



Energias Renováveis para Águas Quentes Sanitárias

Tese submetida para o grau de Mestre em Engenharia Civil no Centro de Ciências Exatas e da
Engenharia da Universidade da Madeira

por

PATRÍCIA SOFIA SILVA RODRIGUES

Orientador

Lino Manuel Serra Maia

(Universidade da Madeira)

setembro 2014

Título: Energias Renováveis para Águas Quentes Sanitárias

Palavras-chave: Energias renováveis, águas quentes sanitárias, certificado energético.

Keywords: Renewable energies, domestic hot water, energetic certification.

Autor: PATRÍCIA RODRIGUES

CCEE – Centro de Ciências Exatas e da Engenharia

Campus Universitário da Penteada

9020 - 105 Funchal – Portugal, s/n

Telefone + 351 291 705 230

Correio eletrónico: secretariadoscentros@uma.pt

Júri:

Presidente: João Paulo Martins da Silva Lobo, Professor Auxiliar da Universidade da Madeira

Arguente: Sérgio António Neves Lousada, Professor Auxiliar Convidado da Universidade da Madeira

Vogal: Lino Manuel Serra Maia, Professor Auxiliar da Universidade da Madeira

Defesa a 2 de dezembro de 2014

Funchal, Madeira

À minha família.

RESUMO

Este trabalho tem como principais objetivos identificar alguns problemas ambientais, perceber as potencialidades das energias renováveis e as diversas maneiras de aproveitamento solar, estabelecer uma comparação entre o Decreto-Lei n.º 80/2006, que deixou de vigorar, e o Decreto-Lei n.º 118/2013, que veio substituí-lo e dimensionar um sistema solar térmico simples com pré-fabricados de pavimento com função de coletor, recentemente criado e desenvolvido.

O conhecimento das técnicas do aproveitamento solar, tanto ao nível do aproveitamento ativo como passivo, aplicadas aos edifícios, são suficientes para uma diminuição significativa na fatura energética dos edifícios, responsáveis pelo consumo de 40% da energia final.

No tratamento e análise dos decretos, foi possível estudar um caso de estudo, deste modo estabelecendo mais eficazmente as diferenças entre estes. Para tal foram comparados os valores das soluções adotadas no edifício com os valores limites regulamentares pelo Decreto-Lei com os valores dispostos no Decreto-Lei n.º 118/2013, procedendo a cálculos sempre que necessários. As maiores diferenças sentidas foram ao nível do cálculo das necessidades nominais anuais de energia.

No caso de estudo, optou-se pela simplicidade aquando do dimensionamento dos pré-fabricados, pois este projeto está ainda numa fase inicial com muitas melhorias a serem feitas a nível do material a utilizar. A comercialização deste produto ainda não é possível, no entanto, prevê-se que o seu custo venha a ser apelativo. A conjugar com o baixo custo, existe o fator da versatilidade das peças, sendo possível uma instalação com variadas formas ou até mesmo padrões.

Palavras-chave: energias renováveis, águas quentes sanitárias, certificado energético.

ABSTRACT

This paper has as its main goals the recognition of some problems regarding the environment, understanding of the potential of renewable energies and the diverse ways to use the solar energy. Apart from this, establish a comparison between the Decree Law number 80/2006, no longer in action, and the Decree Law number 118/2013, that has come to replace it, and the design of a simple thermal solar system with prefabricated pavements working as a solar collector, which was recently created and developed.

Knowing solar use techniques, both in terms of active or passive use, applied to buildings, are sufficient for a significant decrease in their energetic bill, responsible for 40 percent of final energy.

In the treatment and analysis of decrees, it was possible to study a specific case, establishing more efficiently the differences between the aforementioned. In order to execute it, the values of the adopted solutions in the building were compared with the maximum values established by the decree, proceeding to calculations when needed with the ones displayed on Decree Law number 118/2013. The major differences were felt when calculating the annual nominal energy needs.

When treating the practical case, a simple analysis of the prefabricated pavements was chosen, as this project is still in an initial phase with many improvements yet to be made, concerning the materials. The marketing of this product is not possible at this time. However, it is expected that its cost should be attractive. Besides the attractive cost, there is the versatility of its pieces, which enables an installation with multiple forms and even patterns.

Keywords: renewable energies, domestic hot water, energetic certification.

ÍNDICE

Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
Índice de figuras	xiii
Índice de tabelas	xvii
Notação e simbologia.....	xix
Abreviaturas	xxi
Termos e definições	xxiii
Agradecimentos	xxv
1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
1.1. Introdução	1
1.2. Enquadramento	3
1.3. Motivação	4
1.4. Objetivos.....	4
1.5. Apresentação da dissertação	5
2. ESTADO DA ARTE	6
2.1. Introdução	6
2.2. O Sol.....	6
2.3. Radiação eletromagnética	7
2.4. Espectro eletromagnético	8
2.5. Radiação solar	8
2.6. Medição da radiação solar	9
2.7. Mapas de radiação solar e de insolação	10
2.8. Perdas térmicas	11
2.9. Efeito de estufa	11
2.10. Aquecimento global	12
3. ENERGIAS RENOVÁVEIS	15
3.1. Introdução	15
3.2. Energias renováveis	16
3.2.1. Eólica.....	16
3.2.2. Biomassa.....	18
3.2.3. Ondas.....	19
3.2.4. Geotérmica	21

3.2.5.	Hídrica	22
3.2.6.	Solar	24
4.	APROVEITAMENTO SOLAR	27
4.1.	Introdução.....	27
4.2.	Sistema solar térmico	27
4.2.1.	Sistema termossifão	27
4.2.2.	Sistema forçado.....	29
4.3.	Sistemas diretos e indiretos	29
4.4.	Constituintes dos sistemas solares térmicos	30
4.4.1.	Tipos de coletores	30
4.4.1.1.	Coletores sem cobertura ou simples	32
4.4.1.2.	Coletores planos	34
4.4.1.3.	Coletores parabólicos compostos (CPC)	34
4.4.1.4.	Coletores de tubos de vácuo	35
4.4.2.	Fluido térmico.....	36
4.4.3.	Acumuladores	36
4.4.3.1.	Estratificação	37
4.4.3.2.	Circulação invertida.....	37
4.4.4.	Tubagens.....	37
4.4.5.	Bombas circuladoras.....	38
4.4.6.	Grupo hidráulico	39
4.4.7.	Vaso de expansão.....	39
4.4.8.	Controladores.....	40
4.4.9.	Permutadores de calor.....	40
4.4.10.	Dimensionamento dos componentes do sistema	41
4.4.10.1.	Superfície de coletores	41
4.4.10.2.	Volume de depósitos de acumulação	42
4.5.	Sistema solar fotovoltaico	42
4.5.1.	Principais componentes de um sistema fotovoltaico.....	43
4.5.2.	Vantagens e desvantagens.....	44
4.5.3.	Microgeração	45
4.6.	Solar térmico passivo	46
5.	CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA	49
5.1.	Introdução.....	49
5.2.	Certificação de edifícios	50
5.3.	Comparação entre o Decreto-Lei n.º 80/2006 e Decreto-Lei n.º 118/2013	51
5.4.	Exemplo de aplicação – Edifício Astrolab.....	58

6. PRÉ-FABRICADO DE PAVIMENTO COM FUNÇÃO DE COLETOR SOLAR – CASO PRÁTICO.....	65
6.1. Introdução	65
6.2. Evolução da invenção	65
6.3. Exemplo 1 – moradia unifamiliar	67
6.3.1. Aquecimento da piscina.....	68
6.3.2. Preparação de AQS.....	71
6.4. Exemplo 2 – Campus Universitário da Quinta de São Roque.....	76
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
7.1. Notas finais e conclusões.....	83
7.2. Desenvolvimentos futuros.....	85
REFERÊNCIAS	87
Anexo I – Exemplo de Aplicação – Edifício Astrolab.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Pirelióforo apresentado na feira de St. Louis [7]	4
Figura 2.1 – Espectro eletromagnético [15]	8
Figura 2.2 – Radiação incidente na Terra [12].....	9
Figura 2.3 – Aparelhos de medida da radiação: [a] Pirómetro; [b] Actinógrafo; [c] Heliógrafo e [d] Piroheliómetro. Imagens editadas de [12].....	9
Figura 2.4 – Carta da radiação solar em Portugal Continental (2010) [16]	10
Figura 2.5 – Insolação global anual em Portugal Continental [17].....	11
Figura 3.1 – Consumo final de energia em 2012 [21].....	15
Figura 3.2 – Crescimento mundial da energia eólica de 2000 a 2013 [21]	17
Figura 3.3 – Adições na energia eólica em 2013 [21].....	17
Figura 3.4 – Parque eólico do Caniçal	17
Figura 3.5 – Da esquerda para a direita estilhas, <i>pellets</i> e briquetes de madeira [25].....	18
Figura 3.6 – Produção global de <i>pellets</i> desde 2004 a 2013 [21].....	19
Figura 3.7 – Central Piloto Europeia de Energia das Ondas do Pico, Açores [23]	20
Figura 3.8 – Adições na energia geotérmica em 2013 [21].....	22
Figura 3.9 – Países líderes em energia hídrica [21]	23
Figura 3.10 – O top 6 dos países que mais apostaram na energia hídrica em 2013 [21]	23
Figura 3.11 – Principais Centrais hidroelétricas em Portugal [27]	24
Figura 3.12 – Países líderes em sistema solar térmico em 2012 [21].....	25
Figura 3.13 – Adição em coletores para aquecimento de água em 2012 [21].....	25
Figura 3.14 – Capacidade de coletores instalados para aquecimento de água desde 2000 [21]	25
Figura 3.15 – Capacidade total de solar fotovoltaico instalado desde 2004 [21].....	26
Figura 3.16 – Adições no solar fotovoltaico em 2013 [21].....	26
Figura 4.1 – Esquema de um termossifão [31].....	28
Figura 4.2 – Exemplos de termossifão na região: [a] zona dos Canhas; [b] em frente à Universidade	28

Figura 4.3 – Exemplos de sistema forçado na região: [a] no Caniço; [b] na zona de São Roque	29
Figura 4.4 – Coletor sem cobertura [32].....	32
Figura 4.5 – Coletor solar disco [33, 34].....	33
Figura 4.6 – Coletor simples [35].....	33
Figura 4.7 – Coletor solar feito com garrafas de plástico [36].....	33
Figura 4.8 – Secção de um coletor plano de tubos prensados e em harpa [17]	34
Figura 4.9 – Esquema de um CPC [30].....	35
Figura 4.10 – Coletor de tubos de vácuo na zona de Santa Rita	35
Figura 4.11 – Exemplo de um grupo hidráulico e legenda. Imagem editada de [18].....	39
Figura 4.12 – Vaso de expansão [37]	40
Figura 4.13 – Microgeração com incorporação em pala na zona do Caniço e por meio de energia eólica na Ponta de Sol	46
Figura 6.1 – Protótipo atual do pré-fabricado.....	66
Figura 6.2 – Esquema do elemento pré-fabricado	66
Figura 6.3 – Representação explodida do elemento pré-fabricado.....	66
Figura 6.4 – Local ideal para a montagem dos pré-fabricados.....	67
Figura 6.5 – Local para a montagem dos pré-fabricados.....	68
Figura 6.6 – Piscina insuflável e pormenor do filtro disponível em catálogo <i>online</i> AKI [52].....	68
Figura 6.7 – Disposição dos coletores para aquecimento da piscina.....	69
Figura 6.8 – Passagem do tubo multicamada nos pré-fabricados.....	69
Figura 6.9 – Disposição do recinto reservado à piscina com pormenor da passagem do tubo multicamada nos pré-fabricados	70
Figura 6.10 – Disposição do recinto reservado à piscina com toalhas à esquerda e espreguiçadeiras à direita.....	70
Figura 6.11 – Esquema da zona reservada à instalação dos pré-fabricados	71
Figura 6.12 – Esquema da disposição dos pré-fabricados da moradia para AQS	74
Figura 6.13 – Passagem do tubo (opção 1).....	75
Figura 6.14 – Passagem do tubo (opção 2).....	76

Índice de figuras

Figura 6.15 – Área disponibilizada para a instalação dos pré-fabricados	77
Figura 6.16 – Esquema da área disponível para implementação dos pré-fabricados	77
Figura 6.17 – Disposição dos pré-fabricados	79
Figura 6.18 – Área utilizada para a instalação dos pré-fabricados.....	80
Figura 6.19 – Esquema de disposição dos pré-fabricados no Campus Universitário da Quinta de São Roque	80
Figura 6.20 – Passagem do tubo multicamada.....	81
Figura 6.21 – Disposição dos pré-fabricados em forma de cruz e passagem do tubo multicamada	82

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Dados caraterísticos do Sol [10, 12].....	7
Tabela 4.1 – Vantagens e desvantagens do aço inox, do cobre e do aço negro nas instalações solares [18]	38
Tabela 4.2 – Superfície útil dos painéis planos relacionada com a necessidade diária de água quente a 45°C [9]	41
Tabela 4.3 – Necessidade diária de água quente a 45°C [9].....	41
Tabela 4.4 – Superfície útil dos painéis planos para aquecimento de piscinas [9].....	42
Tabela 4.5 – Superfície útil dos painéis sem cobertura para aquecimento de piscinas [9].....	42
Tabela 5.1 – Taxas associadas aos edifícios [41].....	51
Tabela 5.2 – Objetos das Portarias n.º 349-A/2013, 349-B/2013, 349-C/2013, 349-D/2013, 353-A/2013 e 66/2014 [42-47]	52
Tabela 5.3 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados para Portugal Continental, U_{ref} [42]	54
Tabela 5.4 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados para as Regiões Autónomas, U_{ref} [42]	54
Tabela 5.5 – Coeficientes de transmissão térmica de referência presentes no RCCTE [5]	55
Tabela 5.6 – Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência, ψ_{ref} [42].....	55
Tabela 5.7 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos, $U_{máx}$ no Decreto-Lei n.º 118/2013 [42].....	55
Tabela 5.8 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos, $U_{máx}$ no RCCTE [5]	55
Tabela 5.9 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{Tmáx}$ [5, 42].....	56
Tabela 5.10 – Resistências térmicas superficiais, R_{se} e R_{si} , no Decreto-Lei n.º 118/2013 [48]	56
Tabela 5.11 – Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados, R_{ar} , no Decreto-Lei n.º 118/2013 [48]	57
Tabela 5.12 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno [50]	57

Tabela 5.13 – Critérios para a determinação da zona climática de verão [50]	58
Tabela 5.14 – Comparação entre os valores do coeficiente de transmissão térmica superficial das soluções adotadas no Astrolab com o máximo regulamentar no RCCTE e no Decreto-Lei n.º 118/2013 e demais portarias e despachos para as paredes.....	59
Tabela 5.15 – Comparação entre os valores do coeficiente de transmissão térmica superficial das soluções adotadas no Astrolab com o máximo regulamentar no RCCTE e no Decreto-Lei n.º 118/2013 e demais portarias e despachos para as pontes térmicas planas.....	60
Tabela 5.16 – Comparação entre os valores do fator solar das soluções adotadas no Astrolab com o máximo regulamentar no RCCTE e no Decreto-Lei n.º 118/2013 e demais portarias e despachos para os vãos envidraçados.....	61
Tabela 5.17 – Características do sistema de coletores solares para produção de AQS	61
Tabela 6.1 – Características técnicas da piscina insuflável [52]	68
Tabela 6.2 – Custo dos pré-fabricados	71
Tabela 6.3 – Resumo dos valores de cálculo dos pré-fabricados comparados com os coletores planos para 3 pessoas	73
Tabela 6.4 – Resumo dos valores de cálculo dos pré-fabricados comparados com os coletores planos para 4 pessoas	74
Tabela 6.5 – Resumo dos valores de cálculo dos pré-fabricados comparados com os coletores planos para um sistema de 1000 litros	79

NOTAÇÃO E SIMBOLOGIA

a_1	[W/(m ² .K)]	Coeficiente de perdas de primeira ordem
a_2	[W/(m ² .K ²)]	Coeficiente de perdas de segunda ordem
A_p	[m ²]	Área útil de pavimento do edifício, medida pelo interior
$(A_w/A_p)_{ref}$	[-]	Razão entre a área de vão e a área interior útil de pavimento
c	[m/s]	Velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vazio
f	[Hz]	Frequência da radiação eletromagnética
$f_{a,k}$	[-]	Parcela das necessidades de energia de preparação de AQS supridas pelo sistema de referência
f_{eh}	[-]	Fator de eficiência hídrica
$f_{i,k}$	[-]	Parcela das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência
$f_{v,k}$	[-]	Parcela das necessidades de energia de arrefecimento supridas pelo sistema de referência
$F_{pu,j}$	[kWh _{EP} /kWh]	Fator de conversão para a energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado
g_{Tmax}	[-]	Fator solar máximo admissível dos vãos envidraçados
$g_{v,ref}$	[-]	Fator solar de referência para a estação de arrefecimento
GD	[°C.dia]	Número de graus-dia de aquecimento
h_s	[°]	Ângulo horário solar
$I_{sol,ref}$	[kWh/(m ² .ano)]	Radiação solar média de referência
L_v	[h]	Duração da estação de arrefecimento
M_{AQS}	[l]	Consumo médio diário de referência
n	[-]	Número convencional de ocupantes de cada fração autónoma

Notação e simbologia

n_d	[dias]	Número anual de dias de consumo de AQS de edifícios residenciais
N_i	[kWh/(m ² .ano)]	Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento
N_{ic}	[kWh/(m ² .ano)]	Necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento
N_t	[kWh _{EP} /(m ² .ano)]	Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia primária
N_{tc}	[kWh _{EP} /(m ² .ano)]	Necessidades nominais anuais de energia primária
N_v	[kWh/(m ² .ano)]	Valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento
N_{vc}	[kWh/(m ² .ano)]	Necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento
q_{int}	[W/m ²]	Ganhos térmicos médios
Q_a	[kWh/ano]	Energia útil necessária para a preparação de AQS
$Q_{g,Vref}$	[kWh]	Ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento
R	[m ² .°C/W]	Resistência térmica do material
R_{ar}	[m ² .°C/W]	Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados
R_{Nt}	[-]	Rácio de classe energética
R_{se}	[m ² .°C/W]	Resistência térmica superficial exterior
R_{si}	[m ² .°C/W]	Resistência térmica superficial interior
S	[m ²]	Superfície útil dos painéis
U	[W/(m ² .°C)]	Coefficiente de transmissão térmica do material
U_{cor}	[W/(m ² .°C)]	Coefficiente de transmissão térmica da zona corrente
U_{max}	[W/(m ² .°C)]	Coefficiente de transmissão térmica superficial máximo admissível de elementos opacos
U_{PTP}	[W/(m ² .°C)]	Coefficiente de transmissão térmica superficial máximo admissível de elementos opacos que constituem zona de ponte térmica linear
U_{ref}	[W/(m ² .°C)]	Coefficiente de transmissão térmica superficial de referência de elementos opacos e vãos envidraçados

Notação e simbologia

v	[m/s]	Velocidade de propagação da radiação eletromagnética
V	[l]	Volume do depósito de acumulação
α_1	[-]	Coefficiente de absorvância
ΔT	[°C]	Aumento de temperatura necessário para a preparação de AQS
η_{ref}	[-]	Valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS
$\eta_{v,ref}$	[-]	Fator de utilização de ganhos de referência
$\theta_{ext,v}$	[°C]	Temperatura média exterior na estação convencional de arrefecimento no local
$\theta_{ref,v}$	[°C]	Temperatura interior de referência na estação de arrefecimento
λ	[nm]	Comprimento de onda da radiação eletromagnética
λ	[W/(m°C)]	Coefficiente de condutibilidade térmica
ρ	[kg/m ³]	Massa volúmica aparente seca
τ	[-]	Transmitância
ψ_{ref}	[W/(m.°C)]	Coefficiente de transmissão térmica linear

ABREVIATURAS

a.C.	Antes de Cristo
ADENE	Agência para a energia
AQS	Águas Quentes Sanitárias
CAO	Coluna de Água Oscilante
CE	Certificado Energético
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

CO ₂	Dióxido de Carbono
CPC	Coletor Parabólico Composto
d.C.	Depois de Cristo
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i> (Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios)
EPS	Poliestireno Expandido
IF	Infravermelho
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
LNA	Local Não Aquecido
N	Norte
NE	Nordeste
NW	Noroeste
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
PCE	Pré-Certificado Energético
PQ	Perito Qualificado
PTP	Ponte Térmica Plana
PVC	Policloreto de Vinil
RAM	Região Autónoma da Madeira
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
REN21	<i>Renewable Energy Policy Network for the 21st Century</i>
SCE	Sistema de Certificação Energética dos Edifícios
UV	Ultravioleta
XPS	Poliestireno Extrudido

TERMOS E DEFINIÇÕES

De maneira a facilitar e clarificar a leitura deste trabalho, apresentam-se de seguida alguns termos e definições utilizados na bibliografia relativamente a energias renováveis para águas quentes sanitárias.

Água Quente Sanitária (AQS): água potável aquecida em dispositivo próprio, com energia convencional ou renovável, até uma temperatura superior a 45°C, e destinada a banhos, limpezas, cozinha ou fins análogos.

Área interior útil de pavimento: somatório das áreas, medidas em planta pelo perímetro interior, de todos os espaços interiores úteis pertencentes ao edifício ou fração em estudo no âmbito do REH. No âmbito do RECS, é o somatório da área de pavimento de todas as zonas térmicas do edifício ou fração, desde que tenham consumo de energia elétrica ou térmica, registado no contador, independentemente da sua função e da existência de sistema de climatização, sendo a área medida pelo interior dos elementos que delimitam as zonas térmicas do exterior e entre si.

Calor específico: grandeza física que define a energia necessária para elevar 1°C a temperatura de 1 kg de determinada substância sem haver mudança de fase.

Certificado SCE: documento com número próprio e emitido por um perito qualificado para a certificação energética para um determinado edifício ou fração, caracterizando-o em termos de desempenho energético.

Coefficiente de absorvância (α_1): relação entre a quantidade de energia de radiação que um corpo absorve e a que absorveria um corpo negro submetido à mesma radiação.

Coefficiente de transmissão térmica: quantidade de calor por unidade de tempo que atravessa uma superfície de área unitária desse elemento da envolvente por unidade de diferença de temperatura entre os ambientes que o elemento separa.

Estratificação: fenómeno de separação em camadas ou estratos.

Plano de Racionalização Energética (PRE): conjunto de medidas exequíveis e economicamente viáveis de racionalização do consumo ou dos custos com a energia, tendo em conta uma avaliação energética prévia.

Pré-certificado: certificado SCE para edifícios novos ou frações em edifícios novos, bem como para edifícios ou frações sujeitas a grandes intervenções, emitido em fase de projeto antes do início da construção.

Radiação direta: é a radiação que vem diretamente do Sol e chega a uma superfície sem obstáculos a obstruir a sua passagem.

Radiação difusa: radiação solar recebida que resulta da difração nas nuvens, nevoeiro, poeiras em suspensão assim como outros obstáculos presentes na atmosfera.

