudo como referência a ser utilizada na instalação, o equipamento da marca SONNENKRAFT, modelo SLM50HE.

### **5.4.1 Permutador de calor**

O permutador de calor utilizado nesta instalação é do tipo de placas brasadas, sendo dimensionado a partir dos dados que se apresentam na tabela seguinte, considerando ainda

que o fluido no circuito primário é uma solução de água com propileno glicol numa percentagem de 25% em volume e no secundário é água.

Tabela 17 – Dados para dimensionamento do permutador de calor

Designação	Primário (água + 25% v/v Propileno glicol)			Secundário (água)		
	$m_p$ (l/h)	$T_{pe}$ [°C]	$T_{ps}$ [°C]	$m_p$ (l/h)	$T_{se}$ [°C]	$T_{ss}$ [°C]
PC 1	630	60	50	398	40	55

O permutador de calor deverá ser de placas em aço inox AISI 316, soldadas com brasagem a cobre, com ligações em aço inox roscadas.

O dimensionamento do permutador de calor foi feito com o recurso ao *software* ELSA, versão 2.00.07, da CIAT [38]. Na tabela seguinte apresenta-se um resumo dos resultados obtidos na simulação. O *output* do *software* ELSA, encontra-se no Anexo 3.

Tabela 18 – Resumo dos resultados de dimensionamento do permutador de calor

	Água + + propileno glicol 25% v/v	Água
Temperatura entrada/saída	60 / 50 °C	40 / 55 °C
Caudal	630 l/h	398 l/h
Perda de carga	0,135 m ca	0,071 m ca
Factor de incrustações	0,000005 m <sup>2</sup> .°C/W	0,000005 m <sup>2</sup> .°C /W
Pressão máxima de serviço	30 000 HPa	30 000 HPa
Potência	6 870 W	

O permutador de placas deverá ser isolado térmica e acusticamente. O isolamento será uma caixa com paredes em poliuretano expandido, devendo estar preparado para resistir até temperaturas de pelo menos 85°C.

#### 5.4.2 Bombas de circulação

Os pontos de funcionamento, em condições nominais, são os que se apresentam na tabela seguinte.

Tabela 19 – Dados para dimensionamento das bombas de circulação

Circuito	Designação da bomba de circulação	Fluido	Caudal [l/h]	altura manométrica. [m ca]
Circuito primário	BCp	Água + + Propileno glico 25% v/v	630	4
Circuito secundário	BCs	Água	398	3,5

O valor da altura manométrica deverá ser confirmado de acordo com as perdas de carga dos equipamentos a instalar e dos tipos de ligação, em particular, neste caso, dos coletores solares.

Apresenta-se de seguida a referência possível de bombas da marca WILO, determinadas através de seleção feita com *software online* WILO-Select 3 [39].

- Bomba de circulação de rotor húmido com ligação roscada, motor EC (*Electronically Commutated*) e adaptação automática da potência
- Gama de temperaturas admissíveis +15 °C a +110 °C
- Ligação à rede 1~230 V, 50 Hz
- Classe de proteção IP 44
- Ligações – união roscada Rp 1" / rosca G 1 ½"
- Pressão de funcionamento máxima 10 bar
- Modo de controlo  $\Delta p-v$  (para pressão diferencial variável)
- Corpo da bomba em ferro fundido com revestimento exterior catódico electro submersível (PCS) para evitar danos de corrosão em caso de formação de condensados
- Veio em aço inoxidável, impulsor em plástico (polipropileno + 40% fibra de vidro) e rolamento em carvão impregnado com metal
- Isolamento térmico em polipropileno expandido

- Classe de eficiência energética A

Ambas as bombas de circulação selecionadas, dos circuitos primário e secundário, são do modelo Stratos ECO-STG 25/1-5. No Anexo 4 encontram-se os *outputs* do programa WILO-Select 3, onde se podem observar as curvas de funcionamento de cada uma das bombas.

A montagem das bombas de circulação deve também comportar as ligações elétricas e de todos os dispositivos de proteção e de comando.

### 5.4.3 Unidade de controlo solar

No caso da temperatura à saída da bateria de coletores, seja superior em 7 °C em relação à temperatura no depósito de acumulação (parte inferior), ativa-se a bomba de circulação do circuito primário (solar-permutador de calor). No caso da temperatura do fluído térmico no circuito primário à entrada do módulo de estratificação for superior em 5 °C em relação à temperatura no depósito de acumulação (parte inferior), a bomba de circulação do circuito secundário (permutador de calor-depósito de acumulação) deste módulo arranca, começando a carregar o depósito até se atingir a temperatura máxima de 90 °C. Através da regulação da velocidade das bombas do módulo de estratificação, procura-se alcançar e manter a temperatura no depósito de acumulação a 65 °C. A carga estratificada realiza-se da seguinte forma: quando a temperatura do fluído (água) no circuito secundário à saída do permutador de calor seja 3 °C superior à temperatura na parte superior do depósito de acumulação, a válvula de 3 vias dirige o fluído quente para essa zona do depósito. Caso contrário, quando a temperatura do fluído seja inferior à temperatura na parte superior do depósito, mas superior à da parte inferior, então a válvula de 3 vias encaminha-o para esta zona. Se a temperatura máxima no depósito de acumulação for alcançada, e a temperatura nos coletores for elevada, a unidade de controlo deverá dar ordem à bomba de circulação do circuito de dissipação de calor para este arrancar, ordenando igualmente o arranque do ventilador do dissipador.

Uma vez que se deve dar preferência ao aquecimento do depósito de acumulação, a cada 15 minutos a bomba de circulação e o ventilador do circuito de dissipação desligar-se-ão durante

2 a 4 minutos. Neste intervalo de tempo é verificada a disponibilidade de voltar a carregar o depósito de acumulação.

Como referência para a unidade de controlo, utilizou-se o equipamento da marca SONNENKRAFT, modelo SKSC3+.

#### **5.4.4 Unidade de controlo do sistema de apoio à instalação solar**

O aquecimento auxiliar da parte superior do depósito de acumulação (inércia) é controlado através de uma unidade própria. No caso da temperatura na parte superior do depósito de acumulação ser inferior a um valor mínimo pré estabelecido para ativação do sistema auxiliar de apoio, é ativada a bomba de circulação e a válvula de 3 vias; o depósito de acumulação será carregado até que seja alcançada a temperatura máxima pré estabelecida e, neste caso, o sistema de apoio será desativado.

A unidade de controlo do sistema de apoio à instalação solar deverá também dar prioridade, sempre que possível, ao aproveitamento solar.

Como referência para a unidade de controlo, utilizou-se o equipamento da marca SONNENKRAFT, modelo SKSCHK1.

#### **5.4.5 Vasos de expansão**

Apesar de não fazer parte integrante do módulo de estratificação, a ligação do vaso de expansão do circuito primário faz-se, normalmente, a este módulo, pelo que é feita nesta seção a descrição das principais características deste. Para além deste vaso de expansão, é também necessário um vaso no lado da acumulação e da distribuição, o qual terá que acomodar as dilatações, quer do fluído contido em todo o circuito de distribuição de aquecimento, incluindo nos radiadores, (com volume total estimado de 300 l), de permuta de calor e do sistema de apoio (180 l), quer do volume de acumulação (2000 l). O dimensionamento dos vasos de expansão foi feito com base no *software* REFLEX Pro Win, da REFLEX [40].

### **Vaso de expansão solar**

O dimensionamento do vaso de expansão deverá ter em conta o volume final do circuito primário dos coletores solares, as variações da temperatura da água e a temperatura ambiente, devendo ainda ser considerada uma margem de segurança de cerca de 25%. Trata-se de um vaso de expansão fechado, de membrana, construído de acordo com a EN 13831, cumprindo a Diretiva 97/23/EC [41], da união europeia, relativa a equipamentos sob pressão, adequado para funcionamento com misturas de anti congelante, possuindo as seguintes características principais:

- Volume nominal de 80 l
- Volume útil máximo de 72 l
- Revestimento exterior com pintura à base de epóxi
- Membrana resistente a misturas com anticongelante com concentração até 50% v/v
- Temperatura máxima de serviço do vaso de 120 °C
- Temperatura máxima de serviço da membrana de 70 °C
- Pressão máxima de serviço de 10 bar
- Pressão de pré-enchimento de 3 bar.

O modelo de vaso de expansão da marca REFLEX selecionado é o S80, adequado a instalações solares.

### **Vaso intermédio**

Por forma a preservar a membrana do vaso de expansão das temperaturas elevadas, deve ser instalado um vaso intermédio (de arrefecimento do fluido térmico), localizado entre o circuito primário e o vaso de expansão. Este vaso intermédio, que deverá cumprir a Diretiva 97/23/EC [41], tem as seguintes características principais:

- Volume nominal de 60 l
- Temperatura máxima de serviço do vaso de 120 °C
- Pressão máxima de serviço de 10 bar

O modelo de vaso intermédio da marca REFLEX selecionado é o V60.

#### **Vaso de expansão dos circuitos de aquecimento (incluindo depósito de acumulação)**

O dimensionamento do vaso de expansão dos circuitos de aquecimento e de produção de AQS, incluindo o depósito de acumulação, deverá ter em consideração o volume total dos circuitos, as variações da temperatura da água e a temperatura ambiente, devendo ainda ser considerada uma margem de segurança de cerca de 25%. Trata-se de um vaso de expansão fechado, de membrana, construído de acordo com a EN 13831, cumprindo a Diretiva 97/23/EC [41], da união europeia, relativa a equipamentos sob pressão, possuindo as seguintes características principais:

- Volume nominal de 300 l
- Volume útil máximo de 270 l
- Revestimento exterior com pintura à base de epóxi
- Temperatura máxima de serviço do vaso de 120 °C
- Temperatura máxima de serviço da membrana de 70 °C
- Pressão máxima de serviço de 6 bar
- Pressão de pré-enchimento de 1,5 bar, com azoto.

O modelo de vaso de expansão da marca REFLEX selecionado é o N300, adequado a instalações de aquecimento.

### **5.5 Módulo de produção instantânea de AQS**

A produção de AQS é feita de uma forma instantânea, utilizando-se para tal um módulo de produção instantânea. Uma das vantagens, frequentemente referida, deste equipamento é o da prevenção do risco da *legionella*, cujo aparecimento está muitas vezes associado à acumulação de AQS, o que não é o caso da presente instalação. O módulo produz as AQS instantaneamente, a partir da água fria da rede, consoante as necessidades, usando o calor acumulado no depósito de inércia. Um sensor eletrónico mede o caudal e a temperatura na

tubagem da água quente, sendo estes valores utilizados para regular o caudal de água quente a partir do depósito acumulador, através de uma bomba de alta eficiência de velocidade controlada. É, assim, assegurada uma temperatura pré-definida da água nos vários pontos de consumo. Uma válvula de 3 vias no lado primário assegura um caudal de retorno estratificado para o depósito de inércia.

O sistema de produção instantânea de AQS deverá assegurar o consumo de ponta de AQS determinado anteriormente (§ 4.4 Caudais de ponta), cujo valor é de 2,26 l/s. Considerando que a AQS é consumida à temperatura de 38 °C e que aquele valor de caudal, a esta temperatura, resulta da mistura da AQS que circula no anel de distribuição à temperatura de 60 °C, com a água fria da rede à temperatura média de 15 °C, então o módulo de produção instantânea terá que ter a capacidade para produzir 1,167 l/s (70 l/min), de água quente à temperatura de 60 °C.

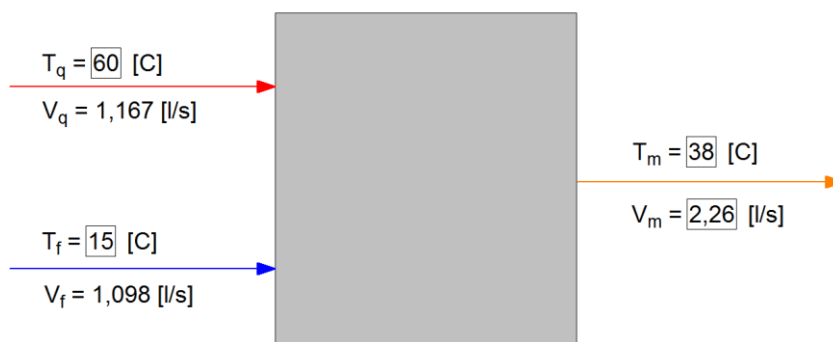


Figura 39 – Caudais volúmicos de ponta, de água consumida

A potência térmica necessária para garantir o aquecimento (instantâneo) de um caudal de 1,167 l/s de água, da temperatura de 15 °C até 60 °C, é de 215,9 kW.

Como referência para o equipamento a instalar, utilizou-se a marca SONNENKRAFT, modelo FWM30i-Cu, com capacidade de produção de cerca 30 l/min de AQS a 60 °C, a partir de água da rede à temperatura de 10 °C, considerando-se neste suficiente para a satisfação das necessidades do hotel, a instalação de 2 módulos daquele modelo em cascata.