Radiação refletida: radiação que é reenviada para o espaço, pela reflexão no solo e outros objetos circundantes.

Transmitância (τ): quantidade de radiação que atravessa um corpo sem sofrer absorção ou reflexão; parâmetro que define a transparência de uma cobertura solar.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao professor Doutor Lino Maia por me ter orientado neste trabalho e por acreditar nas minhas capacidades.

À Dra. Ana Dias, da empresa SOCICORREIA, por todo o auxílio prestado e servir de ponte quando mais precisava de apoio.

Ao eng.º Jorge Ladeira, também da empresa SOCICORREIA, pelos esclarecimentos e pelo tempo disponibilizado.

À restante equipa da empresa SOCICORREIA que me acarinhou desde o princípio.

Ao Dr. Marcelino pela sua generosidade, pela sua invenção e pela sua vontade em querer partilhá-la e trabalhá-la comigo, e a quem desejo muito sucesso.

Um agradecimento especial ao meu namorado, João, pela sua paciência e apoio incondicional.

À minha irmã, Joana, pelo seu apoio, paciência e preciosa ajuda.

Aos meus pais, a quem devo a minha educação e gosto por ela e por me ensinarem a ambicionar algo melhor sem deixar devastação pelo caminho.

A todos os meus amigos e colegas de curso e colegas do voluntariado, em especial à Mariana, à Joana e ao Tiago, pelo apoio, risos, perspetivas e discussões.

Funchal, setembro 2014

Patrícia Rodrigues

1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1. INTRODUÇÃO

A história da energia confunde-se com a história da humanidade. Nos primórdios, o Homem dependia unicamente da energia solar que era utilizada para iluminação e aquecimento. Mais tarde, o Homem descobriu o fogo, o que tornou possível cozinhar os seus alimentos e usufruir de aquecimento nos dias mais frios. Com tal descoberta, o Homem ganhou uma certa autonomia energética em relação à natureza, uma vez que possibilitou o seu uso durante a noite.

Séculos depois, o Homem começou a utilizar a energia proveniente do vento com o auxílio de dispositivos mecânicos mais complexos, que sobrepõe o conhecimento da matemática, da geometria e da engenharia. A energia proveniente do vento foi essencialmente utilizada nas embarcações, pelos egípcios, fenícios e romanos, e nos moinhos de vento, na China e na Pérsia. No século XIII, essas máquinas espalharam-se até à Europa, onde foram aplicadas de uma forma mais ampla, como nas indústrias têxtil, madeireira e metalúrgica. Em 1350 d.C., os holandeses revolucionaram a eficiência do moinho ao colocar o seu eixo de rotação na forma horizontal e com quatro pás, sendo possível utilizá-lo na drenagem de pântanos e lagos assim como na fabricação de papel e extração de azeites. Entretanto, surgiu o moinho de água para aproveitamento da energia proveniente dos leitos de água. [1, 2]

A Idade Média foi marcada pelo aproveitamento do vapor, tendo surgido máquinas de grande complexidade.

Foi com a Revolução Industrial que se iniciou a era dos combustíveis fósseis, passando o carvão a ser a fonte de energia dominante até o ano de 1961, contudo foi em 1859 que se marcou o ano zero da

industrialização do petróleo. Com este originou-se diversos subprodutos para a produção de equipamentos, objetos, produtos, entre outros. [2]

Com a previsão de Marion King Hubber de que haveria uma ultrapassagem do pico de produção, e com a crise petrolífera levantada pela Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) em 1973, a política internacional foi reconsiderada, sendo discutidas possíveis fontes de energia alternativas. Nessa altura cerca de 47.4% da energia total produzida era originária do petróleo. [1, 2]

A eletricidade foi numa primeira fase aplicada nas comunicações, nomeadamente com o telégrafo e com o telefone elétrico. Em 1882, Thomas Edison construiu as primeiras centrais geradoras de corrente contínua para aplicação em sistemas de iluminação. A primeira transmissão de energia elétrica em corrente alternada foi feita em 1886 por George Westinghouse. Esta, associada aos sistemas polifásicos, desenvolvidos por Nikola Tesla, e ainda afiliada ao transformador de William Stanley, proporcionou a transmissão a longas distâncias e o uso doméstico da energia elétrica. Dada a sua facilidade de transporte e a sua conversão direta em qualquer outro tipo de energia, atualmente a produção de eletricidade corresponde a um terço do consumo de energia final a nível mundial.

Relativamente à energia nuclear, já é conhecida desde a década de 40. No entanto, os investimentos na construção das centrais foram fortemente abalados pelos acidentes ocorridos em Three Mile Island, em 1979, Chernobyl, em 1986, e mais recentemente em Fukushima, em 2011. O inconveniente desta fonte de energia a nível ambiental, encontra-se nos resíduos radioativos gerados pelas centrais, até porque a energia nuclear é considerada uma fonte limpa, ainda que não renovável, pela sua baixa emissão de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases que contribuem para o efeito de estufa. [2]

Recentemente, dadas as diversas questões associadas ao ambiente e aos efeitos nefastos das energias provenientes de origem fóssil, e tendo como foco a redução dos mesmos, têm sido promovidas algumas conferências internacionais, como a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro no ano de 1992. Um total de 179 países acordou e assinou a Agenda 21, um programa com o objetivo de criar um novo modelo de desenvolvimento, um desenvolvimento associado à sustentabilidade. A Agenda 21 é uma ferramenta para a construção de sociedades sustentáveis, em múltiplos países, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência económica. [3]

Em 1997, foi criado o Protocolo de Kyoto, no Japão. O Protocolo de Kyoto consiste num tratado internacional com vista à redução da emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa, de modo a aliviar os impactos causados pelo aquecimento global. [4]

No panorama nacional, o Decreto-Lei n.º 80/2006, mais conhecido como Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), foi o primeiro documento em Portugal que impôs requisitos às condições de conforto térmico, quer seja de aquecimento ou arrefecimento, e de ventilação para a qualidade do ar interior, assim como as necessidades de água quentes sanitárias (AQS) sem excessivas quantidades de energia tanto no inverno como no verão nos novos edifícios e edifícios sujeitos a grandes intervenções. [5]

Já em 2013, surge o Decreto-Lei n.º 118/2013, que inclui num único documento o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS). Neste, além da atualização das exigências na qualidade térmica, são adicionalmente estabelecidos padrões mínimos para os sistemas de climatização, preparação de água quente sanitária, de iluminação e aproveitamento de energias renováveis. [6]

1.2. ENQUADRAMENTO

Na época medieval, o homem descobriu que se pintasse os tanques que se encontravam no exterior de cor preta, poderia aquecer a água no seu interior. No entanto, o armazenamento do calor era fortemente condicionado pelas condições climatéricas.

Em 1767, Horace de Saussure descobriu que ao colocar um tanque pintado de preto dentro de uma caixa de vidro, conseguia com que a temperatura da água aumentasse e que o armazenamento do calor se prolongasse um pouco mais no tempo. Passaram-se cerca de 130 anos após a sua descoberta, quando foram comercializados os primeiros dispositivos no sul da Califórnia. [7]

Já em Portugal e quase um século antes da crise do petróleo, o cientista e Padre Manuel António Gomes (mais conhecido como “Padre Himalaia”) dedicou-se à investigação e desenvolvimento de equipamentos que convertessem a energia solar em térmica.

Só em 1904 é que o seu trabalho foi reconhecido a nível mundial, sendo-lhe atribuído o *Grand Prix* da Exposição Universal de Saint Louis, E.U.A.. O engenho galardoado foi um forno solar, o Pirelióforo, ilustrado na Figura 1.1, capaz de atingir temperaturas de 3800°C. Previa-se o uso deste forno para produção de água potável em locais desérticos, a produção de vapor em processos industriais, a fusão de materiais ou a produção de fertilizantes. [8]



Figura 1.1 – Pirelióforo apresentado na feira de St. Louis [7]

1.3. MOTIVAÇÃO

Contribuíram para a realização deste trabalho a possibilidade de serem utilizados sistemas menos complexos para preparação de AQS, ajustáveis à sociedade e situação atual que possibilitam uma redução na fatura energética. Essencialmente é uma proposta alternativa ao convencional, de modo a valorizar sistemas alternativos e mais baratos e assim contribuir para ações mais responsáveis mediante o ambiente.

1.4. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivos identificar alguns problemas ambientais, perceber as potencialidades das energias renováveis e as diferentes formas de aproveitamento solar. Tendo este último assunto como foco, e principalmente a preparação de AQS, será de extrema importância uma análise aos regulamentos, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 80/2006, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – conhecido como RCCTE – e o mais recente que veio substituí-lo, o Decreto-Lei n.º 118/2013, com exemplo de aplicação a um edifício de habitação. Por último, é proposto o dimensionamento de um sistema solar térmico, com recurso a coletores que também desempenham a função de pavimento. Este sistema é recente, simples e visionado e desenvolvido por um empreendedor da Região Autónoma da Madeira (Dr. Marcelino Caldeira).

1.5. APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A dissertação é constituída por sete capítulos. O capítulo 1 consiste na presente introdução onde são definidos os objetivos, contribuições científicas e limitações.

O capítulo 2 dá lugar ao estado da arte onde são expostos alguns problemas ambientais causados pela queima de combustíveis fósseis e os efeitos negativos associados.

O capítulo 3 expõe as potencialidades das energias renováveis, abrangendo resumidamente a sua história, bem como apresenta cada tipo destas e o seu desenvolvimento ao longo do tempo.

O capítulo 4 aprofunda o tema do aproveitamento solar, que é possível a partir de sistemas solares térmicos, sistemas solares fotovoltaicos e passivos, sendo que se debruça principalmente nos sistemas solares térmicos.

O capítulo 5 trata da certificação energética. Este inicia-se com a explicação do objeto de estudo, seguindo-se de uma comparação entre o Decreto-Lei n.º 80/2006 e o Decreto-Lei n.º 118/2013 e demais portarias e despachos a que este remete. De modo que a diferença entre estes fosse mais assimilada, foi possível o tratamento de um edifício de habitação em parceria com a SOCICORREIA.

O capítulo 6 foi reservado ao caso prático, intitulado de pré-fabricado de pavimento com função de coletor solar. Neste foi pedido a realização de um estudo inicial aplicado a dois exemplos, designados exemplos 1 e 2, onde o exemplo 1 trata de uma moradia unifamiliar com o objetivo de aplicar estes mesmos pré-fabricados a uma pequena piscina insuflável como também para preparação de AQS. O exemplo 2 destina-se à preparação de AQS na Quinta de São Roque, muito familiar à comunidade académica.

O capítulo 7 finaliza este trabalho com as notas finais, conclusões e, por último, os desenvolvimentos futuros.

2

ESTADO DA ARTE

2.1. INTRODUÇÃO

Descoberto o grande potencial que o Sol oferece, é de extrema importância promover a iteração deste com os diversos edifícios a projetar e a reabilitar assim como com os existentes.

Desde o início do século passado que se depende de equipamentos que consomem combustíveis fósseis e que enviam para a atmosfera grandes quantidades de gases prejudiciais resultantes da combustão. As consequências de tal dependência são nocivas a nível ambiental, económico e social. Desses gases enviados para a atmosfera, o dióxido de carbono (CO₂) é o que mais levanta problemática. Este é o autor principal do efeito de estufa, que origina o aumento da temperatura média da terra e, como consequência, provoca alterações climáticas que desafiam a sustentabilidade do nosso planeta.

A sustentabilidade de gerações futuras depende das medidas que forem aplicadas agora. Uma das soluções passa por escolher energias renováveis ao invés dos combustíveis fósseis. O seu leque de escolhas é vasto e traz imensas vantagens.

2.2. O SOL

A energia solar é muito importante, pois desta dependem a própria vida assim como as outras formas de energia que existem na Terra.

O Sol apresenta uma massa de $1,989 \times 10^{30}$ kg, é 333 060 vezes superior quando comparada com a massa da Terra e tem um volume de $1,409 \times 10^{18}$ km³. A sua temperatura efetiva à superfície é de 5504°C. Esta

emite de uma forma contínua radiações eletromagnéticas cuja potência equivale a aproximadamente 400 000 bilhões de bilhões de kW, onde se percebe o seu imenso potencial, que tem origem nuclear. [9, 10]

A energia que é fornecida pelo Sol durante 15 breves minutos é superior à energia que é utilizada a nível mundial durante um ano. [11] Na Tabela 2.1 apresentam-se algumas características do sol.

Tabela 2.1 – Dados característicos do Sol [10, 12]

Diâmetro	1.39102×10 ⁶ km	109.2 vezes maior que a Terra
Massa	1.989×10 ³⁰ kg	333 060.402 vezes maior que a Terra
Volume		1.40927×10 ¹⁸ km ³
Idade		4.6 bilhões de anos
Distância média à Terra		149.60×10 ⁶ km
Temperatura efetiva		5777K ou 5504°C
Núcleo	Produz 90% da energia e tem 320 000 km de diâmetro	
Energia produzida	38×10 ²⁵ J/s	

2.3. RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

A radiação eletromagnética é definida como a combinação de campos elétricos e magnéticos, resultando em ondas com capacidade de se propagar no vácuo.

À radiação eletromagnética estão associadas três grandezas:

- ⊗ Frequência, **f**;
- ⊗ Comprimento de onda, **λ**;
- ⊗ Velocidade de propagação, **v** (ou **c** se se propagar no vácuo com $c = 3 \times 10^8$ m/s).

A equação que relaciona estas três grandezas é:

$$v = \lambda \times f \text{ ou } c = \lambda \times f \quad \text{Equação 2.1}$$

A frequência é o número de oscilações por unidade de tempo e o comprimento de onda é a distância entre dois pontos iguais da onda. A energia transportada pela onda é diretamente proporcional à sua frequência e inversamente proporcional ao seu comprimento de onda. [12-14]

2.4. ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

O espectro eletromagnético é o conjunto de todas as frequências observadas em fenómenos eletromagnéticos. As diferentes bandas do espectro eletromagnético designam-se por radiação γ , X, ultravioleta (UV), visível, infravermelha (IV), micro-ondas e ondas rádio, como ilustra a Figura 2.1. [14]

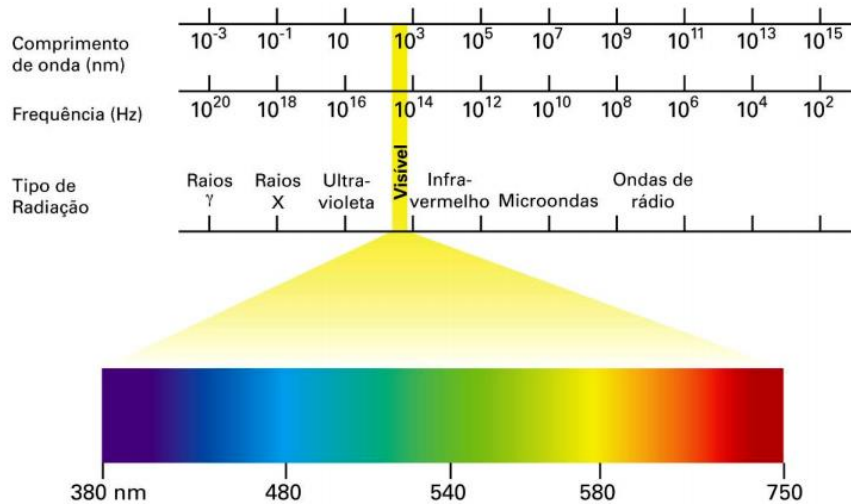


Figura 2.1 – Espectro eletromagnético [15]

O olho humano apenas é sensível aos comprimentos de onda entre os 380 e os 750 nm, daí que a radiação compreendida neste intervalo seja designada de radiação visível.

2.5. RADIAÇÃO SOLAR

A radiação solar que incide numa superfície é dividida em radiação solar direta, difusa e refletida. A radiação direta é a radiação solar que incide diretamente na superfície. A radiação difusa é a radiação solar recebida de forma indireta resultante da difração nas nuvens, nevoeiro, poeiras em suspensão assim como outros obstáculos presentes na atmosfera. A radiação refletida é a radiação solar que é refletida de outras superfícies para esse objeto, como ilustra a Figura 2.2. As nuvens, as massas de gelo e neve e inclusive a superfície terrestre são refletores razoáveis. A fração de radiação refletida para o espaço é de cerca de 30 a 40% da radiação recebida. [12]

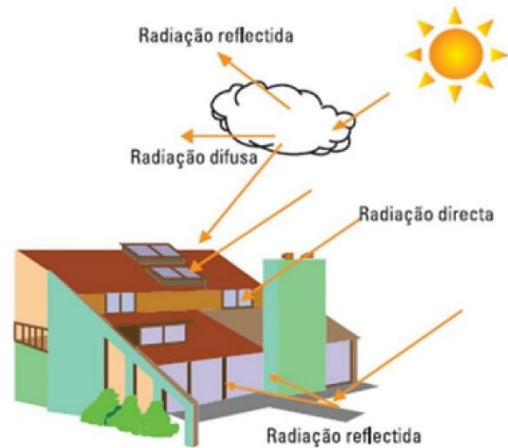


Figura 2.2 – Radiação incidente na Terra [12]

2.6. MEDIÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR

Existem aparelhos que medem a radiação solar. São exemplos desses aparelhos o piranómetro, o actinógrafo, o heliógrafo e o piroheliómetro, ilustrados na Figura 2.3.

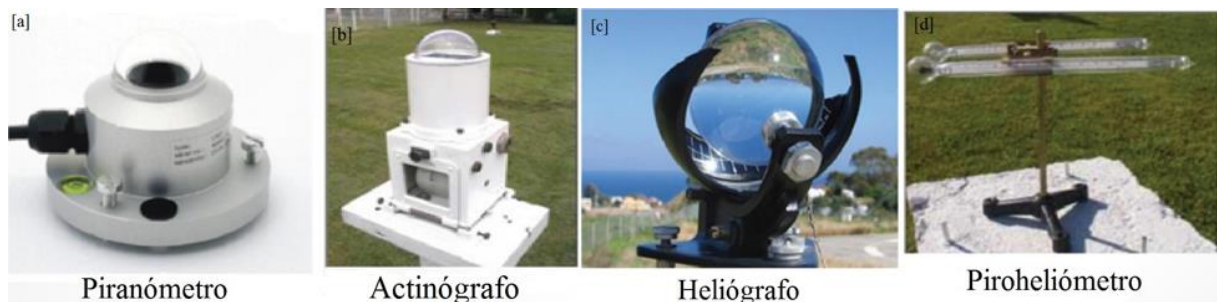


Figura 2.3 – Aparelhos de medida da radiação: [a] Pirómetro; [b] Actinógrafo; [c] Heliógrafo e [d] Piroheliómetro. Imagens editadas de [12]

- ⊛ **Piranómetro:** este aparelho mede a radiação solar que incide sobre uma superfície plana e apresenta uma elevada exatidão;
- ⊛ **Actinógrafo:** este aparelho não só mede, como regista a radiação global;
- ⊛ **Heliógrafo:** este aparelho mede e regista o número de horas de insolação, isto é, a quantidade de energia por unidade de área e por unidade de tempo que chega a um determinado lugar da superfície da Terra, que varia de acordo com o lugar, a hora do dia e a época do ano;
- ⊛ **Piroheliómetro:** este aparelho mede e regista a radiação direta normal. [12]

2.7. MAPAS DE RADIAÇÃO SOLAR E DE INSOLAÇÃO

Portugal é dos países europeus com maior potencial para aproveitamento da radiação solar. A soma da média anual da radiação solar varia entre os 1450 e os 1850 kWh/m², como é possível verificar pela Figura 2.4.

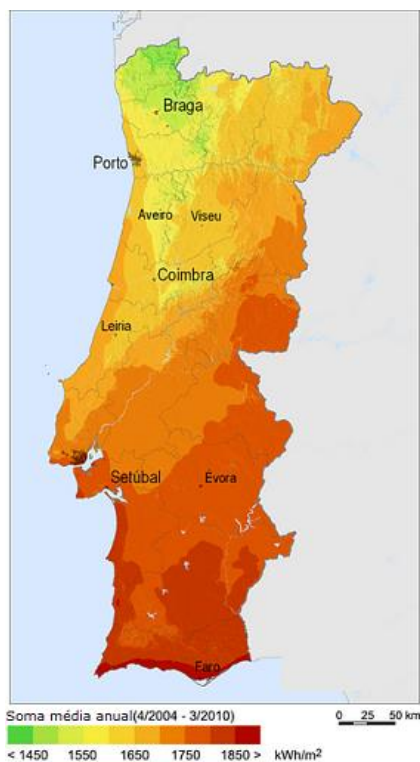


Figura 2.4 – Carta da radiação solar em Portugal Continental (2010) [16]

Assim como o registo da radiação solar, é possível contabilizar o número de horas de luz, ou insolação, e em Portugal Continental, os valores da insolação global anual variam entre as 1800 e as 3100 horas, como mostra a Figura 2.5.

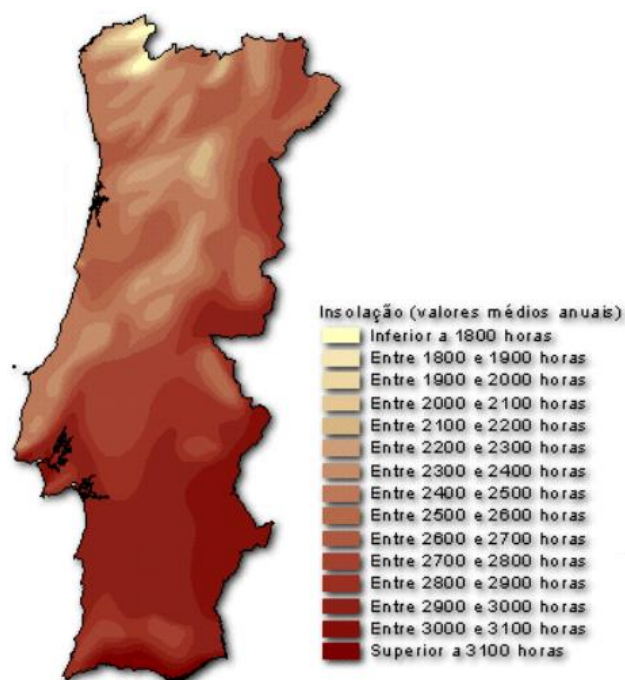


Figura 2.5 – Insolação global anual em Portugal Continental [17]

2.8. PERDAS TÉRMICAS

As perdas térmicas podem acontecer de três modos, nomeadamente por radiação, por condução e/ou por convecção.

Por radiação: é um modo de transmissão de energia entre dois corpos a temperaturas diferentes, como é o caso do Sol e da Terra, sem ser necessário a presença de um meio material uma vez que a radiação eletromagnética se propaga no vazio.

Por condução: mecanismo de transmissão de energia quando existem dois corpos em contato a diferentes temperaturas. O corpo com maior temperatura transmite energia ao corpo com menor temperatura até que se estabeleça o equilíbrio térmico.