O módulo de produção instantânea de AQS deverá possuir as seguintes características principais:

- Capacidade de produção de AQS, 2 a 30 l/min
- Intervalo de temperatura de consumo da AQS, 30 a 60 °C
- Temperatura máxima do depósito de acumulação, 95 °C (uma temperatura superior fará com que o sistema pare por razões de segurança)
- Pressão mínima de entrada, 2 bar
- Pressão máxima de funcionamento, 10 bar
- Permutador de calor de placas com soldadura por brasagem a cobre. Deverá, no entanto, verificar-se a compatibilidade da água da rede com este tipo de soldadura, podendo ser necessário soldaduras com uma liga de vanádio. Neste caso, ter-se-á que optar, como referência, por módulos do modelo FWM30i-Va.

As ligações entre as tubagens de água de consumo e o módulo deverão ser em tubos flexíveis em aço inoxidável com peça de ligação, O-ring e ligação do grampo numa extremidade e rosca fêmea de 3/4" na outra extremidade, utilizados com uma junta de fibra plana.

As ligações entre o depósito de armazenamento e o módulo deverão ser em tubagens de 1" em aço preto com rosca de 1" a partir do depósito.

Os módulos serão fixos numa parede, devendo para tal utilizar-se uma estrutura adequada de fixação.

## **5.6 Tubagem de cobre**

### **5.6.1 Tubagem de cobre**

A tubagem do circuito primário e secundário dos coletores solares será em tubo de cobre, com acessórios soldados, também em cobre. As soldaduras deverão ser do tipo "forte", em prata (Ag 60%), de modo a suportarem elevadas temperaturas. Deverá ser utilizado tubo de

cobre desoxidado e desidratado, de espessura não inferior a 0,8 mm, para o tubo de menor secção.

As dimensões indicadas nas peças desenhadas deverão ser revistas, podendo, inclusivamente, vir a ser corrigidas de acordo com o traçado final dos circuitos.

Todos os acessórios de interligação da tubagem serão soldados por forma a garantir a estanquidade dos circuitos e, por isso, após execução e antes da aplicação do isolamento esta deverá ser verificada.

### **5.6.2 Isolamento térmico da tubagem de cobre**

O isolamento deverá ser executado com um material de condutibilidade térmica inferior a 0,040 W/(m.°C), de densidade aproximadamente igual a 35 kg/m<sup>3</sup>, com espessura de 30 mm, adequado à utilização em instalações solares térmicas.

Deve ser considerado como referência, o isolamento térmico da marca ARMACELL, modelo HT ARMAFLEX S (ver Tabela 1).

No caso de se utilizar outro isolante, as espessuras deverão ser corrigidas de acordo com as suas características.

O isolamento de válvulas, ou de outros elementos dos circuitos, deverá ser feito com peças facilmente amovíveis, numa espessura equivalente à dos circuitos onde estiverem instalados.

### **5.6.3 Proteção exterior dos isolamentos**

Nas tubagens no exterior, o isolamento térmico será protegido exteriormente por um revestimento em chapa de alumínio, com 0,7 mm de espessura.

#### **5.6.4 Suspensão – circuitos horizontais**

Nos casos em que existam vários circuitos paralelos, a tubagem será assente em meias-canais soldadas em perfis “U”, ou de cantoneira, com as dimensões adequadas e cada suporte será suspenso do teto por meio de dois varões roscados.

No caso de um único tubo poderá ser admitida a suspensão por meio de suportes individuais de abraçadeira suspensa, sendo contudo obrigatória a interposição de um anel de borracha entre o suporte e o tubo.

Sempre que se tratar de tubagem isolada termicamente, deverá ser interposta entre o isolamento e o suporte de fixação, de um anel em chapa de alumínio, para assim evitar o esmagamento do isolamento.

#### **5.6.5 Suspensão – circuitos verticais**

Nestes casos cada tubo será suportado, sempre individualmente, por meio de um sistema de duas semi-abraçadeiras, sendo uma metade fixa a um suporte metálico ligado às paredes, ou a um elemento resistente, e a outra, amovível, servindo para apertar no restante do perímetro do tubo.

Tal como acima se escreveu, é obrigatória a interposição de um anel de borracha entre o suporte e o tubo.

Sempre que a tubagem for isolada, o isolamento será, nestes casos, aplicado exteriormente ao suporte.

Seja qual for o desenvolvimento do circuito, devem observar-se, obrigatoriamente as seguintes disposições:

- o afastamento entre suportes não deverá ser superior a 2m;
- não deverá ser utilizado qualquer outro tipo de suporte das tubagens para além dos que acima foram descritos, nomeadamente outros, que, muito embora se possam

mostrar aparentemente apropriados, possam vir a introduzir esforços na tubagem, devidos por exemplo a momentos fletores;

- todos os tubos, isolados ou não, deverão ficar afastados da parede, ou do tecto, de pelo menos 5 cm - este procedimento deve observar-se também para os tubos que passam dentro de caleiras.
- não é permitida qualquer fixação soldada diretamente à tubagem.
- não é permitido o uso de fita perfurada como elemento de suspensão.

As tubagens deverão ser devidamente ancoradas para evitar esforços sobre derivações, e válvulas.

#### **5.6.6 Proteção contra dilatações**

Deverão ser montadas juntas de dilatação para evitar os efeitos das dilatações/contrações das tubagens, devidas principalmente às variações de temperatura.

Essas juntas deverão ser instaladas a meio caminho entre dois ancoramentos da tubagem.

#### **5.6.7 Limpeza interior**

Durante as montagens, todos os comprimentos de tubo deverão ser limpos interiormente com um “boneco de arame” para que quaisquer rebarbas, sujidade, ou elementos que possam obstruir os circuitos sejam detetados e removidos.

#### **5.6.8 Ensaio de pressão**

Após a montagem dos circuitos e antes das ligações às unidades, quaisquer que elas sejam, todos os circuitos serão sujeitos a um ensaio de pressão, hidráulico, a 9 bar durante 24 horas.

Só depois deste ensaio a tubagem deverá ser isolada.

## **5.7 Acessórios**

Os acessórios deverão ser adequados aos materiais, tipo de fluido e temperaturas, dos circuitos onde serão instalados. Em particular, no caso do circuito primário da instalação solar, que liga o permutador de calor integrado no módulo de estratificação, aos coletores solares, os acessórios deverão ser adequados a trabalhar com misturas de água e propileno glicol (30% v/v), e com temperaturas máximas iguais ou superiores a + 160 °C. De uma forma geral, estes acessórios deverão ter o corpo em latão, com revestimento cromado. Como referência possível para este tipo de acessórios, poderá utilizar-se a marca CALEFFI, gama “Solar”. Para os restantes acessórios, localizados nos circuitos secundário solar, que liga o permutador de calor ao depósito de acumulação, nos circuitos de sistema de apoio e nos da distribuição de AQS e de aquecimento, poderá ser utilizada como referência a marca CALEFFI, gama “Aquecimento”.

### **5.7.1 Válvulas de seccionamento**

Estas válvulas destinam-se a possibilitar a desmontagem de qualquer das unidades, ou “isolar” algum dos circuitos, sem necessitar de esvaziá-lo. Para tal, os circuitos de ida e os de retorno serão equipados com válvulas de seccionamento de comando manual.

### **5.7.2 Válvulas de regulação estática do caudal**

Os circuitos das duas baterias de coletores solares levarão válvulas para regulação do caudal. As válvulas deverão ter corpo em latão, obturador de regulação e escala integrada no próprio corpo. Deverão suportar temperaturas máximas iguais ou superiores a +130 °C e pressões iguais ou superiores a 8 bar. A sua instalação deverá ser feita no circuito de alimentação dos coletores, em local acessível e que permita fácil leitura do caudal e regulação, deverão ser isoladas termicamente com acessório adequado e protegidas mecanicamente.

Como referência para este acessório, utiliza-se a marca TACONOVA, modelo TacoSetter Bypass.

### **5.7.3 Válvulas de descarga e de purga**

As válvulas necessárias para as descargas e purgas dos diversos circuitos hidráulicos serão para instaladas em todos os locais onde se necessite de proceder a descargas rápidas de sectores da instalação, como por exemplo no fundo do reservatório de acumulação térmica.

As válvulas de macho esférico serão com o corpo em bronze, obturador em bronze niquelado, sede em *teflon* e manípulo em liga de alumínio coberto de PVC, tal como acima havia já sido descrito.

### **5.7.4 Válvulas de retenção**

Terão o corpo em bronze, obturador guiado e sede, sendo roscadas para valores do diâmetro da tubagem inferiores a 2".

### **5.7.5 Válvulas de segurança**

As válvulas de segurança serão "de mola", reguladas para as pressões dos circuitos que protegem.

Estas válvulas deverão permitir a descarga normal da água, para um esgoto visível, até que a pressão atinja o valor de segurança.

### **5.7.6 Filtros de água**

Os filtros de água serão em forma de **Y**, com corpo em ferro fundido, devendo ser de diâmetro igual ao da tubagem onde forem montados.

As extremidades serão roscadas e terão um cesto em malha de aço *inox*, para retenção das partículas em suspensão.

### **5.7.7 Purgadores de ar**

Os purgadores de ar serão do tipo automático, com corpo em latão e conjunto boiador-válvula em aço inoxidável. A saída da purga será ligada a um circuito de descarga adequado sempre que seja para circuitos localizados no interior e onde a temperatura da água seja elevada e, ou, simultaneamente, exista o perigo de atingir pessoas. Deverão estar equipados com válvula de corte/interceção.

### **5.7.8 Aparelhagem de medida**

Entende-se por aparelhagem de medida, os termómetros e manómetros indicados no esquema de princípio, os quais se destinam a, rapidamente, possibilitar uma indicação *in situ*, do estado do funcionamento das instalações.

Os termómetros deverão ter as escalas em graus Centígrados e os manómetros em bar, ou em alternativa em m c.a. (metros de coluna de água).

Os termómetros serão de bainha para instalar com um poço na tubagem. Qualquer dos aparelhos deverá ter grande sensibilidade e fiabilidade. O diâmetro mínimo dos mostradores deverá ser de 80 mm.

Nota: Alguns destes equipamentos de medida poderão integrar os módulos de estratificação e de produção instantânea de AQS.

## **5.8 Contador de entalpia**

A medição da fração de energia captada na instalação solar deverá ser realizada através da unidade de controlo que integra o módulo de estratificação. Para tal, este módulo deverá estar equipado com sensores de caudal, temperatura e pressão, do tipo "*direct sensors*", dos quais a marca Grundfos Direct Sensors™ é uma referência. Os sensores deverão ser do tipo analógico ou digital, em função do tipo de entradas da unidade de controlo solar.

## 5.9 Dissipador de calor

A instalação solar deverá ser dotado de um equipamento que garanta o não sobreaquecimento do circuito primário. Este equipamento deverá ser um dissipador de calor, especialmente desenvolvido para a dissipar para a atmosfera, o calor excessivo que pode, eventualmente, ocorrer na instalação solar térmica, evitando o seu sobreaquecimento, com eventual perda de fluido, fadiga do equipamento por *stress* mecânico-térmico.

O dissipador deverá ser integrado no circuito hidráulico primário da instalação solar, conforme representado no esquema de princípio das peças desenhadas (ver Anexo 1) e será comandado pelo seu sistema de controlo.

Sempre que o controlador solar medir uma temperatura do circuito primário superior a 100 °C alimentará eletricamente em simultâneo o motor do ventilador do dissipador e a bomba de circulação do sistema de dissipação.

O dissipador deverá ser construído com uma estrutura em perfil de alumínio extrudido e anodizado, painéis em chapa de aço de dupla parede (exterior pré-pintado e interior galvanizado) isolados acústica e termicamente por placa de poliestireno de alta densidade, ignífugo (classe M1), equipado com um ventilador centrífugo de dupla aspiração com motor diretamente acoplado e com permutador de calor em tubos de cobre com alhetas de alumínio de alta eficiência e filtro de partículas para a sua proteção.

O dissipador deverá ser equipado com acessórios para instalação no exterior, nomeadamente teto (cobertura) e “bicos de pato”, ambos em chapa de aço galvanizado.

Como referência possível, utilizou-se o equipamento da marca RELOPA, modelo DCS 12-4, o qual tem uma capacidade de dissipação de 6,7 kW, para uma temperatura do ar exterior de 40 °C e caudal de 1200 m<sup>3</sup>/h.

No circuito de dissipação deverá ser instalada uma bomba de circulação, a jusante do dissipador de calor, a qual será acionada juntamente com o ventilador do dissipador, por ordem da unidade de controlo solar.

O ponto de funcionamento, em condições nominais, é que se apresenta na tabela seguinte.

Tabela 20 – Dados para dimensionamento da bomba de circulação do circuito de dissipação

Circuito	Designação da bomba de circulação	Fluido	Caudal [l/h]	altura manométrica. [m ca]
Circuito de dissipação	BCd	Água	605	2,5

Por forma a evitar a perda de calor do fluído térmico, quando a instalação solar se encontra em funcionamento normal, através da tubagem do circuito de dissipação de calor, este deverá ser igualmente isolado e, no exterior, protegido mecanicamente.

O valor da altura manométrica deverá ser confirmado de acordo com as perdas de carga dos equipamentos a instalar e dos tipos de ligação, em particular, neste caso, dos coletores solares e do dissipador de calor.

Apresenta-se de seguida a referência possível da bomba da marca WILO, determinada através de seleção feita com *software online* WILO-Select 3 [39].