Por convecção: é um processo de transporte de massa caracterizado pelo movimento de um fluido devido à diferença de densidade, especialmente por meio de calor. [12, 18]

2.9. EFEITO DE ESTUFA

O efeito de estufa consiste na retenção da radiação emitida por um corpo, sem perda desta para o exterior.

A superfície terrestre é aquecida durante o dia pela absorção da radiação proveniente do Sol e durante a noite parte desta é emitida para o espaço. No entanto, a presença de gases, como o dióxido de carbono (CO₂), o vapor de água e outros em porções mais pequenas como o metano e óxidos nítricos presentes na atmosfera terrestre bloqueiam a radiação infravermelha, de maior comprimento de onda, sendo de novo refletida para a superfície terrestre. Os gases acima referidos são os chamados gases do efeito de estufa. [18, 19]

O efeito de estufa é benéfico para a vida na Terra. Com a presença deste, a temperatura média da Terra é de cerca de 15°C no entanto, na sua ausência seria de -18°C. [20]

O problema associado ao efeito de estufa ocorre quando o seu equilíbrio é comprometido.

2.10. AQUECIMENTO GLOBAL

O aquecimento global é definido como o rápido aumento da temperatura da superfície terrestre verificado no último século devido à libertação de gases do efeito de estufa resultantes em grande parte da queima de combustíveis fósseis. Entre 1906 e 2005, a temperatura sofreu um aumento de cerca de 0,6°C a 0,9°C e prevê-se um agravamento desta situação, sendo esperado um acréscimo de 2°C a 6°C até ao fim do século XXI.

Muitas são as consequências do aquecimento global, nomeadamente alterações climáticas, subida do nível da água, impactes nos ecossistemas e no Homem.

- ⊗ **Alterações climáticas:** prevê-se maior frequência de dias mais quentes e ondas de calor mais comuns e duradoras originando períodos de seca. A precipitação será mais intensa e consequentemente ocorrerão mais tempestades e cheias;
- ⊗ **Subida do nível da água:** o aquecimento global será responsável por ocorrência de cheias costeiras. Entre 1870 e 2000, o nível da água subiu cerca de 1,7 mm em média por ano, com um total de 221 mm. No entanto, desde 1993 que a subida verificada tem sido de 3 mm por ano perfazendo 48 mm no total, entre 1993 e 2009. Até 2099, é estimado um acréscimo do nível da água de 0,18 m a 0,59 m causado pelo degelo e à expansão térmica dos oceanos;
- ⊗ **Impactes nos ecossistemas:** os ecossistemas estão a ser afetados pelo aumento de temperatura na Terra e em ambos os hemisférios a primavera tem-se iniciado mais cedo, fazendo com que os animais migratórios procurem fontes de alimento mais cedo, haja alteração na polinização comprometendo a habilidade dos polinizadores e das plantas de se reproduzir e sobreviver. Alguns animais migratórios alteraram as suas rotas de migração e prevê-se que cerca de 20 a 30% das espécies animais ficarão em risco de extinção se o aumento da temperatura atingir os 1,5 a 2,5°C;

- ⊙ **Impacte no Homem:** o Homem será fortemente afetado com todas as consequências já abordadas, especialmente a população que vive em zonas costeiras e os habitantes de países mais pobres, que dificilmente terão os meios para se adaptarem a todas as alterações previstas. Os fogos serão mais frequentes devido a verões mais quentes assim como os casos de insolações e mortes. [20]

3

ENERGIAS RENOVÁVEIS

3.1. INTRODUÇÃO

Atualmente a população ainda depende majoritariamente dos combustíveis fósseis. Essa dependência corresponde, de acordo com dados de 2012 da REN21, a 78,4%. A energia nuclear apresenta uma percentagem de 2,6%, restando apenas 19% que corresponde ao consumo de energia proveniente de energias renováveis, como ilustra a Figura 3.1.

Ao longo dos anos a dependência dos combustíveis fósseis tem vindo a diminuir dando mais espaço ao crescimento das energias renováveis, que apresentou entre 2009 e 2013 um crescimento mais acentuado, particularmente na produção de eletricidade. [21]

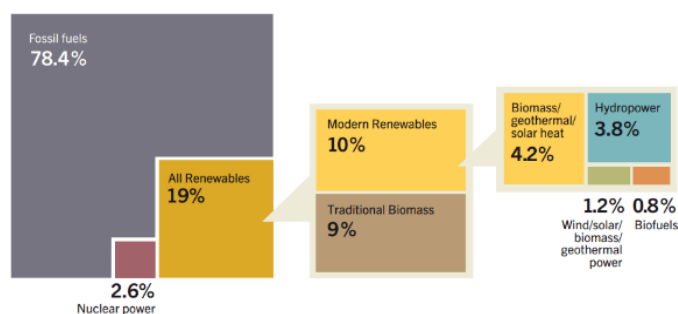


Figura 3.1 – Consumo final de energia em 2012 [21]

3.2. ENERGIAS RENOVÁVEIS

São consideradas energias renováveis todas as energias provenientes de fontes naturais inesgotáveis em que a sua conversão em energia final se traduz num processo não poluente ou com reduzido impacto ambiental. As energias renováveis são repostas na natureza a uma taxa superior àquela que é consumida.

3.2.1. EÓLICA

Energia eólica é o processo pelo qual o vento é convertido em energia mecânica ou elétrica.

A energia cinética do vento é transformada em energia mecânica a partir das turbinas eólicas que pode ser utilizada em múltiplas tarefas, tais como moer grão, bombear água, entre outras, ou para alimentar um gerador que a transforma em energia elétrica, que é depois encaminhada para a rede elétrica e então distribuída ao consumidor. A energia eólica pode também ter uma aplicação descentralizada, por outras palavras, fornece apenas eletricidade a populações que se encontrem num local distante da rede de distribuição.

Há muito que o vento é utilizado, tendo uma grande importância no desenvolvimento da humanidade. No entanto, ainda não é possível aproveitar plenamente este recurso dado que ainda existem três problemáticas associadas por resolver. A primeira problemática está diretamente ligada com a quantidade de massa de ar disponível no local onde é feita a instalação dos aerogeradores, a segunda problemática é o armazenamento da energia, pois não é possível efetuar-lo e, por fim, a intensidade do vento que não é constante e apresenta mudanças bruscas que geram instabilidades na rede de distribuição, tendo por isso de ser auxiliada por outras fontes. [22, 23]

Em 2013, o potencial eólico mundial cresceu em 35 GW, elevando a sua capacidade mundial acima dos 318 GW. Ainda assim, representa um declínio de 10 GW quando comparado com o crescimento verificado em 2012 (Figura 3.2). [21]



Figura 3.2 – Crescimento mundial da energia eólica de 2000 a 2013 [21]

Em 2013, o país que mais investiu na energia eólica foi a China tendo instalado uns adicionais 16,1 GW à sua potência, apresentando um total de 91,4 GW; o crescimento verificado foi de 21%. Ainda a nível das adições instaladas, segue-se a Alemanha em segundo lugar com 3 GW, em seguida o Reino Unido com 1,9 GW, a Índia com 1,7 GW, o Canadá com 1,6 GW e os Estados Unidos com uma adição de 1,1 GW, que ocupa o segundo lugar no *ranking* mundial atrás da China que assume a liderança (Figura 3.3). [21]

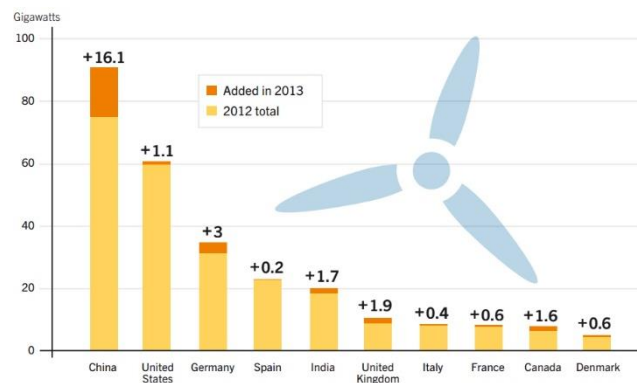


Figura 3.3 – Adições na energia eólica em 2013 [21]

Na RAM existem dois parques eólicos, o parque eólico do Caniçal (Figura 3.4), e do Paúl da Serra.



Figura 3.4 – Parque eólico do Caniçal

3.2.2. BIOMASSA

A biomassa é a matéria orgânica tanto de origem vegetal como de origem animal que pode ser usada como fonte de energia. Poderá dizer-se que a biomassa é energia solar aprisionada, pois as plantas absorvem a energia solar para a realização da fotossíntese, que transforma a água, o dióxido de carbono e os minerais em oxigénio e glicose (açúcares). Por sua vez, os açúcares são constituídos por carbono, oxigénio e hidrogénio que fornecem energia às plantas e aos animais que se alimentam delas.

Para a transformação da biomassa em energia são utilizados:

- ⊗ Resíduos florestais;
- ⊗ Resíduos agrícolas e de indústrias agro-alimentares;
- ⊗ Excrementos provenientes das explorações pecuárias;
- ⊗ Resíduos sólidos urbanos (orgânicos);
- ⊗ Esgotos urbanos;
- ⊗ Culturas energéticas (eucaliptos, salgueiros, giestas, entre outros).

A biomassa divide-se em dois grupos, a biomassa sólida e os biocombustíveis. A biomassa sólida consiste na queima de resíduos para obtenção de energia. Os biocombustíveis são todos os combustíveis que são produzidos a partir de biomassa e utilizados nos transportes. Por sua vez, os biocombustíveis são divididos entre biocombustíveis líquidos e gasosos. Exemplos de biocombustíveis líquidos são o biodiesel e o bioetanol e de biocombustíveis gasosos o biogás. [22-24]

De acordo com dados recentes da REN21, a biomassa contempla cerca de 10% da energia primária, isto é, cerca de 56,6 EJ e o seu crescimento é ainda visível a nível mundial. Cerca de 60% diz respeito ao uso de biomassa convencional, isto é, madeira, resíduos agrícolas e excrementos das atividades pecuárias, onde a madeira é das fontes mais importantes, e que pode ser encontrada no mercado, além da conhecida lenha, como estilhas, *pellets* e briquetes. [21]



Figura 3.5 – Da esquerda para a direita estilhas, *pellets* e briquetes de madeira [25]

A Figura 3.6 mostra a produção de *pellets* a nível mundial, que sofreu um aumento em 2013 de aproximadamente 13% em relação a 2012, alcançando as 23.6 milhões de toneladas. A União Europeia produziu quase metade destes pequenos granulados de madeira de forma cilíndrica, seguido pelos Estados Unidos e o Canadá com cerca de 33%, por sua vez seguidos pela Rússia e China com produções mais tímidas. [21]

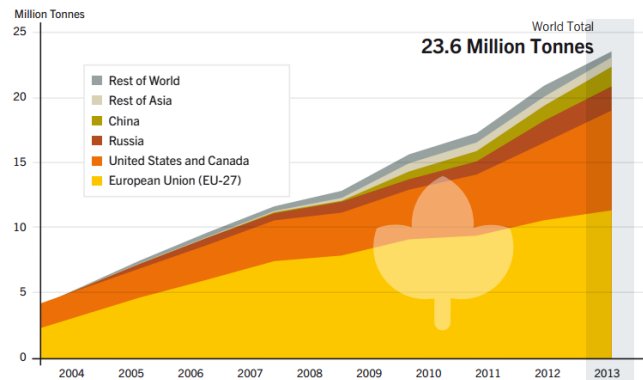


Figura 3.6 – Produção global de *pellets* desde 2004 a 2013 [21]

Relativamente aos biocombustíveis, em 2013 verificou-se um aumento de produção e consumo de 7%. [21] No entanto, o tema dos biocombustíveis é alvo de controvérsia, pois a sua produção consome muita energia e depende de culturas intensivas, que representam um elevado consumo de água e perda de biodiversidade. Existem ainda preocupações relativas à falta e ao aumento do preço dos produtos agroalimentares como consequência da produção dos biocombustíveis. [26]

3.2.3. ONDAS

Das várias tipologias de ondas do oceano, as que possuem maior potencial energético são as provocadas pelo vento. As ondas têm a capacidade de se propagar por milhares de quilómetros e a sua energia pode exceder os 40-50 kW por metro de frente de onda.

De acordo com a DGEG, Portugal tem um fluxo médio anual de 30 MW por quilómetro de frente de onda em águas com 50 metros de profundidade, o que corresponde a um recurso médio-alto. A energia capturada das ondas é transformada em eletricidade, podendo resultar numa produção de 10 TWh/ano, o que satisfaz 20% do consumo de eletricidade em Portugal.

Os dispositivos de extração de energia tanto podem ser instalados em águas pouco profundas como em águas com maior profundidade, e, de acordo com a sua localização, podem ser designados de primeira geração ou *onshore* se os dispositivos se situarem sobre a costa, de segunda geração ou *nearshore* se os

dispositivos forem assentes no fundo entre 10 e 25 metros de profundidade, ou de terceira geração ou *offshore* se os dispositivos forem instalados em profundidades superiores.

Em relação aos dispositivos *onshore*, as suas vantagens recaem na sua facilidade de acesso e ausência de amarração. No entanto, apresentam o aspeto negativo da localização, que exige requisitos específicos de profundidade de água e de boa exposição, têm um maior impacte visual e a potência média das ondas é inferior quando comparada com os dispositivos *offshore*, devido essencialmente à dissipação de energia provocada pela rebentação e pelo atrito do fundo. Os dispositivos *offshore*, ao contrário dos *onshore*, permitem explorar de forma plena o recurso, apresentam menos restrições quanto à sua localização e menos impacto visual. Todavia, existem dificuldades no que toca à sua manutenção, transporte da energia para terra e nos processos de ancoragem no fundo.

Nos Açores, mais precisamente na ilha do Pico, encontra-se instalado um sistema Coluna de Água Oscilante (CAO), central piloto a nível Europeu, que constitui um sistema de primeira geração ou *onshore*. Tem uma potência instalada de 400 kW e uma estrutura em betão apresentando uma área interna de $12 \times 12 \text{ m}^2$ e assente no fundo do oceano por uma reentrância na costa com uma profundidade de 8 metros. À exceção do equipamento mecânico, a conceção da central foi inteiramente realizada por portugueses. [23]



Figura 3.7 – Central Piloto Europeia de Energia das Ondas do Pico, Açores [23]

No final de 2013, a potência mundial instalada era de 530 MW. Somente a central Sihwa na Coreia do Sul é responsável por 254 MW e foi concluída em 2011, enquanto que a central Rance em França, de 1966, apresenta uma potência instalada de 240 MW. Estas duas centrais são responsáveis por um total de 93,2% da potência mundial.

Em 2013 não foram conhecidas adições no que toca ao aproveitamento da energia das ondas. No entanto, foram acordados novos projetos, com construção prevista para os próximos anos no Reino Unido. [21]

3.2.4. GEOTÉRMICA

Ao conjunto das ciências e técnicas que exploram o calor proveniente da terra designa-se Geotermia.

Este tipo de energia tem origem no interior da terra e estima-se que a temperatura aumenta cerca de 33°C por cada quilómetro em profundidade. Dada a heterogeneidade da crosta terrestre, este valor não é constante, podendo ser superior ou inferior. Aqui entra o conceito de entalpia, que caracteriza o fluido a nível térmico, podendo ser:

- ⊗ De alta entalpia para temperaturas superiores a 150°C;
- ⊗ De baixa entalpia para temperaturas superiores a 70°C e inferiores a 150°C;
- ⊗ De muito baixa entalpia para valores de temperatura inferiores a 70°C.

O fluido é necessário para que assim seja possível o aproveitamento da energia geotérmica. Este, geralmente água, é o responsável por transportar o calor do interior da terra para a superfície. No caso de ausência de água e estando-se perante rochas quentes secas, é recorrente a injeção de água.

As primeiras evidências do uso deste tipo de energia remontam ao tempo dos gregos e dos romanos, para a obtenção de calor.

No século XIV, em França, foi construído o primeiro sistema de distribuição de calor urbano, mantendo-se atualmente em atividade.

No século XX foi comprovado que a região de *Larderello*, em Itália, é o local mais quente de todo o continente europeu. Aí produziu-se pela primeira vez eletricidade a partir do vapor em 1904 e em 1913 foi construída a primeira central geotérmica com 250 kWe de potência. Atualmente produz uma potência elétrica de 400 MWe.

Passaram-se 45 anos até que novas centrais fossem construídas, em 1958 na Nova Zelândia, em 1959 no México e em 1960 a norte de São Francisco, na Califórnia.

Em Portugal Continental apenas ocorrem situações de baixa entalpia. Inicialmente eram utilizados para balneoterapia e mais recentemente para aquecimento ambiente e de estufas. Na década de 70, deu-se o desenvolvimento do projeto geotérmico dos Açores visando a produção de eletricidade e, com este, o surgimento de regulamentação com o objetivo de definir o regime da prospeção, pesquisa e exploração de recursos geotérmicos e determinar a sua integração no domínio público do Estado. Só mais tarde é que Portugal Continental criou regulamentação, para proceder ao aproveitamento da energia geotérmica. [23, 24]

De acordo com os dados da REN21, desde 2010 este tipo de energia renovável tem vindo a crescer em cerca de 3%.

A Figura 3.8 mostra o total instalado até 2012 e as novas adições em 2013. Os Estados Unidos são o líder neste tipo de energia com cerca de 3400 MW de potência instalada, seguido pelas Filipinas com aproximadamente 1900 MW e a Indonésia com aproximadamente 1400 MW. Em 2013 verifica-se que é na Nova Zelândia que se dá a maior aposta na geotermia, com 196 MW adicionados, seguida pela Turquia com 112 MW e os Estados Unidos com 84 MW.

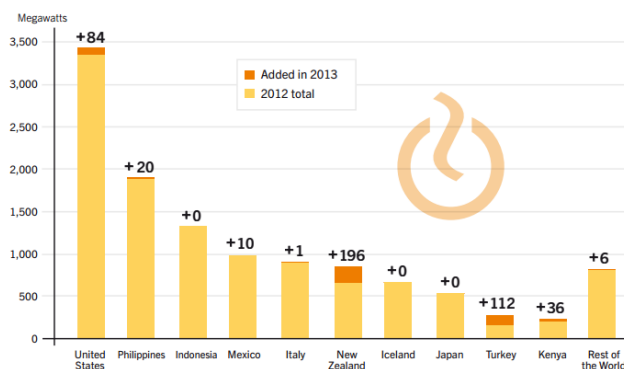


Figura 3.8 – Adições na energia geotérmica em 2013 [21]

3.2.5. HÍDRICA

A energia hídrica tem como base o ciclo da água para a produção de eletricidade. O aproveitamento hidroelétrico é feito fazendo a água passar através de uma turbina ocorrendo transformação da energia potencial e cinética em energia mecânica. Através de um gerador elétrico a energia mecânica é convertida em energia elétrica e transportada para a rede elétrica.

A energia hídrica tem como principal entrave o facto de ocuparem grandes áreas, provocam grandes alterações na paisagem e comprometem os ecossistemas onde estão inseridos. [22, 27, 28]

Este tipo de energia limpa já há muito que é utilizada e a prova disso são os moinhos de água que remontam ao ano 85 a.C., sendo durante séculos o único meio de moagem. Em Portugal serviam essencialmente para moer os cereais. [29]

Em 2013, a nível mundial, a energia hídrica sofreu um aumento de 4%, tendo alcançado aproximadamente 1000 GW de potência instalada. A produção de energia elétrica, que varia de acordo com as condições hidrológicas de ano para ano, alcançou os 3750 TWh em 2013. Os países líderes nesta energia são a China com uma capacidade instalada de 260 GW e uma produção de energia elétrica de

905 TWh, o Brasil com uma potência instalada de 85,7 GW e uma produção de eletricidade de 415 TWh seguido pelos Estados Unidos com 78,4 GW e uma produção de eletricidade de 269 TWh. A Figura 3.9 mostra os países líderes em capacidade instalada de energia hídrica. A China, o Brasil, os Estados Unidos, o Canadá, a Rússia e a Índia contam com 59% do total mundial. [21]

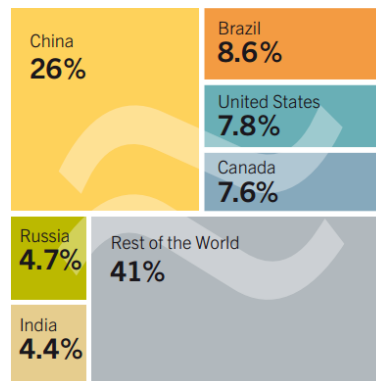


Figura 3.9 – Países líderes em energia hídrica [21]

A China não só é líder mundial, como continua a apostar neste tipo de energia renovável, tendo adicionado à sua capacidade 29 GW, seguindo-se a Turquia com uma adição de 2,9 GW e o Brasil com 1,5 GW, como ilustra a Figura 3.10.

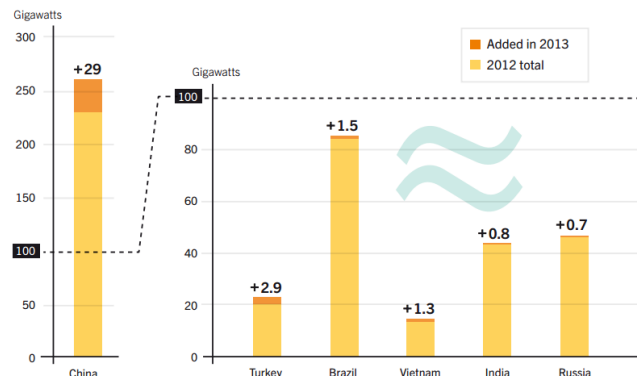


Figura 3.10 – O top 6 dos países que mais apostaram na energia hídrica em 2013 [21]

Em Portugal cerca de 30% da eletricidade consumida tem origem da energia hídrica e, como se verifica pela Figura 3.11, existe uma maior concentração de centrais no Norte e Centro do país. [27]

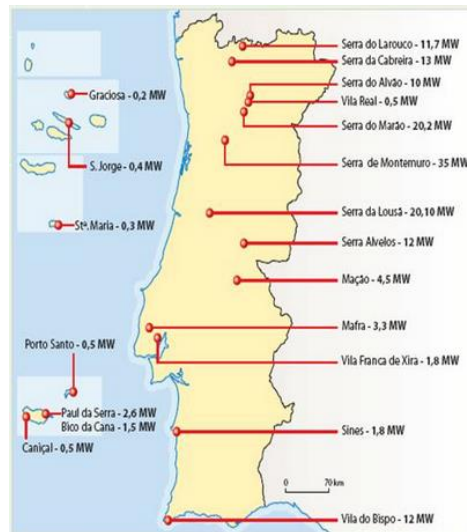


Figura 3.11 – Principais Centrais hidroelétricas em Portugal [27]

3.2.6. SOLAR

A energia solar consiste no aproveitamento da radiação solar para posterior transformação, com melhores ou piores rendimentos, em calor ou eletricidade.

O aproveitamento da energia solar em edifícios para efeitos de aquecimento pode ser realizado de forma ativa, com sistemas solares térmicos, ou passiva, tirando partido da arquitetura dos próprios edifícios, e para fins de produção de eletricidade por sistemas fotovoltaicos, que serão abordados no capítulo 4.

De acordo com a REN21, a China assume novamente a liderança, assegurando cerca de 64% do total instalado. Com valores mais irrisórios segue-se os Estados Unidos, a Alemanha, a Turquia, o Brasil e outros com valores abaixo dos 2%, como ilustra a Figura 3.12. [21]

Em relação às adições de coletores, a China tem novamente o protagonismo, uma vez que em 2012 instalou uma imensa quantidade de coletores que lhe assegurou uma produção adicional de 44,7 GW apostando fortemente em coletores de tubos de vácuo, à semelhança da Índia, contrariando a tendência dos outros países com uma maior aposta nos coletores planos. Países como Brasil, Estados Unidos e Austrália apostaram também nos coletores sem cobertura, como se pode constatar na Figura 3.13. [21]

Desde 2000, tem-se verificado uma tendência crescente na instalação de coletores solares para aquecimento de água, tendo-se já alcançado cerca de 326 GW de capacidade termal, como ilustra a Figura 3.14. [21]

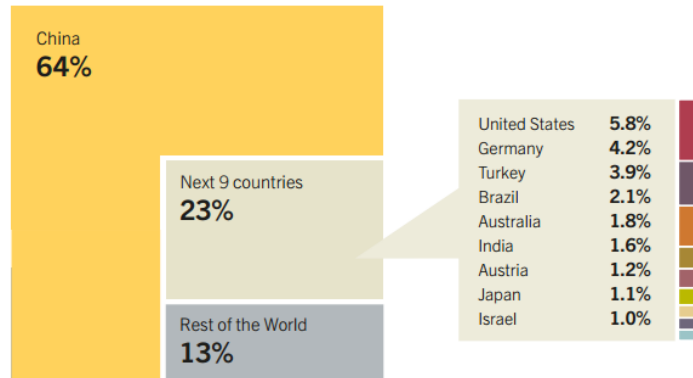


Figura 3.12 – Países líderes em sistema solar térmico em 2012 [21]

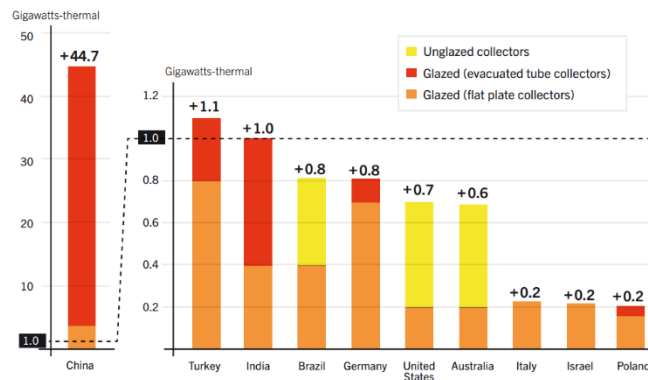


Figura 3.13 – Adição em coletores para aquecimento de água em 2012 [21]

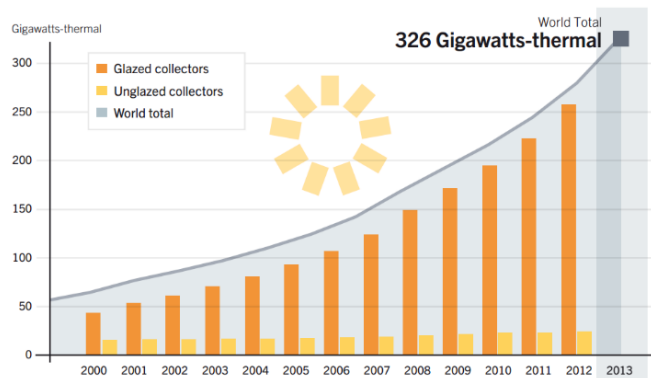


Figura 3.14 – Capacidade de coletores instalados para aquecimento de água desde 2000 [21]

Em relação ao solar fotovoltaico, o ano 2013 foi um ano de *record*, sendo o tipo de energia renovável que mais cresceu mundialmente. Mais de 39 GW foram adicionados à capacidade já então instalada elevando o seu potencial a aproximadamente 139 GW (Figura 3.15).

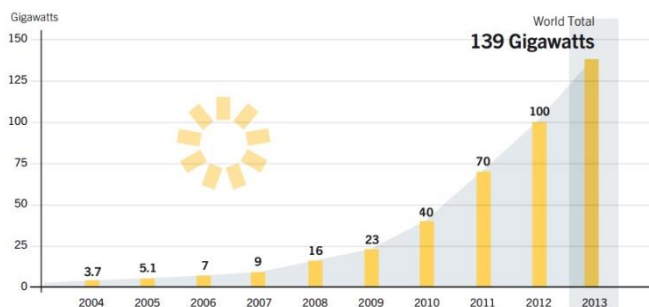


Figura 3.15 – Capacidade total de solar fotovoltaico instalado desde 2004 [21]

Em relação às mais recentes adições neste campo, domina uma vez mais a China com um aumento de 12,9 GW, seguido do Japão com 6,9 GW e os Estados Unidos com 4,8 GW, como se constata pela Figura 3.16.

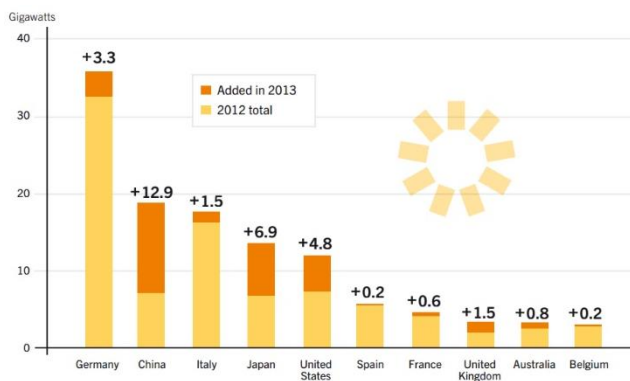


Figura 3.16 – Adições no solar fotovoltaico em 2013 [21]

4

APROVEITAMENTO SOLAR

4.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo o assunto a abordar é o aproveitamento solar de forma direta, no que toca à captação térmica e fotovoltaica, sem negligenciar a importância do aproveitamento solar passivo. Importa cumprir princípios básicos de aproveitamento solar passivo pois este permite uma boa qualidade térmica do edifício e, conseqüentemente, contribui para menores gastos energéticos e menor poluição ambiental associada.

Conhecer os sistemas solares disponíveis, quer ao nível das concepções possíveis, quer ao nível dos equipamentos e demais acessórios que os constituem e conhecer a formulação para proceder ao cálculo da energia captada por um determinado sistema solar assim como as suas perdas, de forma a determinar a efetiva contribuição da radiação solar para o fim a que se destina e a energia convencional auxiliar ao sistema, são indispensáveis para a eficácia dos sistemas solares. [30]

4.2. SISTEMA SOLAR TÉRMICO

4.2.1. SISTEMA TERMOSSIFÃO

Este tipo de sistema solar para produção de águas quentes sanitárias é aplicado a instalações de dimensões mais reduzidas pois é um sistema que apresenta algumas limitações no que toca à produtividade solar, à capacidade de armazenamento de energia e de área de captação. Ainda assim, é

um sistema de fácil instalação e que não depende de outros aparatos mecânicos para fazer circular o fluido solar ou de controlos elétricos para o seu funcionamento.

Aquando da incidência da radiação no coletor, o fluido solar sofre um aumento de temperatura, diminuindo a densidade e fazendo com que o fluido circule por convecção natural. Com a diminuição da densidade do fluido provocado pelo seu aquecimento, este ascende do coletor ao acumulador e o fluido a uma temperatura inferior descende até ao coletor. Desde que haja uma diferença de temperatura entre o acumulador e o coletor, este processo ocorre de forma natural.

Quando o fluido solar ascende e alcança o permutador do acumulador, este transfere energia sob a forma de calor, aquecendo a água contida no interior do acumulador. O calor será tanto maior quanto maior for a radiação solar disponível. No caso de ausência de radiação ou de a temperatura no coletor ser inferior à temperatura do reservatório então não haverá circulação e consequentemente a água do acumulador não será aquecida. É para prevenção deste tipo de situações que é de extrema importância a previsão de associar um sistema de apoio para satisfazer as necessidades (Figuras 4.1 e 4.2). [18]

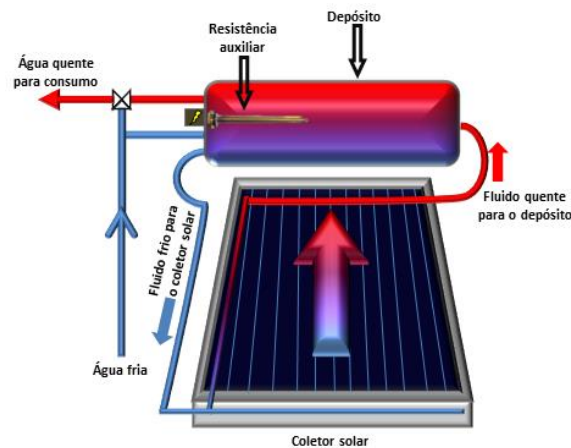


Figura 4.1 – Esquema de um termosifão [31]



Figura 4.2 – Exemplos de termosifão na região: [a] zona dos Canhas; [b] em frente à Universidade

4.2.2. SISTEMA FORÇADO

Num sistema de circulação forçado, o transporte de energia a partir do fluido térmico entre os coletores e o depósito é assegurado por uma bomba circuladora.

Este tipo de instalação apresenta maior potencial face ao sistema termossifão dado que é mais versátil, permite aquecer maiores volumes de água e daí resulta uma maior área de coletores solares. É também mais exigente por englobar um maior número de elementos e são necessários uma série de cálculos e dimensionamentos para que todo o sistema funcione de forma eficiente.

Aqui o acumulador pode ser instalado a um nível inferior e sem limite de distância aos coletores, dada a presença da bomba circuladora. Deste modo, sempre que houver uma diferença de temperatura entre o fluido térmico nos coletores e a água no acumulador, o controlador irá fornecer energia elétrica à bomba circuladora, que assim movimentará o fluido entre o coletor e o acumulador. Como consequência, a energia é conduzida do interior da serpentina do acumulador para a água de consumo que se encontra no interior do mesmo.

Os sistemas forçados tanto podem ser montados em telhados planos ou inclinados como existem soluções integradas para colocação no próprio telhado ou na fachada (Figura 4.3). [18]



Figura 4.3 – Exemplos de sistema forçado na região: [a] no Caniço; [b] na zona de São Roque

4.3. SISTEMAS DIRETOS E INDIRETOS

A troca de calor entre o circuito primário e o secundário pode dar-se por transferência direta ou indireta. No caso da transferência direta, não existe separação entre os dois circuitos. Por outras palavras, a água que provém dos coletores é enviada diretamente para consumo. Já no segundo caso existe uma

separação, dado pelo nome de permutador de calor. Se este se encontrar no interior de um acumulador então dá-se o nome de serpentina ao invés de permutador de calor.

Apesar do sistema direto apresentar um rendimento térmico superior, apresenta várias desvantagens, tornando-o desaconselhável em diversas aplicações. As desvantagens apontadas a este sistema são:

- ⊗ Maior restrição nos materiais a utilizar, uma vez que a água que irá percorrer todo o circuito hidráulico será a de consumo;
- ⊗ Risco de congelamento e como consequência danificação do equipamento em regiões onde as temperaturas mínimas sejam muito baixas;
- ⊗ Elevado risco de corrosão, devido a uma constante oxigenação no interior da instalação;
- ⊗ Elevado risco de incrustação de calcário.

Todos os inconvenientes mencionados, fizeram com que os sistemas indiretos começassem a ser cada vez mais utilizados. [18]

4.4. CONSTITUINTES DOS SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS

4.4.1. TIPOS DE COLETORES

Existem quatro grupos de coletores solares que se dividem de acordo com a temperatura que se pretende obter na sua aplicação, são eles:

- ⊗ Aplicações de baixa temperatura: até 90°C;
- ⊗ Aplicações de temperatura média: entre 90°C a 150°C;
- ⊗ Aplicações de temperatura alta: entre 150 a 300°C;
- ⊗ Aplicações de temperatura muito alta: acima dos 300°C.

Os coletores podem ainda ser estacionários – fixos, i.e. não acompanham o movimento do Sol – ou não estacionários – são incorporados numa estrutura móvel e acompanham o movimento do Sol.

É de notar que as aplicações de temperatura alta e muito alta só são possíveis com a utilização de coletores não estacionários. [24]

De acordo com POSHIP, com base nos estudos realizados em variados locais como EUA, Alemanha, Espanha, Grã-Bretanha e Portugal, concluíram que:

- ⊗ 50% do calor consumido na indústria, em geral, situa-se na gama das baixas e médias temperaturas;
- ⊗ Nas indústrias alimentar, papel, química e têxtil, os consumos mais significativos situam-se entre os 90°C e os 250°C;
- ⊗ Nos sectores referidos no ponto anterior, a maior parte das suas necessidades situam-se entre os 100°C e os 200°C.

É por este motivo que uma adequada seleção do tipo de coletor a utilizar é importante, para que sejam alcançados e assegurados os objetivos no que concerne à temperatura. [24]

Existem diversas soluções construtivas para os coletores, no entanto, os seus elementos fundamentais são uma placa absorvedora e um fluido térmico. A análise do seu desempenho tem como base os seguintes parâmetros:

- ⊗ **Eficiência do coletor, η :** é a razão entre a energia convertida em calor e a radiação incidente no coletor. Este parâmetro depende da diferença de temperatura entre a placa absorvedora e o meio ambiente e da radiação solar global;
- ⊗ **Eficiência ótica (fator de conversão), η_0 :** representa a percentagem de radiação incidente no coletor que pode ser convertida em calor. É dada pelo produto da transmissividade da cobertura com a absorvidade da placa absorvedora ($\eta_0 = \tau \cdot \alpha_1$);
- ⊗ **Fator de perda de calor, η_K :** representa, sob a forma de percentagem, a perda de calor devida ao desenho e ao isolamento térmico do coletor. Este parâmetro depende da diferença de temperatura entre a placa absorvedora e o meio ambiente;
- ⊗ **Temperatura de estagnação:** temperatura máxima que a placa absorvedora pode atingir e ocorre quando as perdas de calor para a atmosfera são iguais ao calor absorvido pela placa absorvedora. Se o circuito solar não dissipar o calor e a radiação solar for elevada, então a placa absorvedora atinge temperaturas elevadas (superiores a 150°C);
- ⊗ **Coefficiente de perdas:** dividido em coeficiente de perdas de primeira ordem, a_1 , que representa as perdas lineares na superfície do coletor, devido à diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura média do coletor, e em coeficiente de perdas de segunda ordem, a_2 . [30]

Existem variados tipos e *designs* de coletores para múltiplas aplicações, com custos e desempenhos específicos, no entanto, não existe uma classificação que seja universalmente aceite. Neste trabalho distingue-se quatro tipos de coletores:

- ⊗ Coletores sem cobertura ou simples;
- ⊗ Coletores planos;
- ⊗ Coletores parabólicos compostos (CPC);
- ⊗ Coletores de vácuo.

4.4.1.1. COLETORES SEM COBERTURA OU SIMPLES

Os coletores simples são unicamente constituídos pela placa absorvedora. A eficiência ótica, η_0 , é, geralmente, elevada, apresentando valores na ordem dos 0,9. Contudo o coeficiente de perdas a_1 é elevado, tomando um valor igual ou superior $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Estes coletores são de fácil aplicação e até bastante económicos, quando comparados com os outros tipos de coletores. Se o objetivo for o de obtenção de temperaturas baixas, próximas da temperatura ambiente, as perdas são reduzidas e a eficiência do coletor é próxima do valor da eficiência ótica, funcionando bem para aquecimento de piscinas. [30]

Como exemplo de coletores sem cobertura tem-se o ilustrado na Figura 4.4. Cada painel ronda os 70 euros e têm aproximadamente 1 m^2 de área, embora possa variar de modelo para modelo.



Figura 4.4 – Coletor sem cobertura [32]

À semelhança deste coletor, é possível encontrar no mercado outras ofertas também para casos em que se pretenda baixos aumentos de temperatura, isto é, idealizadas para aquecimento de piscinas. Apresenta-se os seguintes exemplos:

1. É conhecido no mercado como coletor solar Hyperborea ou Girassol ou ainda disco. Este coletor é feito com tubo em polietileno e tem $\frac{1}{2}$ " (1,27 cm) de diâmetro e uma espessura de 2,5 mm. Apresenta proteção contra os raios UV e são fixados por barras de alumínio e, dependendo do fabricante, por abraçadeiras de *nylon*. Possui uma razoável durabilidade e uma boa relação custo-benefício.

O coletor em si, tem 1,48 m de diâmetro e uma espessura de 2,0 cm. Consegue elevar a temperatura da água em 6°C e tem garantia de 5 anos. Cada unidade consegue aquecer até $5,0 \text{ m}^3$ de água e o seu custo ronda os 93 euros. [33]

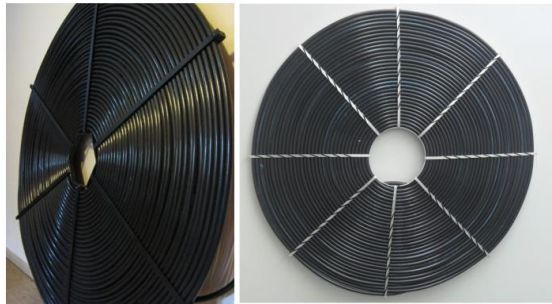


Figura 4.5 – Coletor solar disco [33, 34]

2. Este coletor pode ser encontrado em policloreto de vinil (PVC) ou em polipropileno (PP) e é vendido em módulos.

Os coletores em PVC apresentam apenas um tipo de módulo com $4,0 \text{ m}^2$ ($3,0 \times 1,3$) de superfície, ao passo que os coletores em polipropileno são disponibilizados em três tipos; um com $2,0 \text{ m}^2$ ($2,0 \times 1,0$) de superfície, outro com $3,0 \text{ m}^2$ ($3,0 \times 1,0$) e ainda um com $4,5 \text{ m}^2$ ($4,5 \times 1,0$).

Os coletores de PVC têm um custo de 62 euros e os coletores em polipropileno têm um custo de desde 75 euros, para o módulo mais pequeno, podendo chegar aos 187 euros, para o módulo maior. [35]



Figura 4.6 – Coletor simples [35]

3. Como algo mais caseiro, apresenta-se o exemplo seguinte, que se trata de um coletor solar feito a partir de garrafas de plástico e de embalagens *Tetra Pak*.



Figura 4.7 – Coletor solar feito com garrafas de plástico [36]

4.4.1.2. COLETORES PLANOS

Geralmente os coletores utilizados são do tipo plano e podem ser de baixa ou de alta temperatura. O tipo de placa absorvedora utilizada depende do fabricante e pode ser de chapa moldada, de tubos prensados ou de tubos soldados. Neste último, os tubos tanto podem ser de serpentina (um só tubo) como em harpa (conjunto de tubos paralelos), e é utilizada a tecnologia *laser* para a soldadura.

A eficiência do coletor deve-se principalmente ao tipo de revestimento da superfície absorvedora e ao tipo de vidro de cobertura, sendo os vidros seletivos com tratamento antirreflexo os que apresentam melhores características óticas (Figura 4.8). A lã de rocha e a lã vidro, pelas suas propriedades mecânicas de não sofrerem alterações quando sujeitos a temperaturas da ordem dos 150°C, são os isolamentos mais requisitados. A tubagem utilizada nas placas absorvedoras é em cobre, dado que é um bom condutor de calor. Para a caixa do coletor poderão ser utilizados materiais como alumínio, aço, plástico ou madeira envernizada. A maioria dos fabricantes produz mais do que um tipo de painel para melhor se ajustar às necessidades e às possibilidades do cliente. [30]

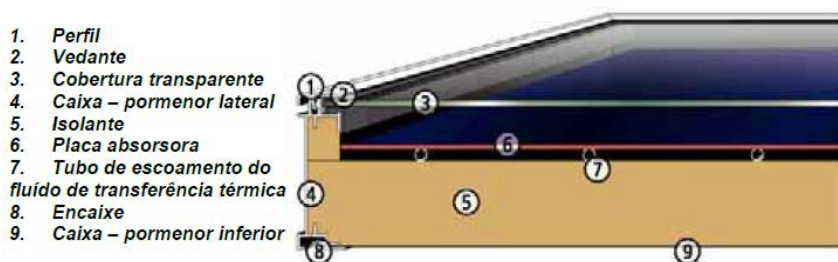


Figura 4.8 – Secção de um coletor plano de tubos prensados e em harpa [17]

Os coletores planos de baixa temperatura são usados no caso de se pretender temperaturas do fluido térmico inferiores a 80°C, obtendo-se uma temperatura da água na ordem dos 60°C, sendo por isso utilizados preferencialmente em sistemas de aquecimento solar para AQS. Em relação aos coletores solares de alta temperatura, conseguem boa eficiência se trabalharem com temperaturas compreendidas entre 80 e 100°C. Estes coletores podem também ser designados por painéis de alta eficiência, chegando a obter valores de eficiência ótica de 0,80 ou superiores. [30]

4.4.1.3. COLETORES PARABÓLICOS COMPOSTOS (CPC)

Os CPC possuem uma superfície parabólica cilíndrica, onde os raios solares são refletidos para a zona tubular, zona onde circula o fluido térmico (Figura 4.9). A temperatura de operação deste tipo de coletores é inferior a 100°C, a temperatura de estagnação atinge valores superiores a 200°C e são coletores de alta eficiência.

Os materiais usados para função de isolamento são a lã de rocha ou a lã de vidro. A eficiência ótica destes coletores é de cerca de 0,7, valor que é semelhante ao de muitos coletores planos. No entanto, estes últimos possuem melhor isolamento térmico ($a_1 < 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$). [30]

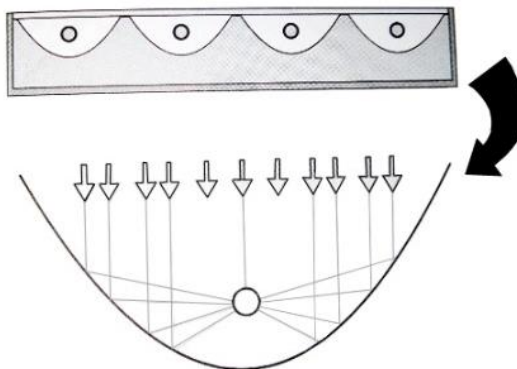


Figura 4.9 – Esquema de um CPC [30]

4.4.1.4. COLETORES DE TUBOS DE VÁCUO

Os coletores de tubos de vácuo (Figura 4.10), também conhecidos como coletores evacuados, são painéis planos onde o fluido térmico circula em tubos concêntricos e onde o seu interior é de cor escura para uma melhor absorção da radiação solar. O exterior é de vidro “transparente” à radiação solar e “opaco” à radiação própria. Entre os dois tubos existe vácuo, daí a sua designação. Na generalidade, os tubos de vácuo funcionam abaixo dos 10^{-5} bar, o que significa que as perdas de calor entre o fluido térmico e o ambiente são reduzidas.