- Bomba de circulação de rotor húmido com ligação roscada
- Patamares de velocidade (3) pré-selecionáveis para adaptação da capacidade
- Gama de temperaturas admissíveis +15 °C a +110 °C, +120 °C em funcionamento breve (2 h)
- Ligação à rede 1~230 V, 50 Hz
- Classe de proteção IP 44
- Ligações – união roscada Rp ½" / rosca G 1"
- Pressão de funcionamento máxima 10 bar

- Corpo da bomba em ferro fundido com revestimento exterior catódico electro submersível (PCS) para evitar danos de corrosão em caso de formação de condensados
- Veio em aço inoxidável, impulsor em plástico (polipropileno + 40% fibra de vidro) e rolamento em carvão impregnado com metal.
- Isolamento térmico em polipropileno expandido

A bomba seleccionada para o circuito de dissipação é do modelo Star STG 15/1-5. No Anexo 4 encontra-se o *output* do programa WILO-Select 3, onde se podem observar a curva de funcionamento da bomba de circulação.

A montagem da bomba de circulação deve também comportar as ligações elétricas e de todos os dispositivos de proteção e de comando.

## 5.10 Instalação elétrica

Os circuitos de potência, comando e sinalização deverão ser constituídos por cabos de cobre macio, isolados e protegidos por bainhas e policloreto de vinilo, do tipo VV, nas cores regulamentares.

Os condutores, enfiados em tubo VD, serão assentes por abraçadeiras de plástico, cuja execução seja sempre com o aspeto das instalações elétricas da zona onde se situam.

Quando forem instalados no exterior, os cabos deverão ter bainha preta e serem montados sobre esteira metálica com tampa.

A secção dos condutores deverá ser determinada não apenas em função das potências, mas, também de modo a que a queda de tensão, entre o quadro e os equipamentos, não ultrapasse 3%.

Os circuitos de comando e de sinalização serão executados por condutores unifilares de cobre, isolados, de secção reduzida.

De uma maneira geral, todos os circuitos deverão ser estabelecidos e executados de acordo com os regulamentos de segurança de instalações elétricas, em vigor.

Sempre que possível os cabos elétricos deverão ser apoiados em calha metálica perfurada e galvanizada, de largura adequada à quantidade de cabos, assente em suportes de pendurais.

## **5.11 Quadro Elétrico**

Faz parte desta instalação o fornecimento e a montagem do quadro elétrico de potência, comando e controle da instalação solar.

### **5.11.1 Características mecânicas**

O quadro deverá ser do tipo capsulado, em chapa de aço electro zincada quinada, de espessura não inferior a 2 mm e pintados com tinta de esmalte, de cor a definir, sobre duas camadas de primário anti corrosivo. Todas as peças que não possam ser pintadas, ou cuja pintura não seja aconselhável, deverão ser cadmiadas.

Os suportes deverão permitir a fácil montagem e desmontagem dos equipamentos assim como a incorporação de reservas até 20% da sua capacidade inicial.

As portas, frontais, serão suficientemente robustas, de modo a não apresentar empenos, com dobradiças e fechaduras do tipo “RONIS”, com três exemplares de chaves. As fechaduras serão iguais para todos os quadros desta empreitada.

### **5.11.2 Características elétricas**

Os barramentos serão do tipo extraível, fixados ao *chassis* através de isoladores cerâmicos ou de resina *epóxi*, sendo em cobre eletrolítico puro, dimensionados para as correntes, dimensionados para as correntes a suportar, considerando uma densidade máxima de 2 A/mm<sup>2</sup>. A sua fixação deverá ser feita de forma a que possa suportar os efeitos eletrodinâmicos a que ficam sujeitos, em caso de curto-circuito, sem se deteriorarem. A sua

localização deve proporcionar as melhores condições de funcionamento e de segurança de exploração.

As barras serão pintadas nos seus extremos com as cores regulamentares e as derivações para a aparelhagem executadas por ligadores de aperto.

As ligações entre a aparelhagem e as barras, ou terminais, serão executadas em condutor do tipo V ou FV de secção nominal não inferior a 4 mm<sup>2</sup> e, simultaneamente na secção superior à do cabo que alimentam.

Todos os cabos deverão ligar a placas de terminais, de material não inflamável, com bornes de latão de aperto elástico, montados em calha DIN assimétrica. Os bornes serão identificados com a aparelhagem e calibrados de acordo com as secções dos condutores.

Na sua parte superior disporão de barras de terra servindo de dispersores das linhas de terra dos circuitos, às quais ligarão também as caixas e as tampas dos quadros.

Todos os componentes sob tensão deverão ficar protegidos contra contactos acidentais nas condições normais de manobra, em particular os barramentos e os terminais acessíveis de aparelhos de medida e sinalizadores quando estabelecidos nas portas deverão ficar protegidos por placa de material isolante transparente, fixa por meio de parafusos.

## **6 Condições Técnicas Gerais**

### **6.1 Trabalho excluídos da empreitada**

Os trabalhos de construção civil, em particular os referentes à construção das sapatas na cobertura para a colocação da estrutura de apoio das baterias de coletores solares, encontram-se excluídos da presente empreitada.

### **6.2 Garantia dos equipamentos e instalação**

Conforme se referiu anteriormente, os coletores solares deverão ser ensaiados segundo a EN 12975 e possuir o SOLAR KEYMARK.

De acordo com o Decreto-Lei nº67/2003, de 08 de abril, todos os equipamentos beneficiam de, no mínimo, um ano de garantia contra defeitos de fabrico/montagem e dois anos de garantia para o consumidor final (pessoa singular cujo produto é alheio à sua atividade comercial ou profissional), tendo o período de garantia início na data de aquisição do equipamento.

Deverá ser apresentado e aprovado um plano de manutenção da instalação solar válido por um período mínimo de 6 anos.

### **6.3 Ensaios**

Deverão ser efetuados os ensaios, limpeza e a identificação de todos os equipamentos, coletores solares e acessórios das instalações de água quente e de controlo do sistema de produção e distribuição de água quente com as presentes especificações.

São de execução obrigatória para os componentes que compõem a instalação, os ensaios que constam da Portaria n.º 349-D/2013 de 2 de dezembro (7.2.1.3 - Os ensaios relativos à

avaliação de desempenho pelo referencial normativo aplicável devem ser realizados por entidade acreditada para o efeito e comprovados pelo respetivo relatório de ensaio).

Durante a execução da obra e antes da receção provisória, serão efetuados os ensaios para demonstrar que os equipamentos e montagens satisfazem as condições definidas. É obrigatório o registo de todos os ensaios e medições realizados, bem como, das condições em que tais foram realizados, incluindo a identificação das condições relevantes, caso a caso. O registo de todos os dados recolhidos será efetuado em quadros que reflitam adequadamente o teor dos ensaios e medições realizados. Todo o equipamento a utilizar para realização dos ensaios e medições agora previstos e de outros que entretanto se entendam por bem realizar, devem obedecer aos seguintes requisitos:

- Adequados para os efeitos;
- Bom estado de conservação e funcionamento;
- Certificados de acordo com as Normas aplicáveis;
- Devidamente aferidos, com a indicação precisa da última data de aferição, e, quando aplicável, mediante a apresentação do certificado de aferição pela entidade competente para o efeito.

### **6.3.1 Ensaios das instalações**

Os ensaios serão realizados na presença de um representante credenciado do Dono da Obra e terão lugar antes da receção provisória das instalações. Deve ter-se presente que a realização de alguns dos ensaios, a seguir descritos, só será efetiva uma vez que estejam em funcionamento os espaços que servem e em número suficiente para se poder aferir acerca das prestações das respetivas instalações.

### **6.3.2 Ensaios dos equipamentos**

Serão descritos os principais ensaios que realizar constará das seguintes medições:

- Caudais de água;

- Temperaturas de entrada e de saída da água, em intervalos de tempo que garantam que a sua variação não é muito grande. Com base nos valores obtidos nos ensaios serão feitos cálculos que permitam obter a performance dos equipamentos.

### **6.3.3 Depósitos de Acumulação de Água**

Deverão ser fornecidos pelo fabricante dos depósitos os certificados de fabricação e mapa dos respetivos ensaios de pressão elaborados.

### **6.3.4 Bombas de circulação**

O desempenho das bombas circuladores será determinado medindo as pressões na aspiração e na descarga, a potência absorvida pelos motores e verificando os caudais através das curvas fornecidas pelo fabricante.

### **6.3.5 Tratamento Químico da Água**

Verificar, mediante análises à água tratada, se o tratamento químico efetuado se ajusta à instalação em causa. Deverão ser apresentados os resultados das referidas análises.

## **6.4 Outras verificações**

No decorrer dos ensaios serão também feitas as seguintes verificações:

- Sentido de circulação dos fluídos (bombas de circulação);
- Localização de filtros e purgadores de ar;
- Descarga de válvulas de segurança;
- Ponto de medição (entradas) e de saída para os equipamentos, do sistema de controlo;
- Confirmação de que todos motores funcionam corretamente;
- Confirmação de que os esquemas e desenhos se encontram conforme com o que efetivamente foi instalado.

#### **6.4.1 Relatório dos ensaios**

No final da realização dos ensaios será realizado um relatório detalhado onde deverão ser registadas todas as incidências, incluindo a necessidade de eventuais correções, o qual deverá ser entregue ao dono de obra. A receção provisória das instalações só terá efetivamente lugar uma vez acertadas as eventuais ocorrências que se tenham verificado.

#### **6.4.2 Fornecimentos eventuais**

Se no decurso dos ensaios, ou no prazo de garantia das instalações apresentadas neste projeto, se verificarem ruídos ou interferências estranhas ao perfeito funcionamento dos equipamentos o adjudicatário da obra obriga-se a eliminá-los, sem quaisquer encargos para o dono da obra.

#### **6.4.3 Diversos**

Antes da entrada em funcionamento das instalações, o adjudicatário obriga-se a assegurar um conjunto de serviços imprescindíveis ao seu bom funcionamento, tais como:

- Limpeza de todos os locais técnicos onde realizou os seus trabalhos;
- Eliminação de ruídos que vierem a ser detetados;
- Elaboração de um Plano de Manutenção Preventiva das instalações.

## **7 Conclusão**

Os edifícios são frequentemente referidos como uns dos setores maiores consumidores de energia, sendo também aquele que maiores atenções têm centrado, por parte dos Estados Membros da União Europeia, em termos de desenvolvimento de estratégias com vista à redução dos consumos. A diretiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios, é talvez, o melhor exemplo deste esforço conjunto europeu, tendo sido transposta em 2006 para o regime jurídico nacional, através da publicação dos decretos-leis n.º 78, 79 e 80, de 4 de abril, os quais, no seu conjunto e de uma forma articulada, estabeleciam o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios. De entre os aspetos mais importantes deste pacote legislativo, ressaltava a obrigatoriedade, de uma forma geral, da instalação de sistemas solares térmicos nos edifícios novos, ou existentes, desde que estes fossem alvo de remodelações consideradas significativas. A publicação da Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, veio reformular o regime estabelecido na anterior diretiva. A transposição daquela diretiva, resultou, assim, na publicação do decreto-lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, estabelecendo-se o novo Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, atualmente em vigor, o qual mantém a obrigatoriedade dos sistemas solares térmicos na produção de AQS. Tal obrigatoriedade é, de uma forma geral, facilmente atingida na conceção do projeto de instalações em edifícios novos, a construir, no entanto, em edifícios existentes, poderão surgir constrangimentos de diversa natureza, os quais poderão limitar, ou mesmo impedir a adoção de sistemas solares térmicos. Cumprindo os edifícios novos, licenciados após entrada em vigor do anterior sistema de certificação energética, os objetivos de eficiência energética propostos, os esforços voltam-se agora para o parque edificado existente e, em particular, para a sua reabilitação, incluindo das suas instalações técnicas. Justifica-se, desta forma, a realização do presente trabalho, no qual pretendeu-se demonstrar a viabilidade técnico-económica da instalação de um sistema solar térmico, num caso particular de

remodelação das instalações de produção de AQS de um hotel de 3 estrelas. A solução desenvolvida e analisada, permite não só a produção de AQS como também satisfaz em parte, as necessidades de energia para o aquecimento ambiente, procurando-se, desta forma, tirar o melhor partido das condições climáticas da região onde se encontra localizado, caracterizada por elevados índices de irradiação solar e de insolação anuais.

O contributo solar anual da instalação solar projetada, considerando somente a produção de AQS, atinge os 84%, valor determinado através do *software* SOLTERM, cuja utilização é obrigatória no âmbito da certificação energética. O SOLTERM; entre outras limitações, não permite simular, pelo menos de uma forma direta, o desempenho energético de instalações solares mais complexas, como a do presente caso de estudo. Na realidade, tradicionalmente, na maioria das situações, as instalações solares térmicas destinam-se unicamente à produção de AQS. No entanto, em muitas situações, uma solução integrando o aquecimento ambiente, para além da produção de AQS, pode ser muito interessante. No caso particular deste estudo, tratando-se de um edifício existente, com um instalação de aquecimento central de “alta temperatura”, baseada em radiadores a água, a opção tomada de considerar também a contribuição da instalação solar para a satisfação das necessidades energéticas daí decorrentes, é perfeitamente justificada, sendo fácil a adaptação ao sistema de distribuição instalado. Apesar disso, este sistema de distribuição de energia para o aquecimento ambiente, não é o mais adequado ao funcionamento com um sistema solar térmico, sendo preferível, neste caso, sistemas de distribuição de baixa temperatura, como o pavimento radiante. No que respeita, à produção de AQS, os benefícios da utilização de sistemas solares térmicos para este fim, já não é questionável, podendo no entanto haver algumas condicionantes de ordem técnica, sobretudo nos edifícios existentes.

Apesar disto, do ponto de vista da análise económico-financeira realizada, o investimento (aproximadamente 32 000 €, sem IVA incluído) não é atrativo, longe disso. Tal deve-se ao facto de se ter utilizado, como referência, equipamentos cujos preços são dos mais elevados no mercado nacional, sendo possível, com equipamentos equivalentes, satisfazendo os

parâmetros de qualidade exigidos, conseguir preços significativamente mais baixos, o que tornará o investimento, certamente, mais atrativo.

Como sistema de apoio à instalação solar térmica, utilizou-se neste projeto uma das caldeiras existentes. Seria no entanto interessante analisar a viabilidade da utilização de um sistema baseado numa bomba de calor de alta temperatura, deixando-se esta proposta para trabalhos futuros.

## Citações e Bibliografia

- [1] Governo de Portugal, “Medida Solar Térmico 2010,” [Online]. Available: <http://www.paineissolares.gov.pt/>. [Acedido em 7 Janeiro 2015].
- [2] European Commission - Joint Research Group, “Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS),” [Online]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>. [Acedido em 7 janeiro 2015].
- [3] H. T. D. E. O. H. Šúri M., “Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries,” *Solar Energy*, 81, p. 1295–1305, 2007.
- [4] M. R. G. A. Huld T., “A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa,” *Solar Energy*, 86, pp. 1803-1815, 2012.
- [5] GREENPRO (Programa ALTENER / Comissão Europeia), Energia Solar Térmica - Manual sobre tecnologias, projecto e instalação, 2004.
- [6] Agência Portuguesa do Ambiente, “Sistema Nacional de Informação de Ambiente,” [Online]. Available: <http://sniamb.apambiente.pt/>. [Acedido em 10 novembro 2014].
- [7] ALMECO Group, “TiNOX energy,” [Online]. Available: <http://www.almecogroup.com/en/pagina/53-tinox-energy-cu>. [Acedido em 8 janeiro 2015].
- [8] YORKSHIRE SOLAR, “YORKSHIRE,” [Online]. Available: <http://www.yorkshiresolar.com/>. [Acedido em 8 janeiro 2015].

- [9] Solarbayer, GmbH, “Solarbayer,” [Online]. Available: <http://www.solarbayer.de/>. [Acedido em 8 janeiro 2015].
- [10] CT 54 (INETI), *Norma Portuguesa NP EN 12975-2 (2007), Instalações Solares Térmicas e seus componentes - Coletores Solares - Parte 2: Métodos de Ensaio*, Lisboa: IPQ - Instituto Português da Qualidade, 2007.
- [11] Ministério da Habitação, Obras Públicas e Transportes, “Decreto-Lei n.º 235/83, Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes,” *Diário da República, 1.ª série*, pp. 1991-2024, 31 05 1983.
- [12] E. P. Lebeña e J. C. Costa, *Conversão Térmica da Energia Solar*, Lisboa: SPES - Sociedade Portuguesa de Energia Solar, 2007.
- [13] CALEFFI, Hydronics Solutions, “CALEFFI - ficha de produto, 267 - Grupo de circulação para instalações solares, ligação de ida e retorno,” [Online]. Available: <http://www.caleffi.com/portugal/pt>. [Acedido em 12 janeiro 2015].
- [14] RESOL, “Manual de Instruções (PT) RESOL DeltaSol BS/2 (versão 2),” [Online]. Available: [http://www.resol.de/Produktdokumente/11204806\\_DeltaSol\\_BS\\_2\\_V2.monpt.pdf](http://www.resol.de/Produktdokumente/11204806_DeltaSol_BS_2_V2.monpt.pdf). [Acedido em 16 janeiro 2015].
- [15] SOLAHART, [Online]. Available: <http://www.solahart.com/>. [Acedido em 19 janeiro 2015].
- [16] TiSUN GmbH, “TiSUN Solar Systems,” [Online]. Available: <http://www.tisun.com/>. [Acedido em 20 janeiro 2015].

- [17] W. S. (Ed.), "Report on Solar Combisystems modelled in Task 26. A report of IEA SHC - Task 26 - Solar Combisystems.," IEA, 2003.
- [18] R. W. Y. D. Y.M. Han, "Thermal stratification within the water tank," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 13, p. 1014–1026, 2009.
- [19] S. F. Louise Jivan Shah, "Entrance effects in solar storage tanks," *Solar Energy*, vol. 75, p. 337–348, 2003.
- [20] SOLVIS, "HEATING WITH THE SUN - Partial Solar Space Heating & Solar Systems With Layer Storage in Low-Flow Operation. New Development in Austria," *FORSCHUNGSFORUM*, 2 1997.
- [21] SONNENKRAFT, *Módulo de carga por estratificação SLM120/SLM200*, 2009/05.
- [22] Armacell Enterprise GmbH & Co. KG, "HT/ARMAFLEX S," ARMACELL, 02 02 2015. [Online]. Available: <http://www.armacell.pt>. [Acedido em 05 02 2015].
- [23] F. Hillerns, "The Behaviour of Heat Transfer Media in Solar Active Solar Thermal Systems in View of the Stagnation Conditions," em *IEA-SHC Task 26 Industry Workshop*, Borlänge, Sweden, 2001.
- [24] VULCANO (BOSCH Termotecnologia, S.A.), "Módulo Solar Vulcano," Vulcano, [Online]. Available: [http://www.vulcano.pt/consumidor/productos/category\\_770](http://www.vulcano.pt/consumidor/productos/category_770). [Acedido em 05 02 2015].
- [25] De Dietrich Thermique, S.A.S., "Aérothermie HP Inverter Evolution / Pompes à chaleur air/eau réversibles de 4 à 27 kW avec système Inverter.," Smile - Open source solutions

- (France), [Online]. Available: <http://www.dedietrich-thermique.fr/>. [Acedido em 06 02 2015].
- [26] De Dietrich Thermique, S.A.S., “Kaliko / De l'eau chaude grâce au système thermodynamique,” Smile - Open source solutions (France), [Online]. Available: <http://www.dedietrich-thermique.fr/>. [Acedido em 06 02 2015].
- [27] Daikin Air Conditioning Portugal S.A., “EHYHBH-AV32 - Bomba de calor híbrida Daikin Altherma,” Daikin Europe N.V., 05 2013. [Online]. Available: <http://www.daikin.pt/>. [Acedido em 06 02 2015].
- [28] De Dietrich Thermique, S.A.S., “L'écogénérateur HYBRIS Power: Chauffer et produire de l'électricité,” Smile - Open source solutions (France), [Online]. Available: <http://www.dedietrich-thermique.fr/>. [Acedido em 06 02 2015].
- [29] EUR Lex, “Directiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de julho de 2005, relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos que consomem energia,” *Jornal Oficial da União Europeia [PT]*, vol. L 191, pp. 29 - 58, 2005.
- [30] EUR Lex, “Diretiva 2009/125/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de Outubro de 2009, relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de concepção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia,” *Jornal Oficial da União Europeia [PT]*, vol. L 285, pp. 10 - 33, 2009.
- [31] EUR-Lex, “Directiva 2010/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010, relativa à indicação do consumo de energia e de outros recursos por parte dos produtos relacionados com a energia, por meio de rotulagem e outras indicações uniformes...,” *Jornal Oficial da União Europeia [PT]*, vol. L 153, pp. 1 - 12, 2010.

- [32] BAXI - Sistemas de Aquecimento, Unipessoal, Lda., *Catálogo geral aquecimento 2013*, Lisboa, 2013.
- [33] Instituto Nacional de Estatística, I.P., “Estatísticas do Turismo 2013,” Instituto Nacional de Estatística, I.P., Lisboa, 2014.
- [34] S. T. Spencer, *Aspectos Energéticos na Concepção de Edifícios - Projectos de Energia Solar para Aquecimento de Água*, Almada: ADENE - Agência para a Energia, 2005.
- [35] V. M. R. Pedroso, *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição de Águas*, Lisboa: LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2008.
- [36] R. Aguiar e R. E. Coelho, *Manual SOLTERM 5.1*, Lisboa: Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P., 2012.
- [37] ESTIF - the European Solar Thermal Industry Federation, “The Solar Keymark / CEN Keymark Scheme,” ESTIF - the European Solar Thermal Industry Federation, [Online]. Available: <http://www.estif.org/solarkeymarknew/index.php>. [Acedido em 20 02 2015].
- [38] CIAT, “Echangeurs à plaques brasées EXEL,” CIAT, [Online]. Available: <http://www.ciat.fr/>. [Acedido em 21 fevereiro 2015].
- [39] WILO SE, “Software de dimensionamento de bombas Wilo-Select,” WILO SE, [Online]. Available: <http://www.wilo.pt/>. [Acedido em 22 fevereiro 2015].
- [40] REFLEX Winkelmann GmbH, “Customized planning with the Reflex Pro calculation program,” REFLEX Winkelmann GmbH, [Online]. Available: <http://www.reflex.de/>. [Acedido em 22 fevereiro 2015].

[41] EUR Lex, “Directiva 97/23/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Maio de 1997, relativa à aproximação das legislações dos Estados-membros sobre equipamentos sob pressão,” *Jornal Oficial das Comunidades Europeias [PT]*, vol. L 181, pp. 1 - 55, 1997.

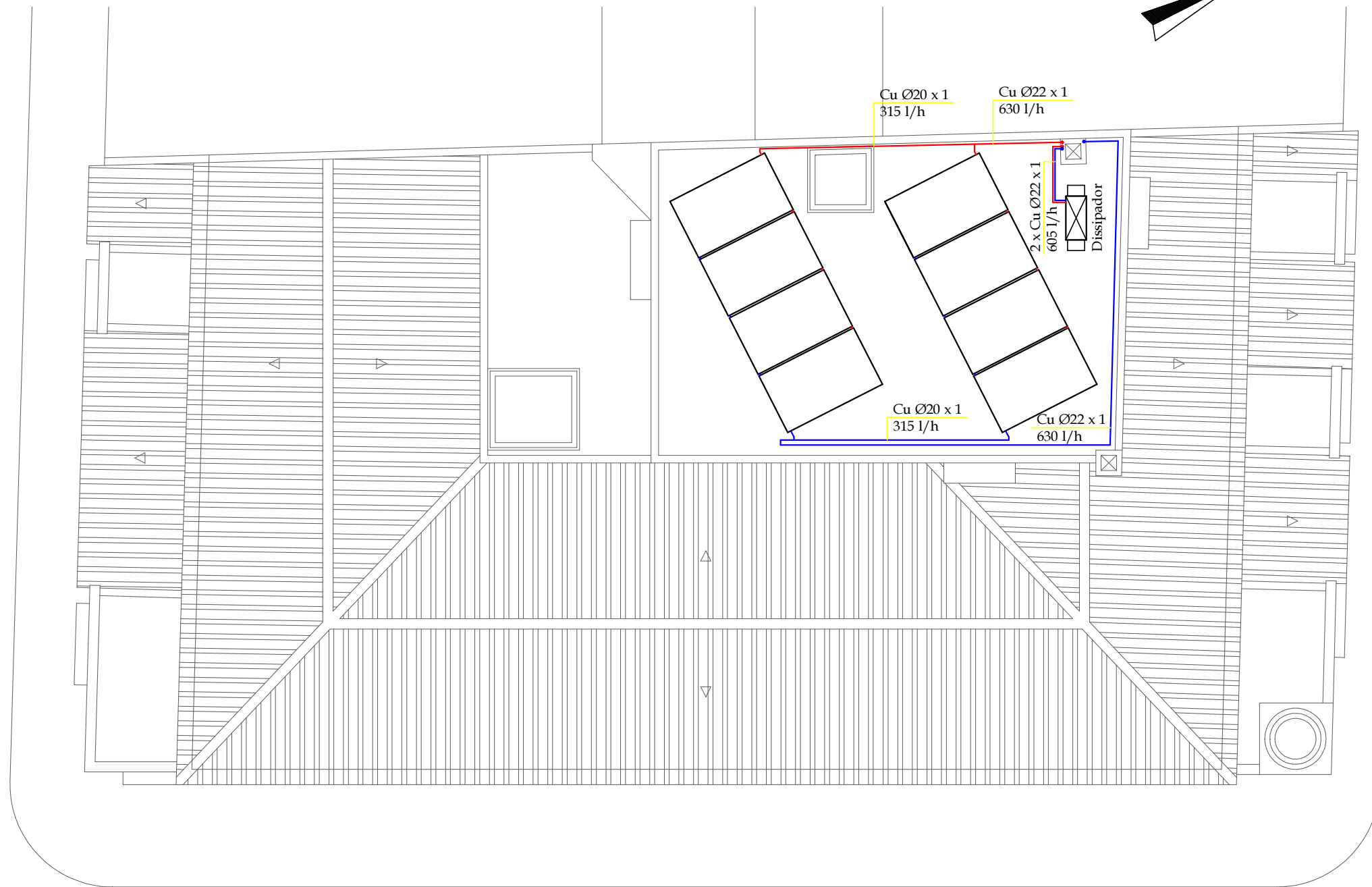
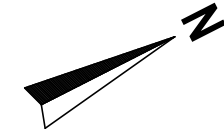
## Outra bibliografia