Estes coletores apresentam uma eficiência ótica (η_0) entre 0,6 e 0,8. Estes valores são devidos à forma do tubo; ainda assim, o tipo de isolamento térmico utilizado ($a_1 < 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$) reduz as perdas térmicas globais, especialmente as de convecção. Os coletores de tubos de vácuo conseguem atingir temperaturas próximas dos 100°C e a temperatura de estagnação ultrapassa os 200°C . [30]



Figura 4.10 – Coletor de tubos de vácuo na zona de Santa Rita

4.4.2. FLUIDO TÉRMICO

Nas instalações de sistemas solares térmicos utiliza-se um fluido que é responsável pelo transporte de energia captada pelo coletor até ao utilizador. A água é o fluido ideal neste tipo de instalações, uma vez que o seu calor específico volúmico ($4112 \text{ kJ/m}^3\text{K}$ a 60°C) é elevado e pelo facto de ser barato.

Na prática, é usual a utilização de um anticongelante, cuja percentagem e tipo são importantes para o desempenho da instalação. O anticongelante permite que o fluido térmico não mude de fase no caso em que o coletor está submetido a temperaturas negativas. Contudo, a temperatura de ebulição aumenta com a adição de um anticongelante.

Ainda assim, a adição de um anticongelante apresenta algumas desvantagens:

- 1) O seu coeficiente de expansão é superior ao da água, o que conduz a um maior volume do vaso de expansão;
- 2) A viscosidade é mais elevada do que a da água, o que conduz a maiores perdas de carga no sistema;
- 3) A mistura água+anticongelante não é estável, podendo degradar-se a temperaturas elevadas, perdendo, consequentemente, eficácia e é um processo irreversível.

Mas sendo as vantagens tidas em maior consideração, o seu uso é generalizado. Na prática o tipo de anticongelante mais utilizado é um glicol. [30]

4.4.3. ACUMULADORES

Em termos de acumuladores, existem vários modelos no mercado, tais como:

- ⊗ Acumuladores com permutador interno de uma serpentina;
- ⊗ Acumuladores com permutador interno de duas serpentinas ou dupla serpentina;
- ⊗ Acumuladores de inércia (sem permutador interno);
- ⊗ Acumuladores combi.

Os principais requisitos para escolha de um acumulador são:

- ⊗ Elevada capacidade calorífica;
- ⊗ Reduzidas perdas térmicas;
- ⊗ Temperatura de utilização adaptada à necessidade energética;

- ⊗ Fácil integração no edifício;
- ⊗ Elevada fiabilidade;
- ⊗ Fácil manutenção.

Os acumuladores de pequena e média dimensão são indicados para apartamentos e habitações de média dimensão, podendo estes servir as famílias com conforto e economia e também fornecer de maneira simultânea e imediata água quente em múltiplos pontos de consumo. Já os acumuladores de maior volume são aplicados em situações de maior consumo, como é o caso de grandes habitações, escolas, edifícios públicos, hotéis, entre outros, com a necessidade de abastecimento simultâneo de água quente em múltiplos pontos de consumo. [18]

4.4.3.1. ESTRATIFICAÇÃO

A estratificação é um fenómeno de separação em camadas ou estratos. Em acumuladores, este efeito é positivo, pois permite separar no interior de um acumulador a água quente, menos densa depositando-se na parte superior do acumulador, e a água fria, mais densa, permanecendo na parte inferior do acumulador. [18]

4.4.3.2. CIRCULAÇÃO INVERTIDA

Durante a noite, altura em que as temperaturas são muito baixas, pode ocorrer inversão no sentido do fluido térmico no circuito. Tal indica que a temperatura do coletor é inferior à temperatura do acumulador. Para contrariar este fenómeno, é necessário a instalação de uma válvula de retenção, no sentido da entrada do fluido térmico quente no acumulador. Normalmente os grupos hidráulicos já trazem esta válvula integrada. [18]

4.4.4. TUBAGENS

As tubagens, assim como todo o tipo de acessórios e uniões deverão cumprir uma série de requisitos específicos, como a compatibilidade com o fluido térmico utilizado, a necessidade de suportar temperaturas elevadas, acima dos 160°C, entre outros.

O aço inox, o cobre e o aço negro são os materiais mais utilizados em instalações solares. As uniões soldadas deverão ser fortes e para as vedar o ideal é a utilização de linho. Deve-se evitar o uso de aço galvanizado, dada a sua incompatibilidade com o propileno-glicol e os termoplásticos, dadas as elevadas

temperaturas e pressões. [18] Na Tabela 4.1 apresentam-se as vantagens e desvantagens dos diversos materiais.

Tabela 4.1 – Vantagens e desvantagens do aço inox, do cobre e do aço negro nas instalações solares [18]

Aço inox	<p><u>Vantagens:</u> apresenta uma boa resistência à corrosão, é fácil de cortar, apresenta uma gama completa de acessórios para montagem rápida (bicone), tem baixas perdas de carga lineares, uma vez que o tubo é liso.</p> <p><u>Desvantagens:</u> não é aconselhável fazer curvas por dobragem, não permite soldadura, apresenta diferentes coeficientes de dilatação e os bicones não são adequados às elevadas temperaturas dos sistemas solares térmicos.</p>
Cobre	<p><u>Vantagens:</u> é o material mais utilizado em todo o tipo de instalações, apresenta uma boa resistência à corrosão, é facilmente maleável e manipulável, não é necessário o uso de acessórios pois deixa-se curvar com muita facilidade.</p>
Aço negro	<p><u>Vantagens:</u> manipulação e montagem um pouco mais complicadas que o cobre.</p> <p><u>Desvantagens:</u> só é aconselhável a grandes caudais e só pode ser utilizado em circuitos fechados, muito sensível às oxidações, é necessário pintar a parte externa para proteção à corrosão.</p>

4.4.5. BOMBAS CIRCULADORAS

A circulação forçada é assegurada com a associação de bombas circuladoras aos circuitos solares. As bombas têm a capacidade de impulsionar o fluido térmico com um determinado caudal e pressão, que é suficiente para vencer a resistência que o circuito opõe à passagem deste.

A cada bomba circuladora corresponde uma curva característica, ao qual ao eixo dos XX corresponde o caudal (Q) em litros por hora (l/h) e ao eixo dos YY corresponde à perda de carga (H) em metros por coluna de água (m.c.a.).

Para que as bombas circuladoras funcionem corretamente, é necessário ter em conta alguns pormenores, e.g., as bombas devem ser instaladas com o eixo na posição horizontal, deste modo garantindo que os rolamentos do motor sejam bem lubrificados e refrigerados, aumentando a sua longevidade e deve-se evitar que entrem em cavitação. A cavitação é o fenómeno hidráulico, o qual se dá a formação de bolhas de vapor ou ar num líquido. Se o fenómeno da cavitação ocorrer na proximidade de uma superfície e de forma repetitiva, a pressão do choque originará o desgaste dessa superfície, que neste caso será a bomba circuladora. [18]

4.4.6. GRUPO HIDRÁULICO

A função do grupo hidráulico é a de movimentar o fluido térmico, o qual integra uma bomba circuladora.

Um grupo hidráulico incorpora diversos elementos: termómetros integrados (ida e retorno), grupo de segurança (válvula de segurança+manómetro), válvulas de retenção na impulsão e no retorno para evitar a circulação por termosifão desde o depósito até aos coletores solares - principalmente durante a noite - bomba circuladora para impulsão do fluido térmico, limitador de caudal, regulador de caudal e caudalímetro, válvulas de corte e válvulas destinadas ao enchimento e descarga da instalação (Figura 4.11). É necessário um pré-dimensionamento deste componente de acordo com a dimensão da instalação, isto é, de acordo com a quantidade de painéis e a rede de tubagens do circuito. [18]

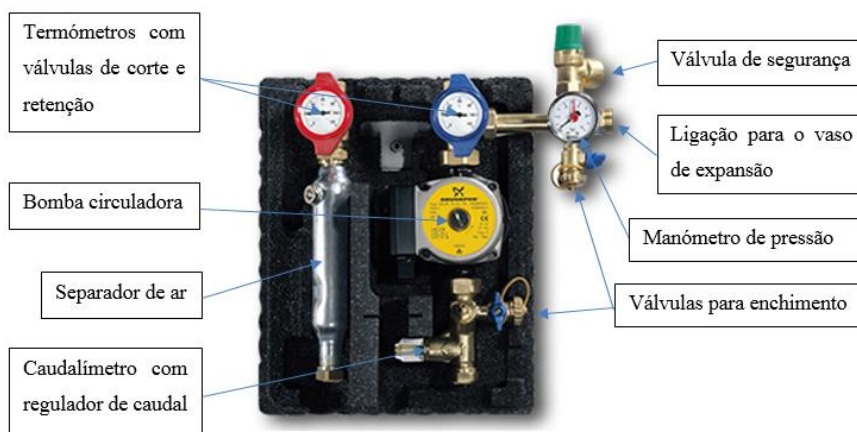


Figura 4.11 – Exemplo de um grupo hidráulico e legenda. Imagem editada de [18]

4.4.7. VASO DE EXPANSÃO

Este elemento tem como objetivo absorver as dilatações do fluido térmico devido ao aumento de temperatura e pressão no interior do circuito e deverá ser propriamente dimensionado, pois garante a absorção do volume de expansão do fluido solar. Caso contrário, dá-se uma perda do líquido solar pela válvula de segurança.

Tanto o vaso de expansão como a válvula de segurança são elementos de segurança da instalação solar. Assim sendo, não pode existir nenhum acessório que comprometa o natural escoamento na direção destes.

O interior de um vaso de expansão é constituído por uma membrana, a qual sofre deslocamento com a maior ou menor pressão exercida pelo fluido térmico (Figura 4.12). [18]



Figura 4.12 – Vaso de expansão [37]

4.4.8. CONTROLADORES

O objetivo dos controladores é a assegurar o funcionamento da bomba circuladora sempre que a diferença de temperatura entre os coletores e o acumulador seja superada. Estes variam consoante a forma e o número de aplicações a gerir, designando-se controladores para uma aplicação e controladores para várias aplicações. Ao primeiro cabe apenas a gestão de uma única aplicação solar, lendo apenas uma bomba circuladora ou uma válvula de três vias. Quanto ao segundo, é possível incorporá-lo numa instalação com duas a três aplicações solares (e.g. AQS, aquecimento por pavimento radiante e piscina). Este controlador consegue ler até seis pontos diferentes de temperatura e comandar até cinco bombas circuladoras. [18]

4.4.9. PERMUTADORES DE CALOR

Nas instalações onde são utilizados coletores de polietileno, à exceção de aquecimento de piscinas ao ar livre, são necessários permutadores de calor que permitam dois circuitos independentes, nomeadamente, o circuito primário – onde circula o fluido térmico com anticongelante e que conduz o calor produzido – e o circuito secundário – o que contém a água para consumo e é o recetor do calor produzido.

Existem permutadores externos e permutadores internos. Os permutadores internos encontram-se incorporados no interior dos acumuladores e podem ser de serpentina ou de camisa, enquanto que os permutadores externos são dispostos no exterior dos acumuladores e podem ser de placas, na maioria dos casos, ou tubulares.

Geralmente as eficácias típicas dos permutadores são:

- ⊗ Permutador de camisa: 0,35;
- ⊗ Permutador de serpentina: 0,55;
- ⊗ Permutador de placas: 0,75. [18]

4.4.10. DIMENSIONAMENTO DOS COMPONENTES DO SISTEMA

Para dimensionar os componentes de um sistema solar térmico é necessário estipular a superfície de coletores solares e o volume do depósito de acumulação.

4.4.10.1. SUPERFÍCIE DE COLETORES

É muito conveniente determinar a superfície dos painéis com base em dados médios predefinidos. Assim, nas instalações para água quente sanitária podem ser utilizados os valores apresentados na Tabela 4.2 em função da necessidade diária de água quente a 45°C. [9]

Tabela 4.2 – Superfície útil dos painéis planos relacionada com a necessidade diária de água quente a 45°C [9]

Norte de Portugal	1,0 m ² para necessidades de 50 l/dia
Sul de Portugal	0,8 m ² para necessidades de 50 l/dia

Se os coletores utilizados forem de tubo de vácuo, então os valores da Tabela 4.2 podem ser reduzidos a 20%.

Já a necessidade diária de água quente pode ser determinada a partir dos seguintes valores estimados na Tabela 4.3:

Tabela 4.3 – Necessidade diária de água quente a 45°C [9]

Habitações domésticas		Hotéis e Restaurantes	
Conforto elevado	75 l/(pessoa/dia)	Conforto elevado	75 l/(pessoa/dia)
Conforto médio	50 l/(pessoa/dia)	Conforto médio	50 l/(pessoa/dia)
Conforto baixo	25 l/(pessoa/dia)	Conforto baixo	35 l/(pessoa/dia)
Máquina de lavar roupa	20 l/(1 lavagem diária)	Serviço de cozinha	
Máquina de lavar loiça	20 l/(1 lavagem diária)	Serviço elevado	20 l/(1 lavagem diária)
Pensões e turismo rural		Serviço elevado	15 l/(dia/refeição)
Nível elevado	75 l/(pessoa/dia)	10 l/(dia/refeição)	75 l/(pessoa/dia)
Nível médio	50 l/(pessoa/dia)		

Em instalações para piscinas, a superfície útil dos painéis planos pode ser determinada a partir dos valores da Tabela 4.4: [9]

Tabela 4.4 – Superfície útil dos painéis planos para aquecimento de piscinas [9]

Piscinas exteriores	0,60 a 0,40 m ² por cada m ² de superfície da piscina
Piscinas interiores	0,40 a 0,30 m ² por cada m ² de superfície da piscina

No caso de se pretender o aquecimento de piscina por meio de coletores sem cobertura então são tomados os seguintes valores de referência que se apresentam na Tabela 4.5:

Tabela 4.5 – Superfície útil dos painéis sem cobertura para aquecimento de piscinas [9]

Piscina exterior sem cobertura	1,0 m ² por cada m ² de superfície da piscina
Piscina exterior com cobertura	0,5 m ² por cada m ² de superfície da piscina
Piscina interior	1,2 m ² por cada m ² de superfície da piscina

4.4.10.2. VOLUME DE DEPÓSITOS DE ACUMULAÇÃO

O volume dos acumuladores pode ser variável de 50 a 60 litros por cada metro quadrado de painéis, isto é:

$$V = (50 \text{ a } 60) \times S \quad \text{Equação 4.1}$$

Onde: V – volume do depósito de acumulação [l] e S – superfície útil dos painéis [m²] [9]

4.5. SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

O solar fotovoltaico continua a ser alvo de constante desenvolvimento e inovação, com a ambição de dar uma resposta sustentável e competitiva no mercado global da energia, em particular no mercado das energias renováveis. É também ambicionado o desenvolvimento de técnicas de transformação mais baratas, melhorar a eficiência do sistema, ou ainda, a possibilidade de novos tipos de aplicação. [30]

De acordo com T.M. Razykov *et al.*, o rápido crescimento do mercado fotovoltaico deu-se na década de 1980 com a aplicação de sistemas fotovoltaicos para a produção de energia na ordem dos megawatts. Atualmente o mercado do fotovoltaico está a crescer a um ritmo elevado de 30 a 40%. Tal foi possível com a redução dos custos a nível tecnológico e com o desenvolvimento do mercado, o qual refletiu as qualidades dos sistemas fotovoltaicos, como a versatilidade, fiabilidade e a economia. [38]

A todos os que projetam, instalam ou pretendem utilizar um sistema solar fotovoltaico é de extrema importância o conhecimento pelos tipos de sistemas e componentes utilizados neste, assim como a viabilidade económica de um sistema solar fotovoltaico de pequena dimensão. [30]

4.5.1. PRINCIPAIS COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Conforme a aplicação a considerar na instalação de um sistema solar fotovoltaico, os componentes utilizados podem ser diferentes. Serão diferentes no caso da instalação se destinar a uma casa isolada, se for utilizada com ligação à rede, se for necessário acumulação ou não, entre outras.

Os principais constituintes de um sistema fotovoltaico são:

- ⊗ **Módulo fotovoltaico:** módulo ou painel fotovoltaico é o combinado de células fotovoltaicas que se situam entre um material transparente e um substrato, o qual se designa de encapsulamento, sendo este o fator que mais influência tem sobre o período de vida útil dos módulos fotovoltaicos. O encapsulamento terá que garantir uma adequada proteção e proporcionar uma boa resistência a poeiras, humidade, sal, areia, vento, neve, gases e outros poluentes, entre outros. Além do referido, o material transparente da face exterior do painel terá de possuir não só boas propriedades óticas, como também terá de possuir boa resistência ao impacto e apresentar-se com uma superfície lisa, resistente à abrasão e livre de irregularidades, deste modo permitindo uma autolimpeza quando sujeitos ao vento, chuva ou rega.
- ⊗ **Gerador fotovoltaico:** em inglês designado por *PV array*, é o conjunto de painéis que podem ser ligados em série e/ou em paralelo, que, quando combinados fornecem uma voltagem específica e produzem corrente elétrica contínua. O conjunto de painéis é fixado e suportado por uma estrutura metálica.
- ⊗ **Bateria:** a bateria, também designada por acumulador, é um equipamento que usa de processos químicos para armazenar energia elétrica sob a forma de corrente contínua. As baterias são utilizadas nos casos de necessidade de energia fora dos períodos de exposição, pois permite que a energia elétrica seja disponibilizada de forma constante, mesmo quando a produção é mínima ou em períodos noturnos e até em situações de paragem para reparação ou manutenção do gerador fotovoltaico. Geralmente, as baterias utilizadas têm capacidade para armazenar entre 0,1 a 100 kWh. Usualmente são procurados os seguintes requisitos nas baterias:
 - Reduzidas exigências de manutenção (boa fiabilidade);
 - Baixo custo;
 - Vida útil longa;
 - Reduzida auto-descarga e elevada eficiência energética;
 - Capacidade de carga para pequenas intensidades de corrente;
 - Elevada capacidade de armazenamento e densidade de potência (requisitos de volume e de peso);
 - Bem protegidas de modo a evitar riscos para o meio ambiente e para a saúde (e de preferência, recicláveis).

Será difícil encontrar uma bateria que reúna todos estes requisitos, por isso há necessidade de adaptá-la o melhor possível às características do sistema.

- ⊗ **Regulador de carga:** este equipamento tem como função regular a tensão nas baterias, ou por outras palavras, controlar o fluxo de energia entre o gerador e o equipamento elétrico. Assim, deverá proteger a bateria contra sobrecargas solares e descargas profundas e assegurar a monitorização e segurança da instalação. Tanto as sobrecargas e descargas como as descargas profundas reduzem a vida útil da bateria.
- ⊗ **Inversor:** é o dispositivo eletrónico responsável por adaptar a potência gerada às características da carga, isto é, às características do equipamento eletrónico. Atualmente a corrente alternada é o padrão para o transporte de energia, daí a necessidade da introdução de um inversor no sistema, pois o gerador fotovoltaico gera somente corrente contínua e a bateria apenas armazena energia de forma direta proveniente das fontes de energia, também sob a forma de corrente contínua.
- ⊗ **Outros elementos:** incluídos neste grupo estão componentes como disjuntores e fusíveis, que são indispensáveis ao bom funcionamento do sistema. Num sistema fotovoltaico estes componentes são vistos como dispositivos de segurança. [30]

4.5.2. VANTAGENS E DESVANTAGENS

São apresentadas como principais **vantagens** dos sistemas fotovoltaicos:

- ⊗ **Fiabilidade:** mesmo em condições adversas, o sistema demonstra-se fiável;
- ⊗ **Duração:** os fabricantes dão garantia de 25 anos. Ainda assim os módulos fotovoltaicos conseguem produzir eletricidade muito para além deste tempo, sofrendo apenas uma redução no rendimento;
- ⊗ **Baixo custo de manutenção;**
- ⊗ **Ausência de custos com o combustível;**
- ⊗ **Poluição sonora reduzida:** os sistemas fotovoltaicos são muito silenciosos, mesmo com a incorporação de um sistema de orientação dos painéis, que é motorizado;
- ⊗ **Modularidade:** podem ser adicionados módulos fotovoltaicos ao sistema, aumentando a produção de eletricidade;
- ⊗ **Segurança:** os equipamentos são seguros se dimensionados e instalados de forma adequada;
- ⊗ **Independência:** muitos utilizadores residenciais apontam a independência dos sistemas de distribuição de eletricidade como principal motivação para a utilização destas novas tecnologias;
- ⊗ **Maior rendimento em zonas de maior altitude:** as zonas de maior altitude apresentam maior insolação, favorecendo a opção por este tipo de tecnologia.

Apesar de apresentarem muitas vantagens, existem também algumas **desvantagens** associadas aos sistemas fotovoltaicos, tais como: [30]

- ⊗ Custo inicial: o custo inicial dos sistemas fotovoltaicos é ainda significativo, daí que cada solução fotovoltaica deva ser bem avaliada economicamente e comparada com outras alternativas presentes no mercado. Ainda assim, os custos iniciais dos sistemas fotovoltaicos têm vindo a diminuir ao passo que os custos das soluções que usam combustíveis fósseis têm vindo a aumentar. Perspetiva-se, portanto, que no futuro o custo inicial seja uma mais-valia;
- ⊗ Disponibilidade da radiação solar: as condições climáticas condicionam qualquer sistema que se baseie na energia de radiação solar, o que condiciona a escolha da solução a executar;
- ⊗ Armazenamento de energia: alguns sistemas utilizam baterias para armazenar a energia, aumentando a dimensão, o custo e a complexidade do sistema;
- ⊗ Informação: os sistemas fotovoltaicos são uma tecnologia recente. Consequentemente, o conhecimento da sua potencialidade é pouco conhecido, o que atua como travão ao crescimento do mercado. No entanto, já é visível uma viragem nesta situação;
- ⊗ Questão de segurança, saúde e ambiente: a eletricidade produzida por sistemas fotovoltaicos é mais limpa do que a produzida pelos métodos convencionais. Ainda assim, são apontadas algumas preocupações a nível do fabrico, instalação, remoção e abate no diz respeito a questões de segurança, saúde e ambiente. Na produção dos módulos, os trabalhadores ficam expostos a gases tóxicos e potencialmente explosivos. Têm sido juntados esforços para melhorar o projeto e monitorização dos processos de fabrico nas unidades industriais para reduzir esta problemática. Para garantir a segurança dos técnicos têm sido feitas formações e treinos específicos que os qualifica para a atividade, incluindo o uso de ferramentas que cumpram os requisitos impostos pelas normas de segurança aplicáveis. No fim de vida ou quando incapacitados, os componentes destes sistemas colocam algumas preocupações ambientais. A maioria dos componentes é reutilizável ou reciclável embora os semicondutores só dispõem recentemente de soluções que permitam a sua reciclagem.

4.5.3. MICROGERAÇÃO

A microgeração é uma das vertentes da produção de eletricidade em regime especial, que por sua vez é dada como a produção de eletricidade com incentivos à utilização de recursos nacionais e renováveis. É definida como a produção de eletricidade de muito pequena dimensão, apresentando uma potência igual ou inferior a 5,75 kW, podendo ser injetada e vendida parcial ou totalmente à rede.

A produção de eletricidade pode ter origem solar (Figura 4.13), com painéis fotovoltaicos, eólica, hídrica ou de cogeração a biomassa, mas a solução mais utilizada e mais rentável é a de origem solar. [30, 39]



Figura 4.13 – Microgeração com incorporação em pala na zona do Caniço e por meio de energia eólica na Ponta de Sol

4.6. SOLAR TÉRMICO PASSIVO

A radiação solar pode ser aproveitada para fins de aquecimento de edifícios sem recorrer a sistemas ativos, combinando o aproveitamento dos raios solares, ao longo do dia e ao longo do ano, com a acumulação de calor na estrutura, com o controlo do fluxo de calor através da estrutura e com a ventilação natural.

Fora a radiação absorvida pelas paredes e pavimentos, um maior ou menor aquecimento é conseguido à custa duma variação de sombreamento. O arrefecimento é conseguido a partir da ventilação natural, sempre que a temperatura do ar exterior é inferior à interior, e pela perda de calor durante a noite, que leva a um arrefecimento da envolvente e principalmente da cobertura. Assim é o princípio do solar térmico passivo.

O aproveitamento solar passivo pode ser feito por ganhos diretos, ganhos indiretos, por ganho solar isolado ou por envolvente ativa. Nos ganhos diretos, o Sol incide diretamente no espaço que se pretende aquecer, processo que ocorre naturalmente. Já nos ganhos indiretos, o aproveitamento solar é feito com recurso a massas acumuladoras, como é o caso dos tubos de água. Os ganhos solares isolados são conseguidos pela incidência dos raios solares em zonas envidraçadas adjacentes ao edifício, a título de exemplo um solário. Por fim, a envolvente ativa, que dispõe de regulação de sombreamento da envolvente exterior, captação de calor da dupla envolvente e ventilação natural.

Para um eficaz sistema de aproveitamento solar passivo, é necessária a junção de quatro elementos base:

- ⊗ Uma abertura destinada à passagem da radiação solar – o “coletor”;

- ⊗ A superfície do elemento do edifício sobre a qual incide a radiação solar – o “absorvor”;
- ⊗ O elemento do edifício onde incidiu a radiação solar tendo absorvido parte dela – o elemento de inércia;
- ⊗ Distribuição do calor, a qual depende da solução adotada, mas que pela movimentação do ar transfere o calor aos diferentes locais do edifício.

No que diz respeito à parte construtiva e arquitetónica, torna-se importante cumprir alguns princípios básicos para que seja possível uma boa qualidade térmica do edifício e conseqüentemente menores gastos energéticos, o que conduz a uma menor poluição ambiental. Segue-se a exposição de alguns princípios: [30]

1. Tentar que a orientação da maior dimensão do edifício seja feita no sentido Este-Oeste;
2. Escolher o tipo de envidraçados e a sua orientação, com o intuito de minimizar os ganhos no verão e otimizar os ganhos no inverno;
3. Colocar dispositivos de sombreamento nos envidraçados orientados a Sul, garantindo ganhos solares no inverno e sombreamento no decorrer do verão. O sombreamento deverá ser colocado no exterior e, se fixos, deverão ser do tipo horizontais, ao passo que o sombreamento dos envidraçados orientados a Este e a Oeste deverão ser do tipo vertical;
4. Otimizar e valorizar a iluminação natural, sendo favorecido o uso de dispositivos de sombreamento móveis.
5. Evitar que o edifício esteja sujeito a grandes sombreamentos por objetos próximos, como edifícios e árvores, na orientação Sul;
6. Entre outros.

5

CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA

5.1. INTRODUÇÃO

De acordo com Tsoutsos *et al*, a nível europeu, apenas os edifícios consomem cerca de 40% da energia final e são responsáveis pela emissão de 36% de gases com efeito de estufa. [40] Todavia esse consumo pode ser reduzido para metade se forem aplicadas medidas de eficiência energética. Essas medidas podem representar uma redução de cerca de 400 milhões de toneladas de CO₂ anualmente, o que abrange quase a totalidade do objetivo proposto no âmbito do Protocolo de Kyoto. Para tal, os Estados-Membros da União Europeia têm promovido novas medidas com vista a reduzir a dependência energética e melhorar as condições de conforto térmico dos edifícios. O resultado deste empenho é a Diretiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, que diz respeito ao desempenho energético dos edifícios (EPBD – *Energy Performance of Buildings Directive*). Para além das medidas e requisitos, a EPBD determina que todos os Estados-Membros deverão implementar um sistema de certificação energética nos edifícios. Esta foi posteriormente revista, em 2010, passando a designar-se Diretiva nº 2010/31/CE, tendo trazido novos desafios, em especial o caso do Certificado Energético, que deverá ser tido em conta quer nos edifícios novos e reabilitados assim como os que estão em objeto de transação ou arrendamento, tendo especial atenção aqueles que se encontram a ser publicitados, que deverão indicar a sua classe energética. Espera-se que os grandes edifícios de comércio e serviços e os edifícios públicos sejam título de exemplo e que sejam avaliados periodicamente. [41]

5.2. CERTIFICAÇÃO DE EDIFÍCIOS

A certificação energética de edifícios permite que os seus utilizadores tenham conhecimento acerca do comportamento energético dos mesmos.

No caso dos edifícios novos, acresce o facto de saber se a regulamentação foi bem aplicada tanto ao nível térmico como ao nível da qualidade do ar interior. Já considerando os edifícios existentes, é uma ferramenta muito forte no que toca à sua promoção, assim como presta informação acerca de algumas medidas que poderão melhorar o desempenho energético e qualidade do ar interior que o proprietário poderá implementar, o que permitirá uma redução na fatura energética. [23, 41]

Numa primeira fase, a realização da certificação energética é da total responsabilidade dos proprietários dos imóveis, mas a avaliação é realizada por um Perito Qualificado (PQ). Alguns edifícios são obrigados à realização da certificação energética. O Sistema Nacional de Certificação Energética (SCE) abrange os seguintes:

- ✓ “Todos os edifícios novos e os edifícios sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, quer sejam na envolvente ou nas instalações técnicas do edifício, sempre que o custo for superior a 25% do valor do edifício, nas condições definidas em regulamento próprio;
- ✓ Os edifícios existentes destinados a comércio e serviços com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m², ou 500 m² no caso de centros comerciais, hipermercados, supermercados e piscinas cobertas;
- ✓ Os edifícios que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento também ocupado por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 500 m²;
- ✓ Todos os edifícios existentes aquando a sua venda e locação, incluindo arrendamento, caso em que o proprietário deverá apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE.” [41]

À informação já apresentada, toma algum interesse conhecer os custos da certificação energética. Esses apresentam dois componentes, nomeadamente um associado aos honorários do Perito Qualificado e que não possui valores tabelados, mas que varia de acordo com o tipo e a complexidade do edifício, a quantidade, entre outros fatores, e um outro referente à emissão dos Pré-Certificados Energéticos (PCE) e dos Certificados Energéticos (CE) no registo central no SCE, estando sujeito a uma taxa, que se encontra na Tabela 5.1. Aos valores indicados acresce o IVA à taxa em vigor. [41]

Qualquer certificado energético emitido tem prazo de validade, que difere com a natureza do edifício e com o contexto. A validade deste encontra-se descrita no Decreto-Lei n.º 118/2013 no artigo 15.º, de 20 de agosto. Este determina que o certificado energético de edifícios de habitação e de pequenos edifícios

de comércio e serviços têm um prazo de validade de 10 anos e o certificado energético de grandes edifícios de comércio e serviços têm um prazo de validade de 6 anos.

Adicionalmente, são previstos alguns casos especiais que englobam os edifícios em tosco, os edifícios de comércio e serviços existentes que não disponham de plano de manutenção atualizado e os edifícios de comércio e serviços devolutos, para venda ou locação os quais os certificados energéticos apresentam um prazo de validade de um ano. O certificado energético de edifícios de comércio e serviços existentes submetidos a Plano de Racionalização Energética apresentam uma validade de 6 anos. [6]

Tabela 5.1 – Taxas associadas aos edifícios [41]

Edifícios de habitação	
Tipologias T0 e T1	€35,00
Tipologias T2 e T3	€45,00
Tipologias T4 e T5	€55,00
Tipologias T6 ou superior	€65,00
Edifícios de comércio e serviços	
Área igual ou inferior a 250 m ²	€150,00
Área superior a 250 m ² e igual ou inferior a 500 m ²	€350,00
Área superior a 500 m ² e igual ou inferior a 5000 m ²	€750,00
Área superior a 5000 m ²	€950,00

5.3. COMPARAÇÃO ENTRE O DECRETO-LEI N.º 80/2006 E DECRETO-LEI N.º 118/2013

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 80/2006, isto é, do RCCTE, levou a que se verifica-se uma melhoria na construção em Portugal, uma vez que este foi o primeiro documento a propor requisitos às condições de conforto térmico, de ventilação para a qualidade do ar interior nos edifícios e às necessidades de AQS contribuindo para uma redução energética. Já o Decreto-Lei n.º 118/2013, um documento mais recente, engloba neste os regulamentos SCE, REH e RECS, correspondendo respetivamente a Sistema de Certificação Energética de Edifícios, Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e por último Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços.

O objetivo de associar estes três regulamentos foi o de facilitar o tratamento técnico, o de distinguir cada tipo de edifício e o que melhor se adequa a cada um para que se proceda a uma caracterização e melhoria do desempenho energético. [5, 6]

Entre os dois regulamentos surgem novas definições e são estabelecidos diferentes critérios para os edifícios de habitação e para os edifícios de comércio e serviços. O REH estabelece as exigências para os edifícios de habitação quer estes sejam novos ou sujeitos a intervenções, assim como estabelece parâmetros e métodos para a caracterização do desempenho energético. O RECS estabelece as exigências aquando do projeto, construção, alteração, operação e da manutenção de edifícios de comércio e serviços e seus sistemas técnicos e também os requisitos para a caracterização do seu desempenho.

Começa-se por salientar a alteração na temperatura de AQS que era, no RCCTE, superior a 35°C e que agora passa a ser, no Decreto-Lei n.º 118/2013, superior a 45°C. [42, 43]

A nova legislação opera em paralelo com seis portarias, nomeadamente Portaria n.º 349-A/2013, 349-B/2013, 349-C/2013 e 349-D/2013, cujos objetos de estudo encontram-se na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Objetos das Portarias n.º 349-A/2013, 349-B/2013, 349-C/2013, 349-D/2013, 353-A/2013 e 66/2014 [42-47]

Portaria n.º 349-A/2013, de 29 de novembro	Regula as competências da entidade gestora do SCE, as atividades dos técnicos de SCE, estabelece as categorias de edifícios, para efeitos de certificação energética, bem como os tipos de pré-certificados, fixa as taxas de registo no SCE e estabelece os critérios de verificação de qualidade dos processos de certificação do SCE, assim como os elementos a constar do relatório e da anotação no registo individual do PQ. [44]
Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro	Decreta o método para a determinação da classe de desempenho energético para a tipologia de pré-certificado e certificados SCE, bem como os requisitos de comportamento técnico e de eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos e edifícios sujeitos a grande intervenção para habitação. [42]
Portaria n.º 349-C/2013, de 02 de dezembro	Institui os elementos que deverão constar dos procedimentos de licenciamento ou de comunicação prévia de operações urbanísticas de edificação e de autorização de utilização. [45]
Portaria n.º 349-D/2013, de 02 de dezembro	Designa os critérios de conceção relativos à qualidade térmica da envolvente e à eficiência dos sistemas técnicos dos edifícios novos, dos edifícios sujeitos a grande intervenção e dos edifícios existentes de comércio e serviços. [43]
Portaria n.º 353-A/2013, de 04 de dezembro	Especifica os valores mínimos de caudal de ar novo, assim como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes, e a respetiva metodologia de avaliação. [46]
Portaria n.º 66/2014, 12 de março	Define o sistema de avaliação dos técnicos do SCE e aprova as adaptações ao regime jurídico de certificação para acesso e exercício da atividade de formação profissional. [47]

Dando especial atenção à Portaria n.º 349-B/2013, direcionada para os edifícios de habitação novos, é discriminado nesta as regras para o cálculo dos valores máximos das necessidades nominais anuais de energia útil tanto para aquecimento (N_i) como para arrefecimento (N_v) e das necessidades nominais de

energia primária (N_i). As necessidades nominais anuais de energia para produção de AQS não apresentam valor máximo, sendo que apenas é requerido o cálculo da energia útil para preparação de AQS pelas seguintes expressões:

$$Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000} \quad \text{Equação 5.1}$$

$$M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh} \quad \text{Equação 5.2}$$

Onde: M_{AQS} – consumo médio diário de referência [l]; n – número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e $n+1$ ocupantes nas tipologias Tn com $n > 0$; f_{eh} – fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, $f_{eh} = 0,90$, sendo que nos restantes casos, $f_{eh} = 1$; ΔT – aumento de temperatura necessário para a produção das AQS e que, para efeitos do presente cálculo, toma o valor de referência de 35°C; n_d – número anual de dias de consumos de AQS de edifícios residenciais que, para efeitos do presente cálculo, se considera de 365 dias.

Para os edifícios de habitação novos, o cálculo de necessidades de energia toma uma série de valores de referência. Refere-se, por exemplo, aos coeficientes de transmissão térmica (U), coeficientes de transmissão térmica lineares (ψ), entre outros. Alguns desses valores diferem do RCCTE.

Os valores tabelados dos coeficientes de transmissão térmica presentes no Decreto-Lei n.º 118/2013 encontram-se dispostos na Tabela 5.3 e na Tabela 5.4, onde a primeira diz respeito a Portugal Continental e a segunda às Regiões Autónomas. Os valores diferem dos valores de referência anteriormente em vigor no RCCTE, como é possível constatar na Tabela 5.5.

Verifica-se que, não só as Regiões Autónomas apresentam valores de U distintos para as três zonas climáticas, tanto na estação de aquecimento como para a estação de arrefecimento, algo que não acontecia no RCCTE, como também, a partir de 31 de dezembro de 2015 estão previstas novas mudanças nestes mesmos valores.

Relativamente aos coeficientes de transmissão térmica lineares, tomam os valores de referência os dispostos na Tabela 5.6. Além do referido, também é alterado um dos valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos, $U_{m\acute{a}x}$, no âmbito da qualidade térmica da envolvente, que se encontram na Tabela 5.7.

Tabela 5.3 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados para Portugal Continental, U_{ref} [42]

U_{ref} [W/(m ² ·°C)]		Zona climática					
Portugal Continental							
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou em espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$	Elementos opacos verticais	0,50	0,40	0,35	0,40	0,35	0,30
	Elementos opacos horizontais	0,40	0,35	0,30	0,35	0,30	0,25
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis	Elementos opacos verticais	1,00	0,80	0,70	0,80	0,70	0,60
Com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} \leq 0,7$	Elementos opacos horizontais	0,80	0,70	0,60	0,70	0,60	0,50
Vãos envidraçados (portas e janelas)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

Tabela 5.4 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados para as Regiões Autónomas, U_{ref} [42]

U_{ref} [W/(m ² ·°C)]		Zona climática					
Regiões Autónomas							
Zona corrente da envolvente:		Com a entrada em vigor do presente regulamento			31 de dezembro de 2015		
		I1	I2	I3	I1	I2	I3
Em contacto com o exterior ou em espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} > 0,7$	Elementos opacos verticais	0,80	0,65	0,50	0,80	0,60	0,45
	Elementos opacos horizontais	0,55	0,50	0,45	0,45	0,40	0,35
Em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis	Elementos opacos verticais	1,60	1,50	1,40	1,50	1,40	1,30
Com coeficiente de redução de perdas $b_{tr} \leq 0,7$	Elementos opacos horizontais	1,00	0,90	0,80	0,85	0,75	0,65
Vãos envidraçados (portas e janelas)		2,90	2,60	2,40	2,80	2,40	2,20
Elementos em contacto com o solo		0,50			0,50		

Tabela 5.5 – Coeficientes de transmissão térmica de referência presentes no RCCTE [5]

Elemento da envolvente		Zona Climática			
		I1	I2	I3	RA
Elementos exteriores em zona corrente:	Zonas opacas verticais	0,70	0,60	0,50	1,40
	Zonas opacas horizontais	0,50	0,45	0,40	0,80
Elementos interiores em zona corrente	Zonas opacas verticais	1,40	1,20	1,00	2,00
	Zonas opacas horizontais	1,00	0,90	0,80	1,25
Envidraçados		4,30	3,30	3,30	4,30

Tabela 5.6 – Coeficientes de transmissão térmica lineares de referência, ψ_{ref} [42]

Tipo de ligação	ψ_{ref} [W/(m.°C)]
Fachada com pavimentos térreos Fachada com pavimentos sobre o exterior ou local não aquecido Fachada com cobertura Fachada com pavimento de nível intermédio Fachada com varanda	0,50
Duas paredes verticais em ângulo saliente	0,40
Fachada com caixilharia Zona da caixa de estore	0,20

Tabela 5.7 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos, $U_{máx}$ no Decreto-Lei n.º 118/2013 [42]

$U_{máx}$ [W/m ² .°C]		Zona Climática		
		I1	I2	I3
Elemento da envolvente em contacto com o exterior ou espaços não úteis com $b_{tr} > 0,7$	Elementos verticais	1,75	1,60	1,45
	Elementos horizontais	1,25	1,00	0,90
Elemento da envolvente em contacto com outros edifícios ou espaços não úteis com $b_{tr} \leq 0,7$	Elementos verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos horizontais	1,65	1,30	1,20

Onde no RCCTE, constava dos seguintes valores indicados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos, $U_{máx}$ no RCCTE [5]

$U_{máx}$ [W/m ² .°C]		Zona Climática		
		I1	I2	I3
Elementos exteriores em zona corrente:	Zonas opacas verticais	1,80	1,60	1,45
	Zonas opacas horizontais	1,25	1,00	0,90
Elementos interiores em zona corrente	Zonas opacas verticais	2,00	2,00	1,90
	Zonas opacas horizontais	1,65	1,30	1,20

Em relação aos vãos envidraçados, os valores tabelados dos fatores solares máximos admissíveis ($g_{Tmáx}$) permanecem também quase inalterados. A única exceção é o valor da zona climática V2 para a classe de inércia térmica fraca, que passa de 0,15 para 0,10, como é possível constatar na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados, $g_{Tmáx}$ [5, 42]

$g_{Tmáx}$	RCCTE			Decreto-Lei n.º 118/2013		
	Zona climática			Zona climática		
Classe de inércia	V1	V2	V3	V1	V2	V3
Fraca	0,15	0,15	0,10	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50	0,56	0,56	0,50

Os valores das resistências térmicas superficiais não foram alterados, no entanto a coluna que diz respeito à resistência térmica em local não aquecido é abolida, no Decreto-Lei n.º 118/2013, sendo tomados os valores dispostos na coluna da resistência térmica superficial interior, sempre que são necessários para um cálculo, como se constata pela Tabela 5.10.

Tabela 5.10 – Resistências térmicas superficiais, R_{se} e R_{si} , no Decreto-Lei n.º 118/2013 [48]

Sentido do fluxo de calor		Resistência térmica [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]	
		Exterior	Interior
		R_{se}	R_{si}
Horizontal		0,04	0,13
Vertical:	Ascendente	0,04	0,10
	Descendente	0,04	0,17

Os valores da resistência térmica dos espaços de ar não ventilados sofrem também algumas mudanças. A espessura torna-se mais abrangente, tanto no limite inferior como no limite superior, mas os valores da R_{ar} mantêm-se inalterados, apenas no sentido vertical descendente acresce o valor de R_{ar} de 0,23, para uma espessura de 300 mm (Tabela 5.11).

Para a garantia da qualidade do ar interior, a taxa de referência para a renovação do ar presente no novo regulamento é 0,6, mantendo-se o disposto no RCCTE.

Outro parâmetro que sofreu mudança foi o zonamento climático. Esta alteração está disposta em despacho próprio, concretamente no Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, de 03 de dezembro.

Tabela 5.11 – Resistência térmica dos espaços de ar não ventilados, R_{ar} , no Decreto-Lei n.º 118/2013 [48]

Sentido do fluxo de calor	Espessura[mm]	R_{ar} [$m^2 \cdot ^\circ C/W$]
Horizontal	< 5	0
	5	0,11
	10	0,15
	15	0,17
	25 a 300	0,18
Vertical ascendente	< 5	0
	5	0,11
	10	0,15
	15 a 300	0,16
Vertical descendente	< 5	0
	5	0,11
	10	0,15
	15	0,17
	25	0,19
	50	0,21
	100	0,22
	300	0,23

É conhecido que no RCCTE era apresentada uma tabela onde constavam os concelhos e a zona climática de inverno e verão, a duração da estação de aquecimento, em meses, a temperatura externa de projeto, a amplitude térmica, em $^\circ C$ e número de graus-dia de aquecimento (adiante GD), em $^\circ C \cdot dia$, tendo como base uma temperatura de $20^\circ C$. Particularizando, para a RAM, a zona climática de inverno, o número de graus-dias de aquecimento e a duração da estação de aquecimento era dada em função da altitude, z . E a zona climática de verão era V1 para toda a RAM.

No despacho então referido, o zonamento climático deixa de ser feito por concelhos e passa a ter como base a Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (adiante NUTS) de nível III. Cada NUTS III é responsável por um determinado número de Municípios.

Os GD, deixam a marca dos $20^\circ C$ para ter como base a temperatura de $18^\circ C$. A determinação da zona climática de inverno é dada em função dos GD, como é possível verificar pela Tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Critérios para a determinação da zona climática de inverno [50]

Critério	$GD \leq 1300$	$1300 < GD \leq 1800$	$GD > 1800$
Zona	I1	I2	I3

Já a determinação da zona climática de verão é calculada a partir da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento ($\theta_{ext,v}$), como se verifica pela Tabela 5.13.

Tabela 5.13 – Critérios para a determinação da zona climática de verão [50]

Critério	$\theta_{\text{ext,v}} \leq 20^{\circ}\text{C}$	$20^{\circ}\text{C} < \theta_{\text{ext,v}} \leq 22^{\circ}\text{C}$	$\theta_{\text{ext,v}} > 22^{\circ}\text{C}$
Zona	V1	V2	V3

Assim sendo, aquando do estudo de um novo edifício situado na RAM, a análise da classe de desempenho energético e dos requisitos de comportamento térmico terá de ser feita para um zonamento climático de referência I1-V2, pois o GD de referência é 618 °C.dia e a temperatura exterior média na estação de arrefecimento é de 20,2°C.