1. Piedade, C., Rodrigues, A. M. e Roriz, L., *Climatização de Edifícios, Envolvente e Comportamento Térmico*, Edições Orion, 2.ª ed., 2000
2. Roriz, L., Rosendo, J., Lourenço, F., Calhau, K., *Energia Solar em Edifícios*, Edições Orion, 1.ª ed., Março de 2010
3. Duffie, J. A., Beckman, W. A., *Solar Engineering of Thermal Processes*, John Wiley & Sons, 3.ª ed., 2006
4. 1995 ASHRAE Handbook HVAC – Applications, ASHRAE research
5. 2000 ASHRAE Handbook HVAC – Systems & Equipment, ASHRAE research
6. 2009 ASHREA Handbook – Fundamentals, ASHRAE research
7. “*Sistemas Solares – Esquema de realização*”, revista Hidráulica nº. 27, Outubro de 2007, CALEFFI
8. “*Componentes para instalações Solares – Fevereiro de 2011*”, CALEFFI SOLAR
9. “*Manual de planificación*”, SONNENKRAFT, 2007
10. “*Manual de esquemas*”, SONNENKRAFT, 2006

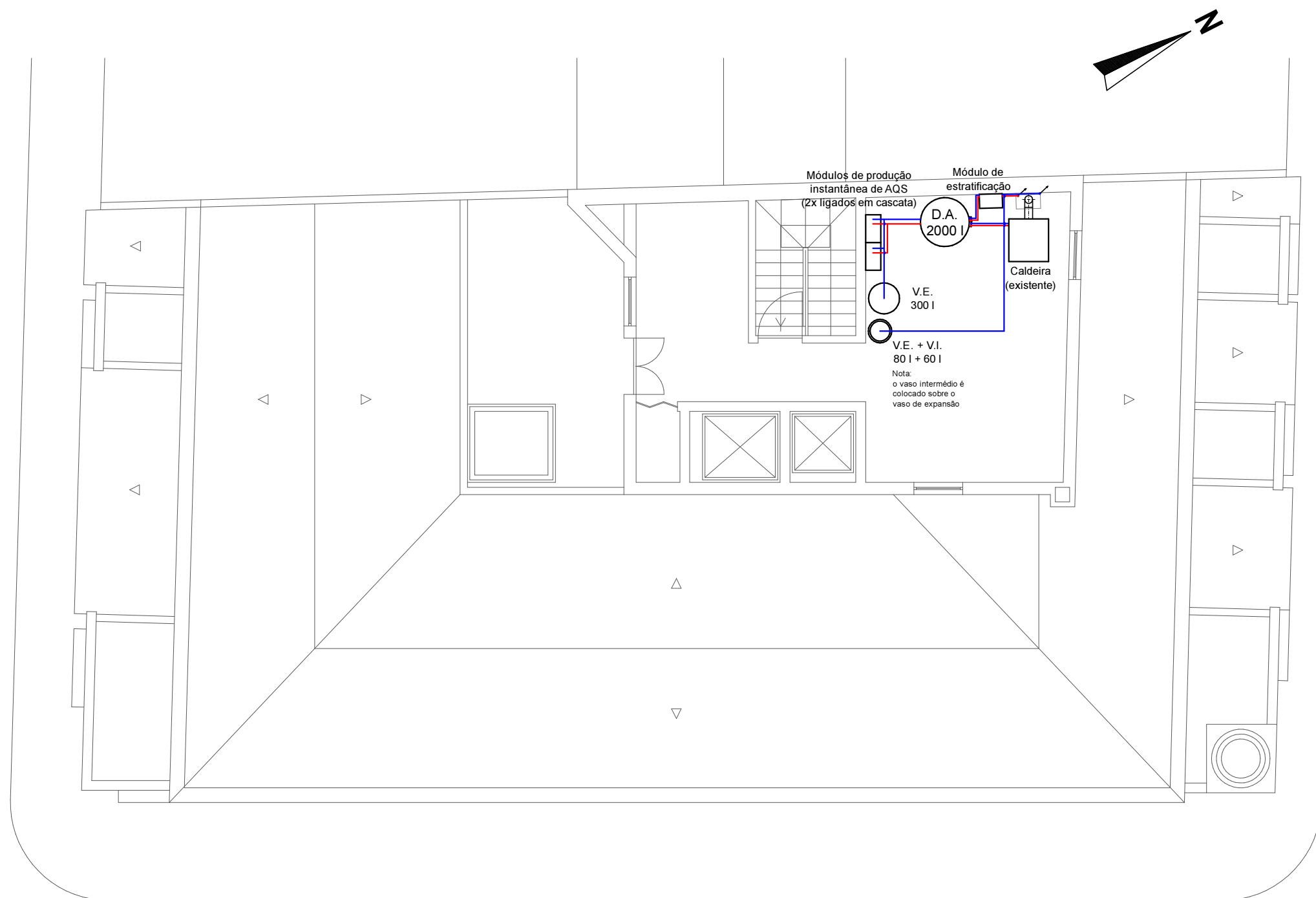
## **Anexo 1**

### Peças desenhadas

**Nota:**  
 Toda a tubagem no exterior, (incluindo acessórios), deverá ser isolada termicamente com proteção mecânica em chapa de alumínio, incluindo a tubagem de ligação ao dissipador.



Desenhou:	2015.02.20	A. Belo n.º 38683	<b>Instalação Solar Térmica para um Hotel de 3 estrelas em Évora</b>	António Pedro Belo n.º 38683
Verificou:	2015.02.23	Prof. A. Lamarão		Desenho n.º 1
Fevereiro de 2015			Localização dos equipamentos e traçado de tubagens Planta da Cobertura	
1:100				



Desenhou:	2015.02.20	A. Belo n.º 38683
Verificou:	2015.02.23	Prof. A. Lamarão

Fevereiro de 2015

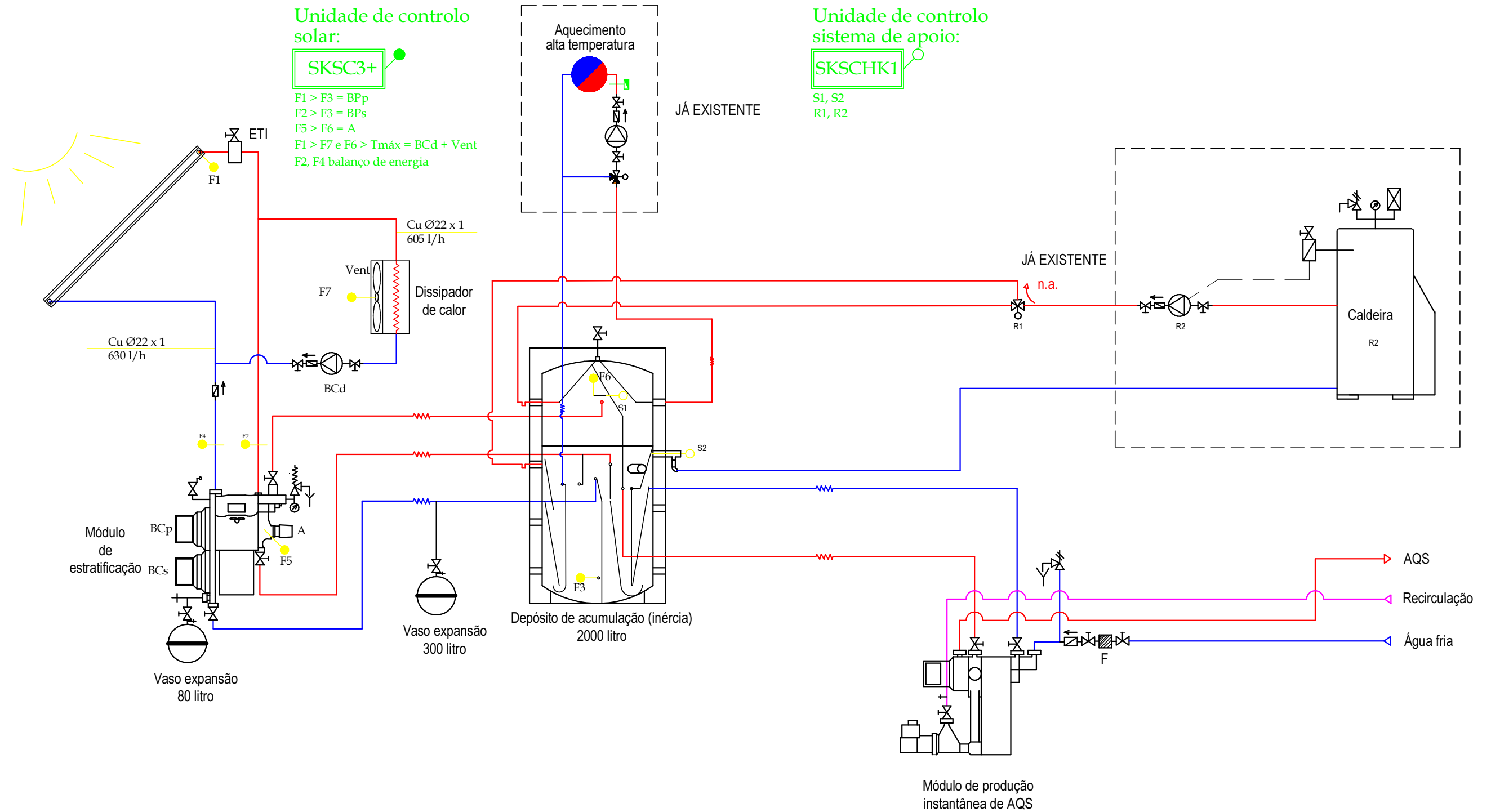
1:100

**Instalação Solar Térmica  
para um Hotel de 3 estrelas  
em Évora**

Localização dos equipamentos e traçado de tubagens  
Planta do Piso 3 (Central Térmica)

António Pedro Belo  
n.º 38683

Desenho n.º 2



Desenhou:	2015.02.20	A. Belo n.º 38683	Instalação Solar Térmica para um Hotel de 3 estrelas em Évora	António Pedro Belo n.º 38683
Verificou:	2015.02.23	Prof. A. Lamarão		Desenho n.º 3
Fevereiro de 2015			Esquema de princípio	
sem escala				

## **Anexo 2**

*Outputs do software SOLTERM*

*Relatório Energético*

*Relatório Económico-financeiro*

*Certificado SOLAR KEYMARK*

---

SolTerm 5.1

Licenciado a António Hugo Tavares da Silva Lamarão  
( )

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

---

Campo de colectores

---

Modelo de colector: Sonnenkraft SKR 500  
8 módulos (18,1 m<sup>2</sup>)  
Inclinação 45° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 3,821 W/m<sup>2</sup>/K      a2= 0,011 W/m<sup>2</sup>/K<sup>2</sup>

Rendimento óptico: 82,0%

Modificador de ângulo transversal: a    0°    5°    10°    15°    20°    25°    30°    35°    40°    45°  
50°    55°    60°    65°    70°    75°    80°    85°    90°  
1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,97  
0,96 0,93 0,89 0,83 0,77 0,58 0,38 0,19 0,00

Modificador de ângulo longitudinal: a    0°    5°    10°    15°    20°    25°    30°    35°    40°    45°  
50°    55°    60°    65°    70°    75°    80°    85°    90°  
1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 1,00 0,99 0,98 0,97  
0,96 0,93 0,89 0,83 0,77 0,58 0,38 0,19 0,00;

---

Permutador

---

Externo, com eficácia 75%

Caudal no grupo painel/permutador: 35,0 l/m<sup>2</sup> por hora (=0,18 l/s)

---

Depósito

---

Modelo: SONNENKRAFT PS2000-E  
Volume: 2000 l  
Área externa: 12,07 m<sup>2</sup>  
Material: médio condutor de calor - vitrificado  
Posição vertical  
Deflectores interiores  
Coeficiente de perdas térmicas: 2,69 W/K

Um conjunto depósito/permutador

---

Tubagens

---

Comprimento total: 29,5 m  
Percurso no exterior: 24,5 m com protecção mecânica  
Diâmetro interno: 20,0 mm  
Espessura do tubo metálico: 1,0 mm  
Espessura do isolamento: 30,0 mm  
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K  
Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

-----  
Carga térmica: segunda a sexta  
-----

Hotel Évora\_75C

Temperatura nominal de consumo: 75°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
02	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
03	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
04	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
05	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
06	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
07	21	26	36	36	44	47	50	72	51	39	31	26
08	71	89	122	120	147	159	167	243	171	131	105	89
09	112	140	192	188	231	251	263	382	270	206	165	140
10	40	50	69	67	83	90	94	137	97	74	59	50
11	49	62	85	83	102	110	116	168	119	91	73	62
12	35	44	61	59	73	79	83	120	85	65	52	44
13	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
14	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
15	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
16	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
17	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
18	71	89	122	120	147	159	167	243	171	131	105	89
19	93	117	160	156	192	208	218	317	224	171	137	117
20	35	44	61	59	73	79	83	120	85	65	52	44
21	28	35	48	47	58	63	66	96	68	52	41	35
22	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
23	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
24	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
diário	702	885	1208	1187	1458	1581	1657	2402	1698	1298	1037	885