Por último, os fatores de conversão entre a energia final e a energia primária a utilizar na determinação das necessidades nominais anuais de energia primária (F_{pu}) de edifícios de habitação passam a ser 2,5 kWh_{EP}/kWh para eletricidade, independentemente da origem (renovável ou não renovável), 1,0 kWh_{EP}/kWh para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos não renováveis e 1,0 kWh_{EP}/kWh para energia térmica de origem renovável. Assim, alterando os fatores presentes no RCCTE de $F_{\text{pu}} = 0,290$ kgep/kWh para eletricidade e $F_{\text{pu}} = 0,086$ kgep/kWh para combustíveis sólidos, líquidos e gasosos. [5, 51]

Note-se que acrescem outras alterações em alguns parâmetros. Essas alterações deverão ser consultadas nas Portarias já referidas e nos Despachos n.º 15793-C/2013, 15793-D/2013, 15793-E/2013, 15793-F/2013, 15793-G/2013, 15793-H/2013, 15793-I/2013, 15793-J/2013, 15793-K/2013 e por fim 15793-L/2013.

5.4. EXEMPLO DE APLICAÇÃO – EDIFÍCIO ASTROLAB

No âmbito deste tema foi possível ter um exemplo de aplicação. Trata-se de um edifício de habitação multifamiliar (com o nome de *Astrolab*) construído pela empresa SOCICORREIA. Este edifício foi inaugurado em setembro de 2013 e apesar de lhe ter sido atribuída a classificação A⁺, esta foi determinada quando ainda regia o RCCTE. Nesse sentido, coloca-se a seguinte questão: se este mesmo edifício fosse licenciado com o novo regulamento em vigor, teria conseguido obter a mesma classificação?

Antes de dar início à análise do edifício é necessário referir que a anterior análise para efeitos de certificação foi feita tendo em conta o zonamento climático I1-V1. Apesar disso, para este estudo será utilizado o zonamento climático I1-V2 como referido no ponto anterior.

Posto isto, a primeira análise a ser elaborada diz respeito à qualidade térmica da envolvente. Para tal são comparados os coeficientes de transmissão térmica superficial das soluções adotadas com os valores dos

coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis tanto do RCCTE como do Decreto-Lei n.º 118/2013 e, como já referido, pelas portarias e despachos a que este último remete. Os resultados encontram-se expostos na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 – Comparação entre os valores do coeficiente de transmissão térmica superficial das soluções adotadas no Astrolab com o máximo regulamentar no RCCTE e no Decreto-Lei n.º 118/2013 e demais portarias e despachos para as paredes

Coeficiente de transmissão térmica superficial, U [W/m ² .°C]			
Paredes			
Descrição da(s) solução(ções) adotada(s)	da solução	RCCTE (máx)	DL 118/2013 (máx)
Parede exterior dupla do tipo fachada ventilada de 39 cm de espessura total, constituída (do exterior para o interior) por pedra de granito de cor clara com massa volúmica aparente seca (ρ) de 2600 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e coeficiente de condutibilidade térmica (λ) de 2,8 W/(m°C); caixa-de-ar considerada não ventilada com 0,07 m de espessura; parede de betão armado de 0,12 m de espessura com ρ de 2400 kg/m ³ e λ de 2,0 W/(m°C); caixa-de-ar não ventilada com 0,02 m de espessura; isolamento térmico em poliestireno extrudido - XPS com 0,04 m de espessura e λ de 0,035 W/(m°C) preenchendo parcialmente a caixa de ar e fixado na face exterior do pano interior de alvenaria; pano de alvenaria de bloco de betão com 0,10 m de espessura e resistência térmica (R) de 0,21 m ² .°C/W; estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 0,43 W/(m°C).	0,47	1,8	1,75
Parede exterior dupla de 33 cm de espessura total, constituída (do exterior para o interior) por reboco exterior de argamassa de cimento com ρ de 1900 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 1,3 W/(m°C); pano de alvenaria de bloco de betão com 0,20 m de espessura e R de 0,33 m ² .°C/W; isolamento térmico em poliestireno extrudido - XPS com 0,02 m de espessura e λ de 0,035 W/(m°C) preenchendo totalmente a caixa de ar; pano de alvenaria de bloco de betão com 0,075 m de espessura e R de 0,19 m ² .°C/W; estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,015 m e λ de 0,43 W/(m°C).	0,76	1,8	1,75
Parede interior em alvenaria dupla de 38 cm de espessura total, com isolamento na caixa de ar, constituída (do espaço não útil para o interior) por estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 0,43 W/(m°C); pano de alvenaria de bloco de betão com 0,15 m de espessura e R de 0,27 m ² .°C/W; isolamento térmico em lã de rocha - MW com 0,04 m de espessura e λ de 0,04 W/(m°C) preenchendo totalmente a caixa de ar; pano de alvenaria de bloco de betão com 0,15 m de espessura e R de 0,27 m ² .°C/W; estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 0,43 W/(m°C). Esta parede separa o espaço útil da zona comum de acesso.	0,51	2	2
Parede interior dupla de 38 cm de espessura total, com isolamento na caixa de ar, constituída (do espaço não útil para o interior) por parede de betão armado de 0,20 m de espessura, ρ de 2400 kg/m ³ e λ de 2,0 W/(m°C); isolamento térmico em lã de rocha - MW com 0,04 m de espessura e λ de 0,04 W/(m°C) preenchendo totalmente a caixa-de-ar; pano de alvenaria de bloco de betão com 0,10 m de espessura e R de 0,21 m ² .°C/W; estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 0,43 W/(m°C). Esta parede separa o espaço útil da caixa de elevador.	0,6	2	2
Dois paredes interiores em alvenaria dupla de 54 cm de espessura total, com isolamento na caixa de ar, constituída (do espaço não útil para o interior) por estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 0,43 W/(m°C); pano de alvenaria de bloco de betão com 0,10 m de espessura e R de 0,21 m ² .°C/W; isolamento térmico em lã de rocha - MW com 0,04 m de espessura e λ de 0,04 W/(m°C) preenchendo totalmente a caixa de ar; pano de alvenaria de bloco de betão com 0,10 m de espessura e R de 0,21 m ² .°C/W; isolamento térmico em poliestireno expandido com 0,02 m de espessura e λ de 0,040 W/(m°C) preenchendo totalmente	0,26	2	2

a junta de dilatação; pano de alvenaria de bloco de betão com 0,10 m de espessura e R de 0,21 m ² .°C/W; isolamento térmico em lã de rocha - MW com 0,04 m de espessura e λ de 0,04 W/(m°C) preenchendo totalmente a caixa de ar; pano de alvenaria de bloco de betão com 0,10 m de espessura e R de 0,21 m ² .°C/W; estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 0,43 W/(m°C); Esta parede separa o espaço útil da caixa de escadas na junta de dilatação.			
--	--	--	--

Como é possível observar, são verificados os requisitos mínimos de qualidade térmica para a envolvente do edifício, dado que os coeficientes de transmissão térmica das soluções são inferiores aos coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis estabelecidos pela legislação em estudo.

Quanto à análise às pontes térmicas planas, na Tabela 5.15 são mostrados os respetivos valores.

Tabela 5.15 – Comparação entre os valores do coeficiente de transmissão térmica superficial das soluções adotadas no Astrolab com o máximo regulamentar no RCCTE e no Decreto-Lei n.º 118/2013 e demais portarias e despachos para as pontes térmicas planas

Coeficiente de transmissão térmica superficial, U [W/m².°C]			
Pontes Térmicas Planas			
Descrição da(s) solução(ções) adotada (s)	da solução	RCCTE (máx)	DL 118/2013 (máx)
Viga/pilar de betão armado em parede dupla do tipo fachada ventilada de 39 cm de espessura total, constituída (do exterior para o interior) por pedra de granito de cor clara com ρ de 2600 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 2,8 W/(m°C); caixa-de-ar considerada não ventilada com 0,03 m de espessura; isolamento térmico em poliestireno extrudido - XPS com 0,04 m de espessura e λ de 0,035 W/(m°C) preenchendo parcialmente a caixa-de-ar e fixado na face exterior da viga/pilar; viga/pilar de betão armado de 0,25 m de espessura, ρ de 2400 kg/m ³ e λ de 2,0 W/(m°C); estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,05 m e λ de 0,43 W/(m°C).	0,59	0,94	0,94
Viga/pilar de betão armado em parede dupla de 33 cm de espessura total, constituída (do exterior para o interior) por reboco exterior de argamassa de cimento com ρ de 1900 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 1,3 W/(m°C); viga/pilar de betão de 0,20 m de espessura, ρ de 2400 kg/m ³ e λ de 2,0 W/(m°C); isolamento térmico em poliestireno extrudido - XPS com 0,02 m de espessura e λ de 0,035 W/(m°C) preenchendo totalmente a caixa-de-ar; pano de alvenaria de bloco de betão com 0,075 m de espessura e R de 0,19 m ² .°C/W; estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,015 m e λ de 0,43 W/(m°C).	0,92	1,52	1,52
Viga/pilar de betão armado em parede de alvenaria dupla de 38 cm de espessura total, com isolamento na caixa-de-ar, constituída (do espaço não útil para o interior) por estuque projetado com ρ de 1000 kg/m ³ , espessura de 0,02 m e λ de 0,43 W/(m°C); viga/pilar de betão armado de 0,15 m de espessura, ρ de 2400 kg/m ³ e λ de 2,0 W/(m°C); isolamento térmico em lã de rocha - MW com 0,04 m de espessura e λ de 0,04 W/(m°C) preenchendo totalmente a caixa-de-ar; viga/pilar de betão armado de 0,15 m de espessura, ρ de 2400 kg/m ³ e λ de 2,0 W/(m°C); estuque projetado com ρ de 0,43 W/(m°C). Esta parede separa o espaço útil da zona comum de acesso.	0,64	1,02	1,02

Os valores dos coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis entre o RCCTE e o Decreto- Lei n.º 118/2013 mantém-se inalterados uma vez que permanece a condição: “todas as zonas

de qualquer elemento opaco que constituem zona de ponte térmica plana (PTP), nomeadamente pilares, vigas, caixas de estore, devem ter um valor do coeficiente de transmissão térmica (U_{PTP}), calculado de forma unidimensional na direção normal à envolvente, não superior ao dobro do dos elementos homólogos adjacentes (verticais ou horizontais) em zona corrente (U_{cor}), e que respeite sempre os valores máximos” que constam da Tabela 5.7, cumprindo as seguintes condições:

$$\begin{aligned} a) U_{PTP} &\leq 2 \times U_{cor} \\ b) U_{PTP} &\leq U_{m\acute{a}x} \end{aligned} \quad \text{Equação 5.3}$$

Esta verificação poderá ser dispensada se U_{PTP} for menor ou igual a $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

De seguida na Tabela 5.16, é elaborado estudo aos vãos envidraçados. O parâmetro de comparação é o fator solar dos vãos envidraçados, $g_{Tm\acute{a}x}$. Recorde-se que os valores do RCCTE estão para a zona climática V1 e os valores do Decreto-Lei n.º 118/2013 para a zona climática V2. Uma vez mais, os requisitos são cumpridos. No edifício de habitação foram instalados sistemas solares térmicos em termosifão para produção de AQS, cujas características estão dispostas na Tabela 5.17.

Tabela 5.16 – Comparação entre os valores do fator solar das soluções adotadas no Astrolab com o máximo regulamentar no RCCTE e no Decreto-Lei n.º 118/2013 e demais portarias e despachos para os vãos envidraçados

Fator Solar [$g_{Tm\acute{a}x}$]			
Vãos envidraçados			
Descrição da(s) solução(ções) adotada (s)	da solução	RCCTE (máx)	DL 118/2013 (máx)
Vão simples inserido na fachada sul (sala e cozinha), em caixilharia de giratória/fixa em alumínio de cor escura, sem corte térmico, classificação de permeabilidade ao ar de classe 3 e U igual a $4,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Vidro duplo colorido do tipo SGG Climalit Parsol, dimensões 6(10)44,1 mm, com vidro exterior SGG Climalit Parsol Green de 6 mm de espessura, interior SGG Stadip Safe de 44,1 mm e caixa-de-ar com 10 mm de espessura, resultando num fator solar do vidro de 0,44.	0,44	0,56	0,56
Vão simples inserido na fachada norte (quartos), em caixilharia de giratória/fixa em alumínio de cor escura, sem corte térmico, classificação de permeabilidade ao ar de classe 3 e U igual a $3,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. Vidro duplo colorido do tipo SGG Climalit Parsol, dimensões 6(10)44,1 mm, com vidro exterior SGG Climalit Parsol Green de 6 mm de espessura, interior SGG Planilux Stadip Safe de 44,1 mm e caixa de ar com 10 mm de espessura. Dispositivo de proteção solar interior constituído por persianas de cor escura, resultando num fator solar do conjunto de 0,38.	0,38	0,56	0,56

Tabela 5.17 – Características do sistema de coletores solares para produção de AQS

Sistema de Coletores Solares para Produção de Água Quente Sanitária	
Descrição da(s) solução(ções) adotada (s)	Energia fornecida pelo sistema
Sistema solar térmico individual em termosifão "Junkers" para a produção de AQS, composto por 2 coletores solares planos, perfazendo uma área total de $4,5 \text{ m}^2$,	1650 kWh/ano

<p>instalados na cobertura horizontal, com azimute a 0° (Sul) e inclinação de 38°, existindo obstruções assinaláveis do horizonte, consideradas de 20°. O depósito de acumulação possui 300 litros de capacidade com permutador de calor em camisa, com eficácia de 55%, localizado no exterior da fração e instalado na posição horizontal, construído em aço vitrificado e possuindo isolamento térmico em espuma rígida de poliuretano de alta densidade com 50 mm a 100 mm de espessura e sem resistência elétrica para apoio no aquecimento das AQS. O coletor solar tem certificação "Solar Keymark", o instalador dos mesmos é acreditado pela DGEG e existe contrato de manutenção do sistema por um mínimo de 6 anos. A contribuição solar obtida é de 1650 kWh.</p>	
---	--

De acordo com a legislação em vigor e a Equação 5.1 e a Equação 5.2, a energia útil necessária para a preparação de AQS é (ver Anexo I – Exemplo de Aplicação – Edifício Astrolab):

$$M_{AQS} = 40 \times (3 + 1) \times 1 = 160 \text{ l}$$

$$Q_a = \frac{160 \times 4187 \times 35 \times 365}{3600000} = 2377,29 \text{ kWh/ano}$$

Daqui conclui-se que a energia fornecida pelo sistema solar cobre 69,4% da energia útil necessária à preparação de AQS.

Relativamente ao valor limite das necessidades nominais anuais de energia útil, apenas foi possível determinar o das necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento (N_v), tendo sido obtido o valor de 5,35 kWh/(m².ano) (ver Anexo I – Exemplo de Aplicação – Edifício Astrolab). A determinação do valor limite das necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento (N_i) foi impossível dada a ausência de dados e as necessidades nominais anuais de energia útil para preparação de AQS (N_a) não apresenta um valor limite, sendo contempladas pelo quociente Q_a/A_p na expressão do valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária (N_t). Deste modo, apenas poderá ser feita uma aproximação grosseira da certificação energética que o edifício poderia ter. Para tal estimativa varia-se o valor de N_i no cálculo das necessidades nominais de energia primária.

A expressão do valor máximo das necessidades nominais anuais de energia primária é:

$$N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \times N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \times N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \times Q_a/A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j}$$

Equação 5.4

Onde: N_i - valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m².ano)]; N_v - valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m².ano)]; Q_a - necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo

sistema k [kWh/ano]; $f_{i,k}$ - parcela das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência k ; $f_{v,k}$ - parcela das necessidades de energia de arrefecimento supridas pelo sistema de referência k ; $f_{a,k}$ - parcela das necessidades de energia de preparação de AQS supridas pelo sistema de referência k ; η_{ref} - valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS; j - fonte de energia; A_p - área interior útil de pavimento [m^2]; $F_{pu,j}$ - fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, em quilowatt-hora de energia primária por kWh [kWh_{EP}/kWh]

Após fazer variar o valor de N_i , conclui-se (ver Anexo I – Exemplo de Aplicação – Edifício Astrolab):

$$\therefore \begin{cases} N_i \leq 0,9 \rightarrow B \\ 0,9 < N_i \leq 8,9 \rightarrow A \\ N_i > 9,0 \rightarrow A^+ \end{cases}$$

A classificação B é quase impossível pois é muito improvável que o valor de N_i seja tão baixo. Resta apenas as classificações A e A^+ , sendo essas as mais prováveis a ocorrer.

Note-se que, para o cálculo de N_i , os fatores de conversão entre a energia final e a energia primária utilizados foram os dispostos no RCCTE, com as unidades $kgep/(m^2.ano)$, para que fosse possível, posteriormente, efetuar o cálculo do rácio de classe energética.

6

PRÉ-FABRICADO DE PAVIMENTO COM FUNÇÃO DE COLETOR SOLAR – CASO PRÁTICO

6.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo dá lugar ao caso prático e trata a invenção de um ‘empreendedor’. Possuindo conhecimentos de variados materiais e movido pelas questões ambientais, foram imensas as notícias que o motivaram a desenhar e a desenvolver um projeto com o objetivo de reduzir a fatura energética, a partir de um sistema solar simples.

Este projeto combina a ciência dos coletores solares a um pavimento radiante, obtendo-se assim o que decidiu chamar *pré-fabricado de pavimento com função de coletor solar*. Esta invenção está em processo de registo de patente, com saída de resultado previsto para setembro deste ano.

6.2. EVOLUÇÃO DA INVENÇÃO

Este projeto começou por ser essencialmente “caseiro”. O primeiro protótipo foi construído com materiais muito simples tendo progredido ao longo do tempo (Figura 6.1). O primeiro protótipo foi construído por três materiais que foram: módulos de EPS, tubo multicamada de 16 mm de diâmetro e areia. Posteriormente introduziu o betão leve.

Esta solução de aproveitamento da energia solar para o aquecimento de águas sanitárias apresenta como grande vantagem o facto de ser não intrusivo, na medida em que fica embebido no pavimento, ou seja, não limita a funcionalidade/utilização do pavimento.

Atualmente o protótipo é composto por uma peça de isolamento térmico em betão leve com EPS e a pedra é artificial em betão com fibras colorido com pigmentos à base de óxidos.

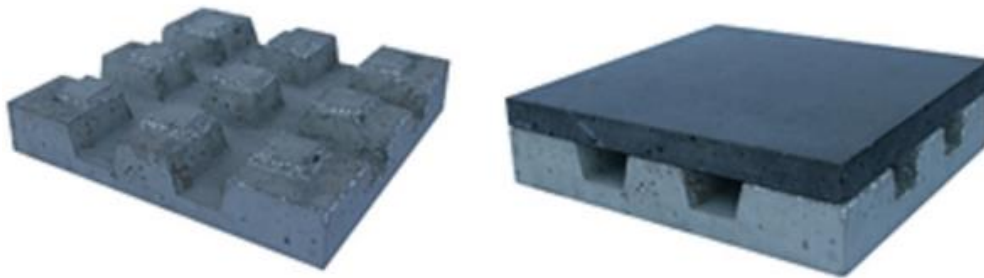


Figura 6.1 – Protótipo atual do pré-fabricado

O desenho da peça, independentemente dos materiais utilizados é o ilustrado na Figura 6.2 e na Figura 6.3. As suas dimensões são 0,30 m × 0,30 m.

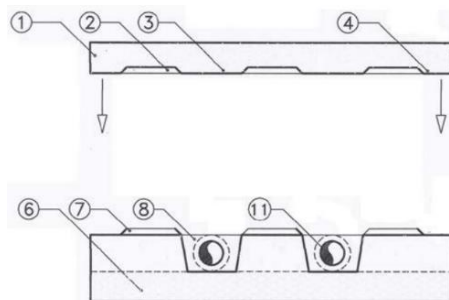


Figura 6.2 – Esquema do elemento pré-fabricado

A pedra (1) apresenta vãos (2) com a forma de tronco de pirâmide que assentam nos encaixes (7) do isolamento térmico (6) e que apresentam nervuras centrais (3). As nervuras laterais (4) junto às bordaduras apresentam metade da dimensão das nervuras centrais (3). A superfície de acabamento é de cor escura para que a captação da energia solar seja mais eficaz.

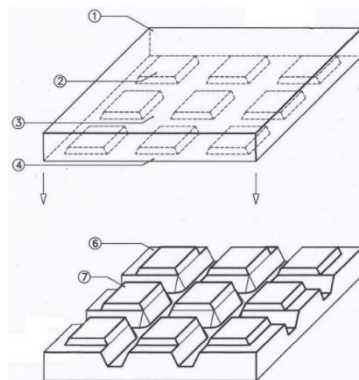


Figura 6.3 – Representação explodida do elemento pré-fabricado

A designação (6) representa o isolamento térmico que contém prismas trapezoidais, e que encaixam na pedra (1), e entalhes (8) que acomodam a conduta (11) que contém o fluido térmico.

Para o estudo deste pré-fabricado serão abordadas duas situações, designados como Exemplo 1, referente a uma moradia unifamiliar e Exemplo 2, referente ao Campus Universitário da Quinta de São Roque.

6.3. EXEMPLO 1 – MORADIA UNIFAMILIAR

A moradia em questão está situada no Caminho do Salão segundo a orientação $32^{\circ}40'N$ e $16^{\circ}56'O$. É de tipologia T1 e é uma moradia centenária. Nesta moradia já habitaram três gerações de uma família e no futuro próximo passará mais uma geração, razão pela qual o proprietário pretenda reabilitá-la.

Nesta moradia pretende-se a colocação dos pré-fabricados de pavimento com função de coletor solar para aquecimento de uma piscina temporária e para preparação de AQS. Idealmente, o local a serem instalados seria o representado na Figura 6.4, uma vez que é uma área com pouca influência de sombras.



Figura 6.4 – Local ideal para a montagem dos pré-fabricados

No entanto o dono de obra não pretende abdicar deste pequeno relvado dado que o espaço destina-se às brincadeiras de crianças.

6.3.1. AQUECIMENTO DA PISCINA

O local indicado pelo dono de obra para a colocação dos pré-fabricados destinados ao aquecimento da piscina temporária é o ilustrado pela Figura 6.5. Este espaço tem de dimensões 5,0 m × 4,0 m.



Figura 6.5 – Local para a montagem dos pré-fabricados

A piscina escolhida pelo dono de obra tem 2,40 metros de diâmetro e uma profundidade de 0,63 metros e custa 63,59 €.



Figura 6.6 – Piscina insuflável e pormenor do filtro disponível em catálogo *online* AKI [52]

As características técnicas da piscina insuflável encontram-se na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Características técnicas da piscina insuflável [52]

Caraterísticas técnicas	
Material	PVC
Capacidade	2071 litros
Espessura	0,30 mm
Filtro cartucho	2,2 m ³ /h

Para a determinação da superfície de pré-fabricados, serão utilizados os valores de referência apresentados na Tabela 4.5, deste modo aproximando os pré-fabricados a um coletor sem cobertura.