-----  
Carga térmica: fim-de-semana  
-----

Hotel Évora\_75C

Temperatura nominal de consumo: 75°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55

Perfis de consumo (l)

hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
02	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
03	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
04	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
05	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
06	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
07	21	26	36	36	44	47	50	72	51	39	31	26
08	71	89	122	120	147	159	167	243	171	131	105	89
09	112	140	192	188	231	251	263	382	270	206	165	140
10	40	50	69	67	83	90	94	137	97	74	59	50
11	49	62	85	83	102	110	116	168	119	91	73	62
12	35	44	61	59	73	79	83	120	85	65	52	44
13	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
14	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
15	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
16	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
17	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
18	71	89	122	120	147	159	167	243	171	131	105	89
19	93	117	160	156	192	208	218	317	224	171	137	117
20	35	44	61	59	73	79	83	120	85	65	52	44
21	28	35	48	47	58	63	66	96	68	52	41	35
22	14	18	24	24	29	32	33	48	34	26	21	18
23	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
24	7	9	12	12	15	16	17	24	17	13	10	9
diário	702	885	1208	1187	1458	1581	1657	2402	1698	1298	1037	885

-----  
Localização, posição e envolvente do sistema  
-----

Concelho de Évora  
Coordenadas nominais: 38,5°N, 7,9°W  
TRY para RCCTE/STE e SOLTERM ( LNEG(2009) www.lneg.pt solterm.suporte@lneg.pt)

Obstruções do horizonte: por defeito

Orientação do painel: inclinação 45° - azimute 0°

-----  
Balanço energético mensal e anual  
-----

	Rad.Horiz. kWh/m <sup>2</sup>	Rad.Inclin. kWh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kWh	Fornecido kWh	Carga kWh	Apoio kWh
Janeiro	67	117	1,	372	506	134
Fevereiro	83	123	3,	458	576	118
Março	124	150	3,	647	871	224
Abril	159	164	9,	683	828	145
Maio	203	185	5,	905	1051	146
Junho	217	185	5,	975	1103	128
Julho	238	209	13,	1132	1195	63
Agosto	216	213	8,	1478	1732	253
Setembro	155	179	11,	1039	1185	146
Outubro	111	155	3,	799	936	137
Novembro	75	126	2,	555	723	168
Dezembro	62	112	,	481	638	157
Anual	1709	1918	64,	9524	11344	1819

Fracção solar: 84,0%

Rendimento global anual do sistema: 27%

Produtividade: 527 kWh/[m<sup>2</sup> colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

António Hugo Tavares da Silva Lamarão() | 20/02/2015 11:56:40 |

-----  
SolTerm 5.1

Licenciado a António Hugo Tavares da Silva Lamarão  
( )

Análise do interesse num investimento em energia solar  
vs. um certo outro investimento financeiro considerado seguro.

-----  
Parâmetros operacionais e económicos do sistema  
-----

Área de captação: 18,1 m<sup>2</sup>

Tempo de vida da instalação: 20 anos  
Renovação de componentes: no 11º ano

Componente fixa do preço: 24365 €  
Componente variável do preço: 420 €/m<sup>2</sup> de colector  
Preço total do sistema: 31959 €

Valor das renovações: 1,0 % do preço do sistema (320 € a preços actuais)  
Manutenção anual: 0,1 % do preço do sistema (32 € a preços actuais)  
Valor residual em fim de vida: 0,0 % do preço do sistema (0 € a preços actuais)

Custo da energia solar produzida: 0,117 €/kWh = 0,033 €/MJ (a preços actuais)

Fonte de energia convencional: Gasóleo  
Poder Calorífico Inferior: 42,80 MJ/kg  
Rendimento da transformação: 91 %  
Preço (actual): 1,000 €/kg = 0,026 €/MJ

Energia convencional deslocada: 9524 kWh/ano = 34288 MJ/ano

-----  
Cenário financeiro sobre 20 anos  
-----

Taxa de inflacção média: 2,0 % ao ano  
Deriva média do preço da energia: 2,0 % ao ano  
Rendimento de aplicação financeira segura: 2,5 % ao ano

-----  
Síntese de resultados da análise  
-----

Opção: aplicação num sistema solar  
-----

Investimento: -31959 €  
Manutenção: -792 €  
Reparações: -397 €  
Gastos com energia: -5007 €

Proveniente de reinvestimentos\*: 5909 €  
Valor residual em fim-de-vida: 0 €

(\*) custos energéticos evitados disponíveis  
para reinvestimentos = 26215 €



ANEXO: Informação adicional

Tabela de cash-flow anual para a operação do sistema solar

Ano	Preço do sistema acumulado	Incentivos	Manutenção	Reparações	Custo evitado	Salvados	Balanço anual	Balanço simples (**)
0	-31959 €						-31959 €	-31959 €
1			-33 €		880 €		848 €(*)	-31111 €
2			-33 €		916 €		882 €(*)	-30229 €
3			-34 €		952 €		918 €(*)	-29310 €
4			-35 €		990 €		956 €(*)	-28355 €
5			-35 €		1030 €		995 €(*)	-27360 €
6			-36 €		1071 €		1035 €(*)	-26325 €
7			-37 €		1114 €		1077 €(*)	-25248 €
8			-37 €		1158 €		1121 €(*)	-24127 €
9			-38 €		1205 €		1167 €(*)	-22960 €
10			-39 €		1253 €		1214 €(*)	-21746 €
11			-40 €	-397 €	1303 €		866 €(*)	-20880 €
12			-41 €		1355 €		1315 €(*)	-19565 €
13			-41 €		1409 €		1368 €(*)	-18197 €
14			-42 €		1466 €		1424 €(*)	-16773 €
15			-43 €		1524 €		1481 €(*)	-15292 €
16			-44 €		1585 €		1542 €(*)	-13750 €
17			-45 €		1649 €		1604 €(*)	-12146 €
18			-46 €		1715 €		1669 €(*)	-10477 €
19			-47 €		1783 €		1737 €(*)	-8740 €
20			-47 €		1855 €	0 €	1807 €	-6933 €(***)

(\*) disponível para reinvestimentos a receber no final do período em análise

(\*\*) i.e. balanço excluindo os reinvestimentos

(\*\*\*) adicionar 5909 € resultado de reinvestimentos

António Hugo Tavares da Silva Lamarão() | 26/02/2015 16:04:46 |



## **Anexo 3**

*Output do software ELSA 2*

*(Dimensionamento do permutador de calor de placas)*

**Reference :**

Dated : 19/02/2015

Page : 1 / 2

**Universidade do Algarve - Instituto Superior de Engenharia****Your contact : António Hugo Lamarão**

Telephone : 289 800 100

Fax :

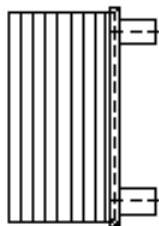
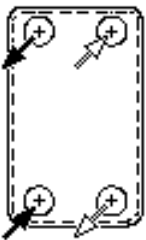
e-mail : alamarao@ualg.pt

**Customer : António Pedro Belo**

Contact : Timor Leste

**Your reference : MECE****BRAZED PLATES HEAT EXCHANGER - EXEL  
EXL 4A 14S DIDIDI***Very economic heat exchanger for its basic cost, easy installation and maintenance. Very light and compact it is easy to install. EXEL has a very high pressure whistand because it is entirely brazed.***Duty 6 870 W**

	<b>Water</b>	<b>MEG 25%</b>
Inlet / outlet temperature	40 / 55 °C	60 / 50 °C
Flow	398 l/h	630 l/h
Pressure drop	71 mmWC	135 mmWC
Fouling	0,000005 m2.K/W	0,000005 m2.K/W
Working pressure (Max allowable)	3 000 / 30 000 HPa	2 000 / 30 000 HPa
Max. service temperature	55 °C	60 °C
Inlet/outlet piping	With groove	Without groove



Dimensions (W × D × H)	59 x 125 x 361 mm
Weight (empty)	4.5 kg
Total volume:	0.975 l
Plates	Stainless 316
Brazings	Copper
Connections st. steel 304	screw-on 1" gaz brazing 22 or 22.23 mm
Fluids circulation	Counter flow

Construction in accordance with our standard  
PED 97/23/EC hot/cold: Article 3.3 / Article 3.3

Control factory

Our units are guaranteed against all manufacturing faults but we are not responsible in case of corrosion

Description	Quantity	
<b>EXL 4A 14S DIDIDI</b>	<b>1</b>	
- Melamine heat insulation kit	1	
- Supported by studs welded to the rear panel	1	

Your reference : MECE

## BRAZED PLATES HEAT EXCHANGER - EXEL EXL 4A 14S DIDIDIDI

Required capacity	6 870 W
Oversizing factor	9.74 %
Installed area	0,462 m <sup>2</sup>
Number of plates	14
Fluids circulation	Counter flow
Global heat exchange coefficient	2 260 W/m <sup>2</sup> .°C
LMTD	7,213 °C

=====

	Circuit 2	Circuit 1
Fluids	MEG 25%	Water
Flow	630 l/h	398 l/h
Speed in the channel	0,110 m/s	0,0818 m/s
Inlet / outlet temperature	60 / 50 °C	40 / 55 °C
Pressure drop	135 mmWC	71 mmWC
Fouling factor	0,000005 m <sup>2</sup> .K/W	0,000005 m <sup>2</sup> .K/W

=====

Thermo hydraulic data		
Reference temperature	55,0 °C	47,5 °C
Density	1 010 kg/m <sup>3</sup>	988 kg/m <sup>3</sup>
Specific heat	3,89 kJ/kg.K	4,18 kJ/kg.K
Conductibility	0,524 W/m.°C	0,640 W/m.°C
Dynamic viscosity	0,000844 Pa.s	0,000574 Pa.s

## **Anexo 4**

*Output do software WILO Select 3*

*(Dimensionamento das bombas de circulação)*





WILO SE  
 Nortkirchenstr. 100  
 D 44263 Dortmund  
 Phone 0231/4102-0  
 Fax 0231/4102-7363

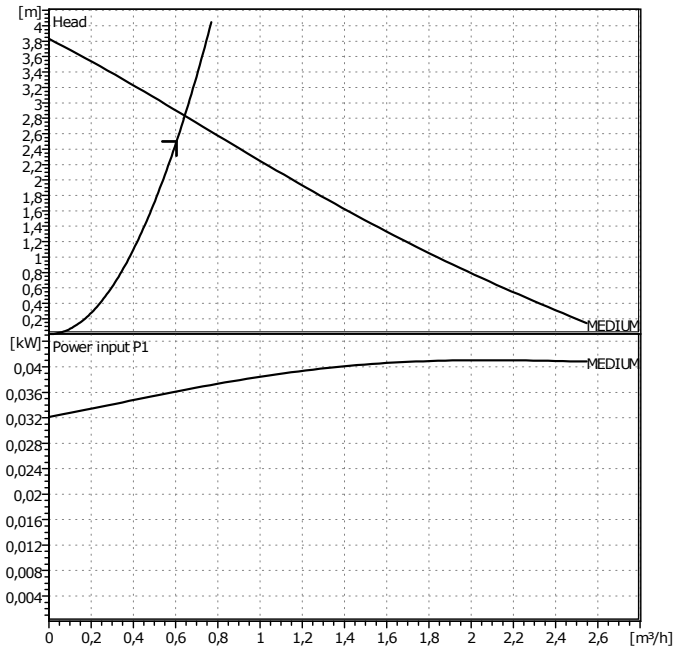
**Star-STG 15/4**  
 System: Standard pump

**wilo**

Customer  
 Customer no.  
 Contact  
 Care of

Project António Belo - MECE  
 Project no.  
 Position no. Bcd  
 Location

Page 1 / 1  
 Date 23.02.2015



**Requested data**

Flow 0,605 m³/h  
 Head 2,5 m  
 Fluid Propylene glycol (25)  
 Fluid temperature 90 °C  
 Density 1,026 kg/dm³  
 Kinematic viscosity 2,621 mm²/s  
 Vapor pressure 0 bar

**Pump data**

Make WILO  
 Type Star-STG 15/4  
 Pumpe type Single head pump  
 Pressure rating PN10  
 Min. fluid temperature -10 °C  
 Max. fluid temperature 110 °C

**Hydraulic data (duty point)**

Flow 0,644 m³/h  
 Head 2,83 m  
 Power input P1 36,4 W  
 Speed 0 1/min

**Minimum suction head**

Temperature	50	95	110		°C
Minimum suction head	0,5	3	10		m

**Materials / Shaft seal**

Housing Grade 14 cast iron - cataphoresis-coating  
 Impeller Polypropylene  
 Shaft Stainless steel (X 40 Cr 13)  
 Bearing Graphite

**Dimensions per pump**

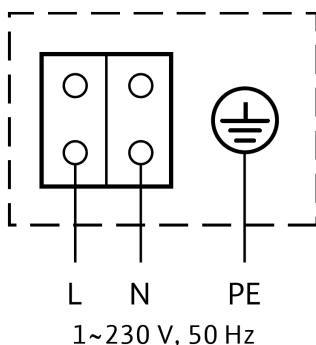
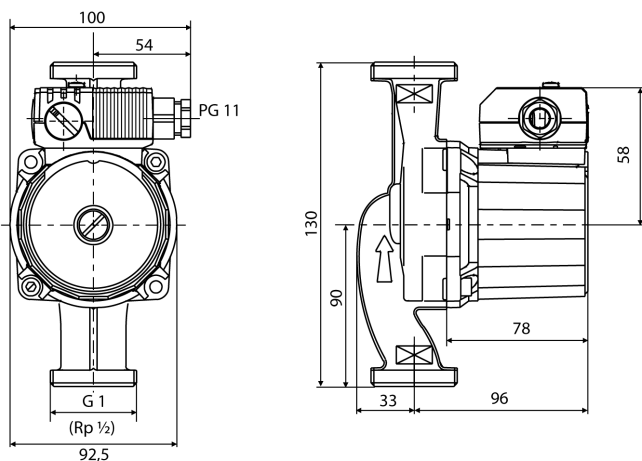
Dimensions per pump						mm

Suction side ½"/G 1 / PN 10  
 Discharge side ½"/G 1 / PN 10  
 Weight 2,2 kg

**Motordata per Motor/Pump/**

Rated power P2 15,5 W  
 Power input P1 48 W  
 Nominal speed 2720 1/min  
 Rated voltage 1~230 V, 50 Hz  
 Max. current 0,21 A  
 Degree of protection IP 44  
 Permitted voltage tolerance +/- 10%

Item no. of standard version 4056933



Von Profis. Für Qualität.

## **Anexo 5**

*Output do software REFLEX Pro*

*(Dimensionamento dos vasos de expansão)*

**Project:** MECE  
**Date:** 19/02/2015  
**Page:** 1

**Administrator:** AHL

**Project number:** António\_Belo

## Data of the solar system

Collector volume	Vk	27 Litre
collector surface	Ak	18,0 m <sup>2</sup>
Content of pipelines	Vr	10 Litre
Content of the heat exchanger or buffer tank	Vwt	1 Litre
Installation contents	Va	11 Litre
Max. collector temp. at system standstill		174 °C
Minimum system temperature	t <sub>min</sub>	-14 °C
Antifreeze		25 %
Expansion	n	6,6 %
static pressure	p <sub>st</sub>	0,2 bar (o)
Evaporation temperature	t <sub>d</sub>	120 °C
Evaporation temperature	p <sub>d</sub>	0,8 bar (o)
Minimum operation-/precharge pressure	p <sub>o</sub>	1,9 bar (o)
Safety valve opening pressure	p <sub>sv</sub>	6,0 bar (o)
Installation end pressure	p <sub>e</sub>	5,4 bar (o)
System filling pressure (10 °C filling temp.)	p <sub>F</sub>	2,4 bar (o)
Maximum vessel diameter		2 000 mm
Maximum vessel height		8 000 mm

Evaporation in between 120,0 °C and 174,0 °C

Approximate values for the system operating pressure = filling pressure at corresponding temperature

max. system temp. in °C	-14	-10	0	10	20	30	40	50	60	70
Pressure in bar (ü)	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4

max. system temp. in °C	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
Pressure in bar (ü)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4

max. system temp. in °C	174
Pressure in bar (ü)	5,4

The indicated values in this table can only be accurate if the real system data are in accordance with the calculation criteria.

**Project:** MECE  
**Date:** 19/02/2015  
**Page:** 2

**Administrator:** AHL

**Project number:** António\_Belo

## 1. Protection for the solar system

Position	Article no.	quantity	Item text	Price	Total price
1.1	8210300	1	reflex S, membrane expansion vessel for closed solar, heating and cooling systems, built acc. to EN 13831. Approval acc. to EU Pressure Equipment Directive 97/23/EC.Suitable for use wi anti-frost mixture.  -durable external epoxy coated finish -non-replaceable membrane -anti-frost mixture up to 50% -type 'S 33' with wall fixing straps -from type 'S 50' with foot construction  Type : S 80 Nominal volume : 80 l Useful volume max: : 72 l perm. flow temp. supp. Ins.: 120 °C perm. op. temp. diaphragm : 70 °C perm. op. overpressure : 10 bar Gas inlet press. Ex works : 3,0 bar Gas inlet press. set : 1,9 bar Diameter : 480 mm Height : 538 mm Net weight : 14,6 kg System connection : R 1 Colour : grey	363,00€	363,00€
1.2	7613100	1	Reflex Lockshield valve, shut off/drain, for membrane expansion vessels in sealed heating and cooling systems. With a protected shut-open facility against inadvertent closing, also with drain outlet (draining vessel contents) acc. to EN 12828.  Type: SU R 1 x 1 Connection: R 1 x R 1 perm. op. pressure: PN 10 perm. op. temperature: 120 °C	44,80€	44,80€

**Project:** MECE  
**Date:** 19/02/2015  
**Page:** 3

**Administrator:** AHL

**Project number:** António\_Belo

Position	Article no.	quantity	Item text	Price	Total price
1.3	8402600	1	<p>Reflex Intermediate Tank,  for the cooling of system media in front  of membrane expansion vessels.</p> <p>Mandatory for the temperature protection of the mem-  brane if temperature loads for heating  water, cooling, and solar circuits with  return flow temperatures higher than  70 °C and lower than 4 °C.</p> <p>Construction:steel with feet 60&gt;5000 ltr  Protection:external powder epoxy coated  finish.</p> <p>Threaded connections 6&gt;20 ltr  Flanged connections 60&gt;5000 ltr</p> <p>Approval according to EU directive  97/23/EC on pressure equipment.</p> <p>Type : V 60  Nominal volume : 60 l  perm.temp. supply system : 120 °C  perm. op. overpressure : 10 bar  Diameter : 409 mm  Height : 732 mm  Empty weight : 23 kg  System connection : R 1  Colour : grey</p>	369,00€	369,00€
1.4		1	<p>Safety valve for solar systems,  code letter H, D/G/H or F acc. To  TRD 721.</p> <p>Inlet connector : DN 15  Collector inlet surface : &lt;=50 m²  Opening pressure : 6 bar  T H I R D P A R T Y P R O D U C T</p>	.....	.....
1.5	9250600	1	<p>Reflex Exvoid-T Solar,  high venting capacity automatic air vent  for solar and heating respectively  sealed system circuits.</p> <p>Designed to facilitate venting or  admitting air into the system with high  reliability.  Safe operation even if the system medium  is charged with impurities.</p> <p>Type : 1/2 S  Housing material : brass  System connection : Rp 1/2  max. operating pressure: 10 bar  max. operating temperature: 180 °C  Height: 112 mm  Diameter : 65 mm  Weight : 0,6 kg</p>	78,00€	78,00€

Articles without article-no. Are not part of the Reflex delivery program

Project: MECE  
 Date: 22/02/2015  
 Page: 1

Administrator: AHL

Project number: António\_Belo

## Data of the heating system

No.	Heat generator Type	Output [in kW]	Water content [ Litre ]	Expansion pipe	
				L <= 10m	10 < L <= 30m
1	Total energy unit	81	49	DN 20	DN 20
2	Heat exchanger / tprim=75 °C	216	130	DN 20	DN 20
	<b>Total</b>	<b>297</b>	<b>179</b>	<b>DN 20</b>	<b>DN 20</b>

Lay out design according to

EN 12828, VDI 4708

Flow temperature	tv	75,0 °C
Return temperature	tr	55,0 °C
Expansion	n	2,6 %
Antifreeze		0,0 %
Setpoint safety temperature limiter (-controller)		80,0 °C
Static pressure	pst	1,0 bar (o)
Minimum operation-/precharge pressure	po	1,2 bar (o)
Safety valve opening pressure	psv	2,5 bar (o)
Maximum system pressure	pe	2,0 bar (o)
Setpoint value minimum pressure limiter		0,0 bar (o)
Setpoint safety pressure limiter		0,0 bar (o)
Requirements regarding functioning: Pressurization and volume compensation / Protection of the system by a dirt separator equipped with a magnet rod.		
Water make-up supply pressure	pn	3,5 bar (o)
Maximum vessel diameter		2 000 mm
Maximum vessel height		8 000 mm

Type of heating surface	Share in kW	Content in litre
1. Flat radiator	0	0
Content of the long distance pipelines		157
Content of other equipment (e.g. storage tanks)		144
<b>System/circuit content</b>		<b>301</b>
Content heat generator Vk		179
Buffer tank		2 000
<b>Total system content Va</b>		<b>2 480</b>
Expansion volume	Ve	63 Litre
Water reserve		0,5 %
DIN 4807: min. 0,5% or 3 litres	or	12 Litre
Real water reserve		1,3 %
	or	31 Litre

Approximate values for the system operating pressure = filling pressure at corresponding temperature

max. system temp. in °C	10	20	30	40	50	60	70
Pressure in bar (ü)	1,5	1,5	1,5	1,6	1,7	1,9	1,9

The indicated values in this table can only be accurate if the real system data are in accordance with the calculation criteria.

**Project:** MECE  
**Date:** 22/02/2015  
**Page:** 2

**Administrator:** AHL

**Project number:** António\_Belo

## 1. Protection system/circuit

Position	Article no.	quantity	Item text	Price	Total price
1.1	8215300	1	Reflex N, diaphragm expansion vessel for closed heating and cooling systems, built acc. to EN 13831. Approval acc. to EU Pressure Equipment Directive 97/23/EC. -foot construction from 35 ltr and above -durable external powder coated finish -non-replaceable diaphragm  Type : N 300 Nominal volume : 300 l Useful volume max: 270 l perm. flow temp. supp. Ins.: 120 °C perm. op. temp. diaphragm : 70 °C perm. op. overpressure : 6 bar Gas inlet press. Ex works : 1,5 bar Gas inlet press. set : 1,2 bar Diameter : 634 mm Height : 1 092 mm Net weight : 27,0 kg System connection : R 1 Colour : grey	535,00€	535,00€
1.2	8252110	1	Reflex Exdirt, dirt and sludge separator for heating and cooling systems respectively for sealed system circuits.  Suitable for use with water and water/glycol mixture to a maximum of 40% concentration.  Fitting for the removal of dirt par- ticles up to a size of 0,5 µm out of the liquid flow by way of a specifi- cally designated insert.  The collection area can be easily emptied at regular intervals using a drain ball valve while the system re- mains in operation. The flanged collec- tion chamber can be removed for inspec- tion.  Type : D 76.1 Housing material : steel coated Installation model: horizontal Connection type : welding ends System connection : 76,1 mm Drain connection : Rp 1 max. operating pressure: 10 bar max. operating temperature: 110 °C max. flow : 20 m³/h kvs : 121,7 m³/h Length : 260 mm Height : 445 mm Diametre : 132 mm Weight : 3 kg	547,00€	547,00€
1.3	9254831	1	Reflex Exiso, Thermal EPP foam insulation for Reflex Exvoid microbubble separators or Exdirt dirt separators. Consists of two formed sections which are easily individually adaptable using cut off marks. Inclusive snap closure or tightening strap.	132,00€	132,00€

**Project:** MECE  
**Date:** 22/02/2015  
**Page:** 3

**Administrator:** AHL

**Project number:** António\_Belo

Position	Article no.	quantity	Item text	Price	Total price
			Type : 50 - 76.1 Height : 447 mm Diameter : 228 mm Lagging thickness : 31 mm max. operating temperature: 110 °C		
1.4		1	Separator is also available in an in line vertical installation design to suit your application.	.....	.....
1.5	9258300	1	Type : D 50-114.3 Length : 300 mm Diameter : 25 mm Thread connection : G1	385,00€	385,00€

**Project:** MECE  
**Date:** 22/02/2015  
**Page:** 4

**Administrator:** AHL

**Project number:** António\_Belo

## 2. Protection for the heat generator 1

Position	Article no.	quantity	Item text	Price	Total price
2.1	7613100	1	Reflex Lockshield valve, shut off/drain, for membrane expansion vessels in sealed heating and cooling systems. With a protected shut-open facility against inadvertent closing, also with drain outlet (draining vessel contents) acc. to EN 12828.  Type: SU R 1 x 1 Connection: R 1 x R 1 perm. op. pressure: PN 10 perm. op. temperature: 120 °C	44,80€	44,80€
2.2	9251030	1	Reflex Exvoid, air/microbubble separator for heating and cooling systems respectively for sealed system circuits.  Suitable for use with water and water/glycol mixture to a maximum of 40% concentration.  Removes circulating free air and gas bubbles with high efficiency from the system flow. Permanent evacuation by way of integrated 'extop' automatic air vent with high venting capacity. Facilitating hydraulic balancing after filling operations with minimum pressure drop.  Type : A 1 1/4 Housing material : brass Installation model: horizontal Connection type : thread System connection : Rp 1 1/4 max. operating pressure: 10 bar max. operating temperature: 110 °C max. flow : 3,7 m³/h kvs : 31,8 m³/h Length : 88 mm Height: : 200 mm Diametre : 65 mm Weight : 1,4 kg	99,00€	99,00€
2.3	9254811	1	Reflex Exiso, Thermal EPP foam insulation for Reflex Exvoid microbubble separators or Exdirt dirt separators. Consists of two formed sections which are easily individually adaptable using cut off marks. Inclusive snap closure or tightening strap.	22,00€	22,00€
2.4	9250000	1	Reflex Exvoid-T, high venting capacity automatic air vent for heating and cooling systems respectively sealed system circuits.  Designed to facilitate venting or admitting air into the system with high reliability. Safe operation even if the system medium is charged with impurities.  Type : 1/2 Housing material : brass System connection : Rp 1/2 max. operating pressure: 10 bar	50,00€	50,00€

**Project:** MECE  
**Date:** 22/02/2015  
**Page:** 5

**Administrator:** AHL

**Project number:** António\_Belo

Position	Article no.	quantity	Item text	Price	Total price
			max. operating temperature: 110 °C		
			Height: : 112 mm		
			Diameter : 65 mm		
			Weight : 0,6 kg		
2.5		1	Safety valve for heat generators, acc. to TRD 721, code letter H.	.....	.....
			Nominal inlet width : G 3/4		
			Nominal outlet width : G 1		
			Drainage rate required : 81 kW		
			Opening pressure : 2,5 bar		
			T H I R D P A R T Y P R O D U C T		

Project: MECE  
 Date: 22/02/2015  
 Page: 6

Administrator: AHL

Project number: António\_Belo

**3. Protection for the heat generator 2**

Position	Article no.	quantity	Item text	Price	Total price
3.1	7613100	1	<p>Reflex Lockshield valve, shut off/drain, for membrane expansion vessels in sealed heating and cooling systems. With a protected shut-open facility against inadvertent closing, also with drain outlet (draining vessel contents) acc. to EN 12828.</p> <p>Type: SU R 1 x 1                      Connection: R 1 x R 1                      perm. op. pressure: PN 10                      perm. op. temperature: 120 °C</p>	44,80€	44,80€
3.2	8251100	1	<p>Reflex Exvoid, air/microbubble separator for heating and cooling systems respectively for sealed system circuits.</p> <p>Suitable for use with water and water/glycol mixture to a maximum of 40% concentration.</p> <p>Removes circulating free air and gas bubbles with high efficiency from the system flow. Permanent evacuation by way of integrated 'extop' automatic air vent with high venting capacity. Facilitating hydraulic balancing after filling operations with minimum pressure drop.</p> <p>Type : A 60.3                      Housing material : steel coated                      Installation model: horizontal                      Connection type : welding ends                      System connection : 60,3 mm                      max. operating pressure: 10 bar                      max. operating temperature: 110 °C                      max. flow : 12,5 m³/h                      kvs : 72,2 m³/h                      Length : 260 mm                      Height: 602 mm                      Diametre : 132 mm                      Weight : 3,0 kg</p>	612,00€	612,00€
3.3	9254831	1	<p>Reflex Exiso, Thermal EPP foam insulation for Reflex Exvoid microbubble separators or Exdirt dirt separators. Consists of two formed sections which are easily individually adaptable using cut off marks. Inclusive snap closure or tightening strap.</p> <p>Type : 50 - 76.1                      Height : 447 mm                      Diameter : 228 mm                      Lagging thickness : 31 mm                      max. operating temperature: 110 °C</p>	132,00€	132,00€
3.4		1	<p>Separator is also available in an in line vertical installation design to suit your application.</p>	.....	.....
3.5	9250000	1	<p>Reflex Exvoid-T, high venting capacity automatic air vent for heating and cooling systems respectively sealed system circuits.</p>	50,00€	50,00€

Project: MECE  
 Date: 22/02/2015  
 Page: 7

Administrator: AHL

Project number: António\_Belo

Position	Article no.	quantity	Item text	Price	Total price
			Designed to facilitate venting or admitting air into the system with high reliability. Safe operation even if the system medium is charged with impurities.  Type : 1/2 Housing material : brass System connection : Rp 1/2 max. operating pressure: 10 bar max. operating temperature: 110 °C Height: : 112 mm Diameter : 65 mm Weight : 0,6 kg		
3.6		1	Safety valve for heat generators, acc. to TRD 721, code letter H.  Nominal inlet width : G 1 1/4 Nominal outlet width : G 1 1/2 Drainage rate required : 216 kW Opening pressure : 2,5 bar T H I R D P A R T Y P R O D U C T	.....	.....

Articles without article-no. Are not part of the Reflex delivery program

## **Anexo 6**

### *Lista de Medições e Estimativa Orçamental*

**Projecto:** Instalação solar térmica para a produção de AQS e aquecimento ambiente de um hotel

**Dono da Obra:** -

**Local da Obra:** concelho de Évora

**LISTA DE MEDIÇÕES**

IT	Designação	Qtd.	Dim.	Preço Unit.	Preço Total	Observações/Referências
<b>INSTALAÇÃO SOLAR</b>						
1	Coletor solar plano selectivo, incluindo os acessórios de ligação.	8	uni.			ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo SKR500
2	Estrutura para apoio e fixação da bateria de 4 coletores solares sobre cobertura plana, com inclinação de 45°	2	uni.			ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo BBALSKR45
3	Depósito de acumulação (inércia) com capacidade de 2000 litros, com isolamento térmico com espessura de 100 mm	1	uni.			ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo PS2000E
4	Módulo de estratificação, incluindo permutador de calor, bombas de circulação, válvula de 3 vias, unidade de controlo solar, acessórios, isolamento térmico e sistema de montagem em parede, conforme CE	1	uni.			ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo SLM50HE
5	Módulos de água quente instantânea em cascata (2x), com bombas de circulação e retorno, acessórios, isolamento térmico e estrutura para montagem na parede de 2 módulos	1	uni.			ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo 2xFWM30i-CU + FWMi-WMS-CFK + FWMi-C-CFK
6	Unidade de controlo do sistema de apoio	1	uni.			ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo SKSCHK1
7	Vaso de expansão solar de 80 litros, incluindo acessórios de montagem e de ligação.	1	uni.			ref.ª marca REFLEX, modelo S80
8	Vaso intermédio com 60 litros, incluindo acessórios de montagem e de ligação	1	uni.			ref.ª marca REFLEX, modelo V60
9	Vaso de expansão de 300 litros, para circuito de acumulação e distribuição, incluindo acessórios de montagem e ligação	1	uni.			ref.ª marca REFLEX, modelo N300
10	Unidade de dissipação de calor, incluindo acessórios de ligação, montagem e de proteção contra a intempérie	1	uni.			ref.ª marca TROIA Relopa, modelo DSC 12-4
11	Bomba de circulação do circuito de dissipação - BCd, incluindo acessórios de ligação e de montagem	1	uni.			ref.ª marca WILO, modelo STAR-STG 15/4
12	Tubagem em cobre com isolamento térmico do tipo ARMAFLEX S (HT), Ø 22x1, incluindo acessórios de fixação e montagem	6	ml.			
13	Tubagem em cobre com isolamento térmico do tipo ARMAFLEX S (HT), Ø 28x1, incluindo acessórios de fixação e montagem	10	ml.			
14	Tubagem em cobre com isolamento térmico do tipo ARMAFLEX S (HT) com protecção mecânica, Ø 20x1, incluindo acessórios de fixação e montagem	13	ml.			
15	Tubagem em cobre com isolamento térmico do tipo ARMAFLEX S (HT) com protecção mecânica, Ø 22x1, incluindo acessórios de fixação e montagem	18	ml.			
<b>Acessórios</b>						
16	Válvula motorizada de 3 vias DN 3/4" (para circuito auxiliar da caldeira), incluindo atuador 24 V	1	uni.			ref.ª marca TACONOVA, modelo NOVAZONE Ball
17	Válvula de seccionamento DN 1"	10	uni.			ref.ª marca CALEFFI (aquecimento)
18	Válvula de retenção DN 1" F/F	1	uni.			ref.ª marca CALEFFI
19	Válvula de segurança DN 1/2" a 3 bar (circuito de aquecimento)	1	uni.			ref.ª marca CALEFFI (aquecimento)
20	Purgador de ar automático DN 3/8", com torneira	3	uni.			ref.ª CALEFFI (solar)
21	Purgador de ar automático DN 3/8"	2	uni.			ref.ª marca CALEFFI (aquecimento)
22	Valvula de equilibrio de caudal DN 20 (com isolamento térmico)	2	uni.			ref.ª marca TACONOVA, modelo TacoSetter Bypass Solar 130
<b>Instalação elétrica</b>						
23	Quadro elétrico de potência e comando, incluindo cablagem elétrica	1	vg			
<b>Outros</b>						
24	Interligação com o sistema de apoio existente	1	vg			
25	Interligação com o sistema de aquecimento existente	1	vg			

Total:

Projecto: Instalação solar térmica para a produção de AQS e aquecimento ambiente de um hotel

Dono da Obra: -

Local da Obra: concelho de Évora

ESTIMATIVA ORÇAMENTAL							
IT	Designação	Qtd.	Dim.	Preço Unit.	Preço Total	Observações/Referências	
	<b>INSTALAÇÃO SOLAR</b>						
1	Colector solar plano selectivo, incluindo os acessórios de ligação.	8	uni.	950,00 €	7 600,00 €	ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo SKR500	
2	Estrutura para apoio e fixação da bateria de 4 coletores solares sobre cobertura plana, com inclinação de 45°	2	uni.	1 750,00 €	3 500,00 €	ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo BBALSKR45	
3	Depósito de acumulação (inércia) com capacidade de 2000 litros, com isolamento térmico com espessura de 100 mm	1	uni.	2 900,00 €	2 900,00 €	ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo PS2000E	
4	Módulo de estratificação, incluindo permutador de calor, bombas de circulação, válvula de 3 vias, unidade de controlo solar, acessórios, isolamento térmico e sistema de montagem em parede, conforme CE	1	uni.	3 350,00 €	3 350,00 €	ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo SLM50HE	
5	Módulos de água quente instantânea em cascata (2x), com bombas de circulação e retorno, acessórios, isolamento térmico e estrutura para montagem na parede de 2 módulos	1	uni.	9 420,00 €	9 420,00 €	ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo 2xFWM30i-CU + FWMi-WMS-CFK + FWMi-C-CFK	
6	Unidade de controlo do sistema de apoio	1	uni.	350,00 €	350,00 €	ref.ª marca SONNENKRAFT, modelo SKSCHK1	
7	Vaso de expansão solar de 80 litros, incluindo acessórios de montagem e de ligação.	1	uni.	400,00 €	400,00 €	ref.ª marca REFLEX, modelo S80	
8	Vaso intermédio com 60 litros, incluindo acessórios de montagem e de ligação	1	uni.	400,00 €	400,00 €	ref.ª marca REFLEX, modelo V60	
9	Vaso de expansão de 300 litros, para circuito de acumulação e distribuição, incluindo acessórios de montagem e ligação	1	uni.	580,00 €	580,00 €	ref.ª marca REFLEX, modelo N300	
10	Unidade de dissipação de calor, incluindo acessórios de ligação, montagem e de proteção contra a intempérie	1	uni.	680,00 €	680,00 €	ref.ª marca TROIA Relopa, modelo DSC 12-4	
11	Bomba de circulação do circuito de dissipação - BCD, incluindo acessórios de ligação e de montagem	1	uni.	230,00 €	230,00 €	ref.ª marca WILO, modelo STAR-STG 15/4	
12	Tubagem em cobre com isolamento térmico do tipo ARMAFLEX S (HT), Ø 22x1, incluindo acessórios de fixação e montagem	6	ml.	15,00 €	90,00 €		
13	Tubagem em cobre com isolamento térmico do tipo ARMAFLEX S (HT), Ø 28x1, incluindo acessórios de fixação e montagem	10	ml.	18,50 €	185,00 €		
14	Tubagem em cobre com isolamento térmico do tipo ARMAFLEX S (HT) com proteção mecânica, Ø 20x1, incluindo acessórios de fixação e montagem	13	ml.	18,00 €	234,00 €		
15	Tubagem em cobre com isolamento térmico do tipo ARMAFLEX S (HT) com proteção mecânica, Ø 22x1, incluindo acessórios de fixação e montagem	18	ml.	20,00 €	360,00 €		
	<b>Acessórios</b>						
16	Válvula motorizada de 3 vias DN 3/4" (para circuito auxiliar da caldeira), incluindo atuador 24 V	1	uni.	350,00 €	350,00 €	ref.ª marca TACONOVA, modelo NOVAZONE Ball	
17	Válvula de seccionamento DN 1"	10	uni.	15,00 €	150,00 €	ref.ª marca CALEFFI (aquecimento)	
18	Válvula de retenção DN 1" F/F	1	uni.	15,00 €	15,00 €	ref.ª marca CALEFFI	
19	Válvula de segurança DN 1/2" a 3 bar (circuito de aquecimento)	1	uni.	15,00 €	15,00 €	ref.ª marca CALEFFI (aquecimento)	
20	Purgador de ar automático DN 3/8", com torneira	3	uni.	30,00 €	90,00 €	ref.ª CALEFFI (solar)	
21	Purgador de ar automático DN 3/8"	2	uni.	20,00 €	40,00 €	ref.ª marca CALEFFI (aquecimento)	
22	Valvula de equilíbrio de caudal DN 20 (com isolamento térmico)	2	uni.	60,00 €	120,00 €	ref.ª marca TACONOVA, modelo TacoSetter Bypass Solar 130	
	<b>Instalação elétrica</b>						
23	Quadro elétrico de potência e comando, incluindo cablagem elétrica	1	vg	600,00 €	600,00 €		
	<b>Outros</b>						
24	Interligação com o sistema de apoio existente	1	vg	150,00 €	150,00 €		
25	Interligação com o sistema de aquecimento existente	1	vg	150,00 €	150,00 €		
Total:						31 959,00 €	