Piscina exterior sem cobertura => 1.0 m² por cada m² de superfície de piscina

$$\text{Superfície da piscina} = \pi \times \frac{2,40^2}{4} = 4,52 \text{ m}^2$$

Assim,

$$\text{Superfície de pré – fabricados} = 4,52 \text{ m}^2$$

Sendo as peças de 0,30 m × 0,30 m, optou-se por colocar uma superfície de 4,68 m² com instalação horizontal de 3,90 m × 1,20 m como ilustra a Figura 6.7.

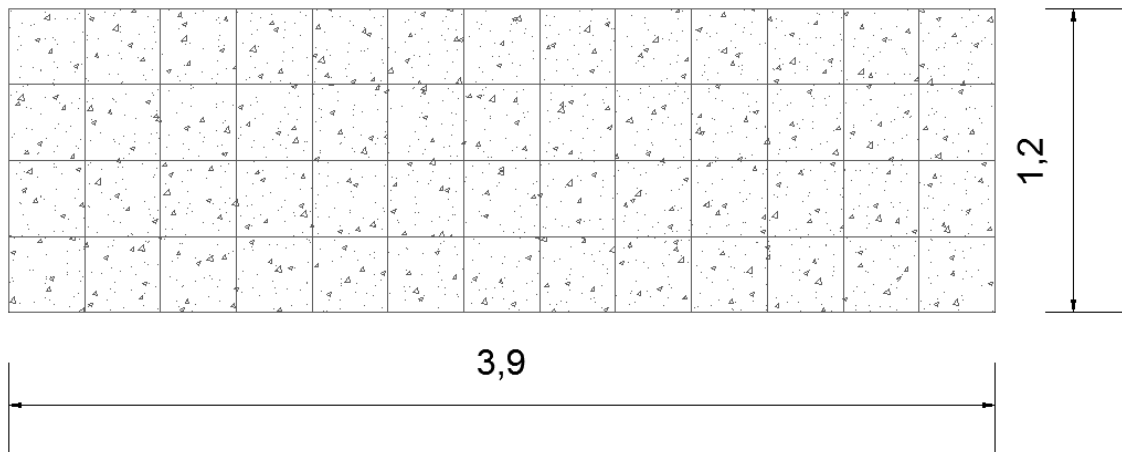


Figura 6.7 – Disposição dos coletores para aquecimento da piscina

A Figura 6.8 ilustra em pormenor a passagem do tubo multicamada de diâmetro 16 mm pelos pré-fabricados.

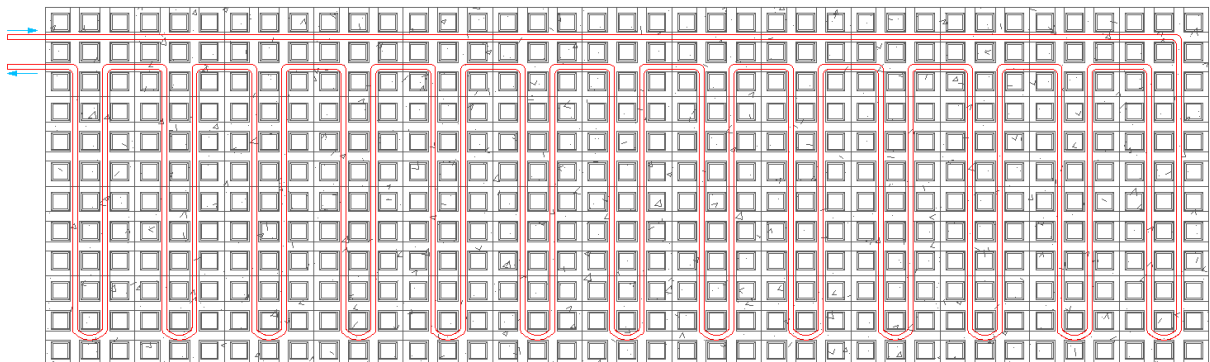


Figura 6.8 – Passagem do tubo multicamada nos pré-fabricados

Já na Figura 6.10 é apresentado um esquema da disposição entre a área do pavimento coletor e da piscina. Uma vez escolhida esta disposição, foi possível criar uma zona onde possam ser postas toalhas ou espreguiçadeiras, como ilustra a Figura 6.10.

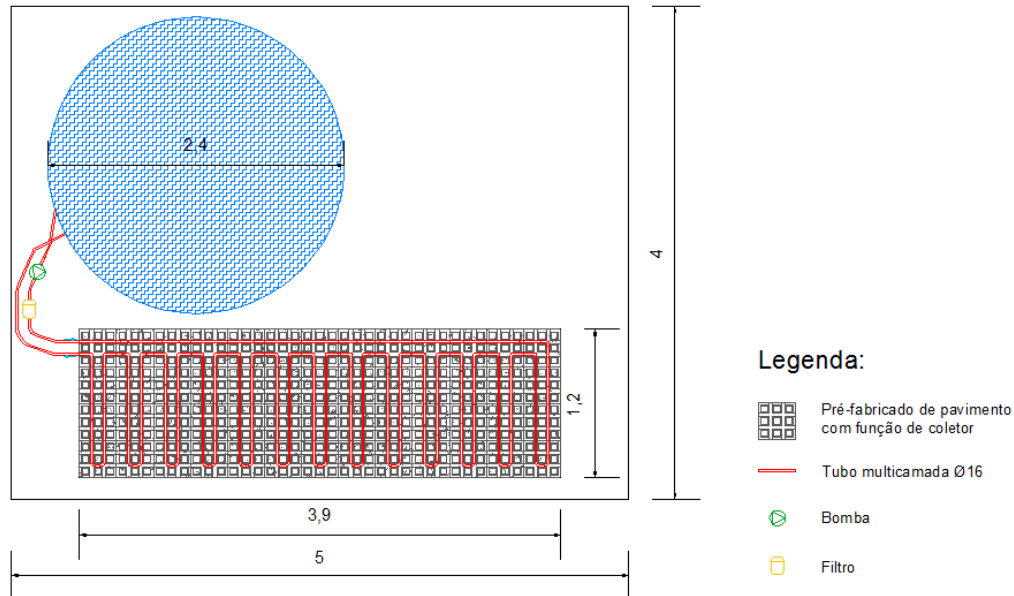


Figura 6.9 – Disposição do recinto reservado à piscina com pormenor da passagem do tubo multicamada nos pré-fabricados

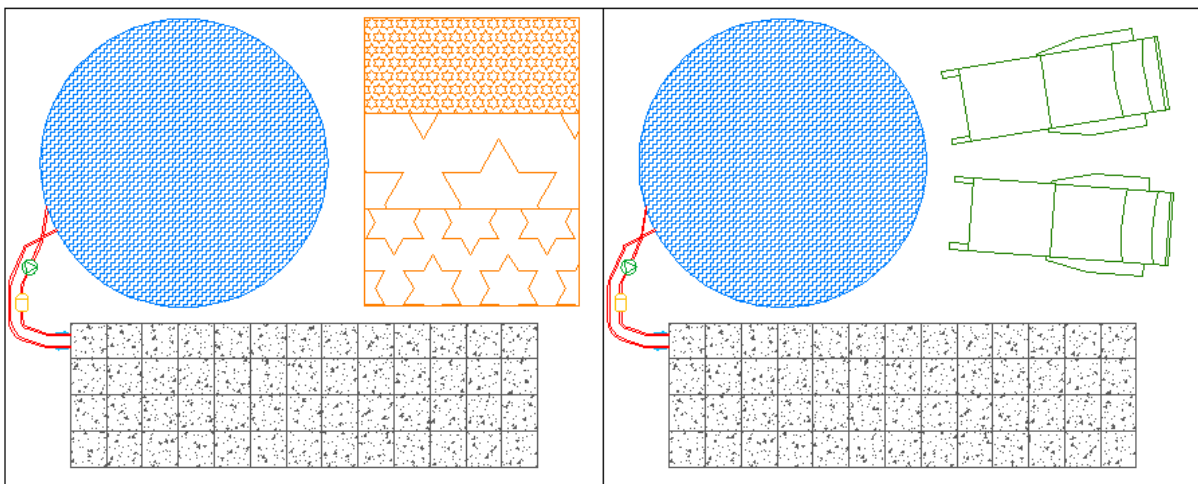


Figura 6.10 – Disposição do recinto reservado à piscina com toalhas à esquerda e espreguiçadeiras à direita

A instalação dos pré-fabricados tem um custo de 55,55 €/m², no entanto, esse valor surge de uma proporção feita para 9 m², como expõe a Tabela 6.2. Como a área em questão é menor, é provável que o custo por m² possa ser um pouco superior.

Tabela 6.2 – Custo dos pré-fabricados

	€/9 m ²	€/m ²
Pedra artificial	200,00	22,22
Tubo multicamada	100,00	11,11
Isolamento térmico	200,00	22,22
Total	500,00	55,55

O preço total dos pré-fabricados para a área determinada é:

$$\text{Preço de venda dos pré-fabricados} = 55,55 \times 4,68 = 259,97 \text{ €}$$

Assim, o custo total seria de:

Piscina – 1 unidade	63,59 €
Pré-fabricados – 4,68 m ² – 52 unidades	259,97 €
Total	323,56 €

6.3.2. PREPARAÇÃO DE AQS

Para esta moradia foi também pedido a instalação dos pré-fabricados para AQS. O local para instalação está ilustrado na Figura 6.11.

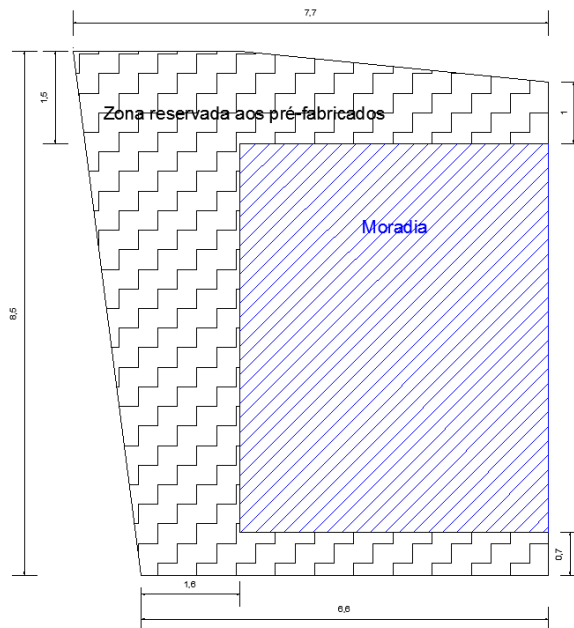


Figura 6.11 – Esquema da zona reservada à instalação dos pré-fabricados

Esta moradia unifamiliar será ocupada por dois adultos e uma criança. Tendo como base a Tabela 4.3, para um conforto médio vem:

$$\text{Para } 50 \text{ l/dia} \Rightarrow \text{Necessidades} = 3 \text{ pessoas} \times 50 \text{ l/dia} = 150 \text{ l/dia}$$

A superfície de coletores foi obtida pelo quociente entre os 150 l/dia pelos 50 l/dia e tendo em conta o disposto na Tabela 4.2, particularmente o Norte de Portugal, e na Tabela 4.3:

$$S = \frac{150}{50} = 3,0 \text{ m}^2$$

Assim sendo o volume do depósito de acumulação será:

$$V = (50 \text{ a } 60) \times S = (50 \text{ a } 60) \times 3,0 = 150 \text{ a } 180 \text{ l}$$

O dono de obra já dispõe no local de um acumulador de 100 litros e outro de 50 litros pelo que respeita o volume obtido do dimensionamento.

Para a obtenção da superfície dos pré-fabricados para preparação de AQS, estes serão aproximados a coletores planos para aquecimento de piscina. Pretende-se com este procedimento igualar o volume a aquecer ao volume contido numa piscina. Deste modo, será necessário estabelecer uma relação entre os pré-fabricados e os coletores planos. Essa relação poderá ser feita tendo em conta uma “regra de três simples”, onde serão cruzados os dados da Tabela 4.4. Ou seja, se forem comparados com uma piscina exterior, a superfície de pré-fabricados irá variar entre:

$$1 \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 0,6 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 3,0 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x = \frac{3}{0,6} = 5,0 \text{ m}^2$$

e,

$$1 \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 0,4 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 3,0 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x = \frac{3}{0,4} = 7,5 \text{ m}^2$$

No caso de comparar-se com uma piscina interior, a superfície de pré-fabricados irá variar entre 7,5 m² e:

$$1 \text{ m}^2 \text{ de pré-fabricados} \leftrightarrow 0,3 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x \text{ m}^2 \text{ de pré-fabricados} \leftrightarrow 3,0 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x = \frac{3}{0,3} = 10,0 \text{ m}^2$$

Ou seja, obtém os valores de cálculo da Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Resumo dos valores de cálculo dos pré-fabricados comparados com os coletores planos para 3 pessoas

Coletores planos	Piscina exterior	Piscina interior
	0,60 a 0,40 m ² por cada m ² de superfície de piscina	0,40 a 0,30 m ² por cada m ² de superfície de piscina
Pré-fabricados	AQS	
	5,0 a 7,5 m ²	7,5 a 10 m ²

De entre os três valores obtidos, a escolha recai sobre os 10 m², dado que o espaço para a instalação dos pré-fabricados tem uma configuração estreita, sujeita a sombras, e também na possibilidade da família crescer, os 10 m² continuarão a responder às necessidades, sendo apenas necessária a aquisição de um acumulador de 200 litros, como mostram os cálculos seguintes e a Tabela 6.12:

$$\text{Para } 50 \text{ l/dia} \Rightarrow \text{Necessidades} = 4 \text{ pessoas} \times 50 \text{ l/dia} = 200 \text{ l/dia}$$

$$S = \frac{200}{50} = 4,0 \text{ m}^2$$

$$V = (50 \text{ a } 60) \times S = (50 \text{ a } 60) \times 4,0 = 200 \text{ a } 240 \text{ l}$$

$$1 \text{ m}^2 \text{ de pré-fabricados} \leftrightarrow 0,6 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos} \Rightarrow S_{\text{pré-fabricados}} = 6,7 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 \text{ de pré-fabricados} \leftrightarrow 0,4 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos} \Rightarrow S_{\text{pré-fabricados}} = 10,0 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ m}^2 \text{ de pré-fabricados} \leftrightarrow 0,3 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos} \Rightarrow S_{\text{pré-fabricados}} = 13,3 \text{ m}^2$$

Tabela 6.4 – Resumo dos valores de cálculo dos pré-fabricados comparados com os coletores planos para 4 pessoas

Coletores planos	Piscina exterior	Piscina interior
	0,60 a 0,40 m ² por cada m ² de superfície de piscina	0,40 a 0,30 m ² por cada m ² de superfície de piscina
Pré-fabricados	AQS	
	6,7 a 10,0 m ²	10,0 a 13,3 m ²

A área real possível para instalação dos pré-fabricados, dada a configuração da Figura 6.12, é 12,78 m².

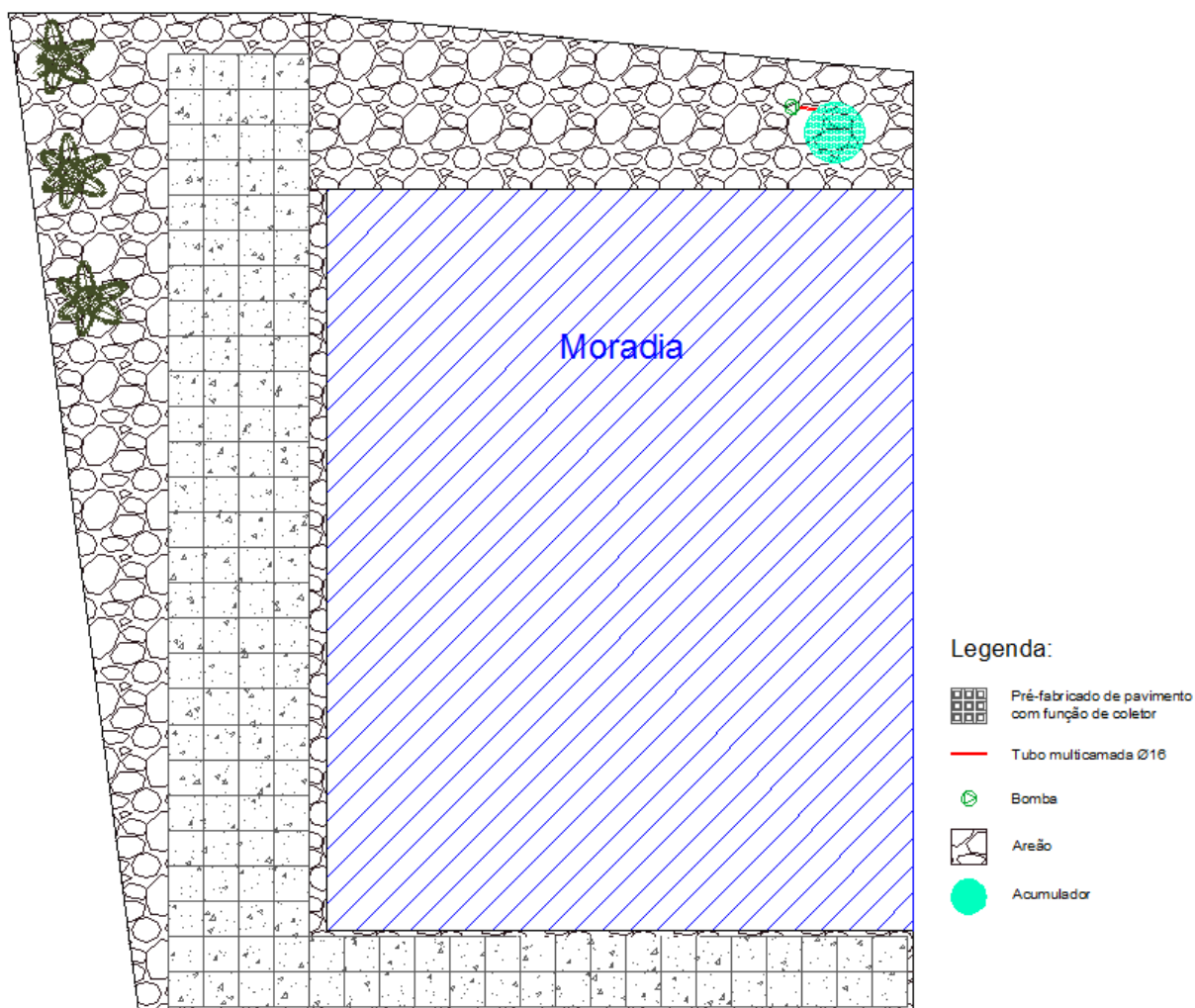


Figura 6.12 – Esquema da disposição dos pré-fabricados da moradia para AQS

Nesta fase, surgem duas possibilidades de passagem do tubo multicamada, como ilustra a Figura 6.13 e a

Figura 6.14. Optou-se pela passagem mostrada na

Figura 6.14, pois simplifica o processo de instalação e reduz as perdas de carga.

Note-se que, o tubo multicamada descoberto (a tracejado na figura), terá de ficar por baixo do areão, para efeitos de estética, e com isolamento não inferior a 10 mm, como disposto na Portaria n.º 349- B/2013.

A bomba a utilizar deverá ser concebida para uso de águas quentes sanitárias. O custo da instalação dos pré-fabricados será de 709,93 € (142 módulos pré-fabricados – 12,78 m²).

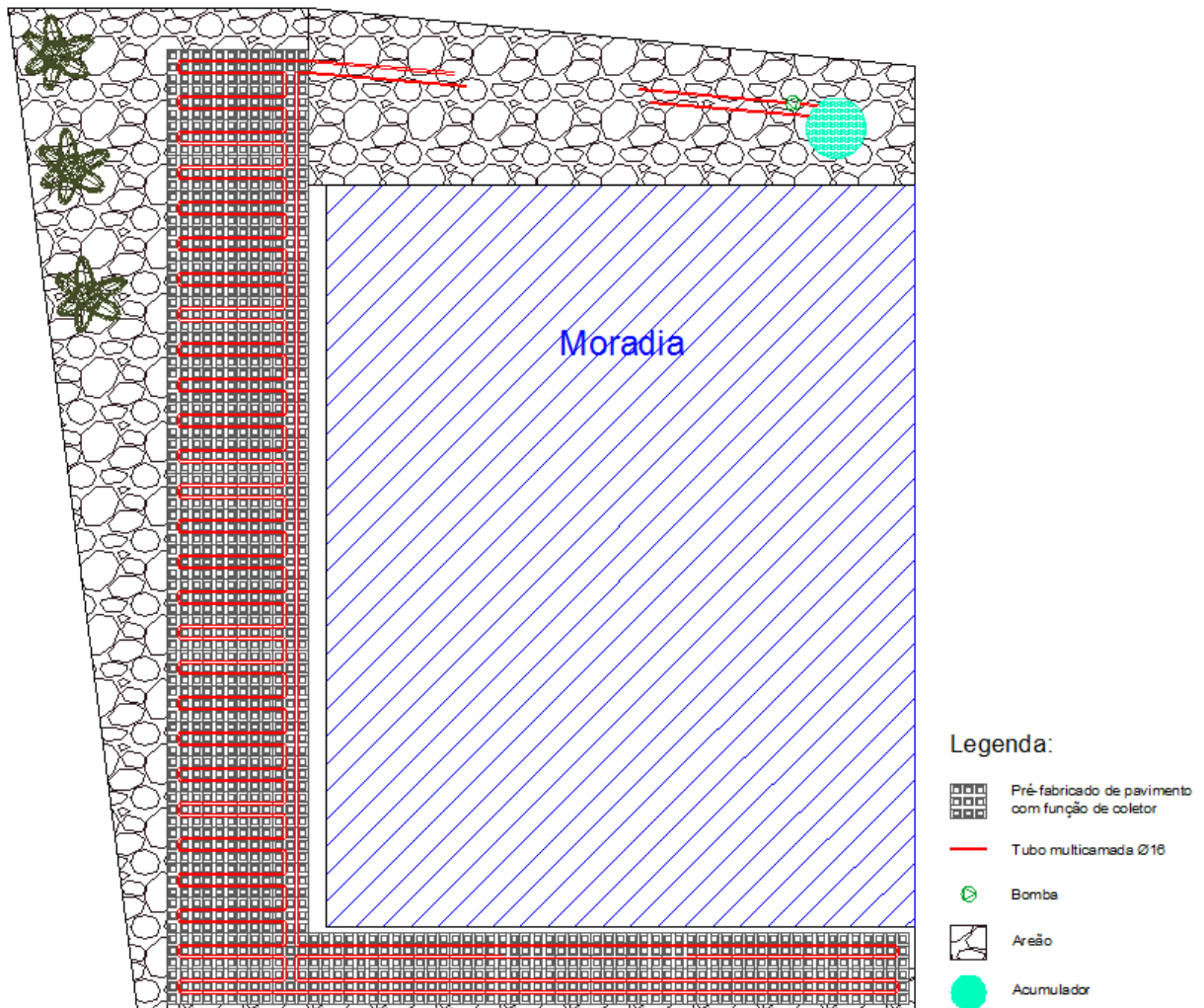


Figura 6.13 – Passagem do tubo (opção 1)

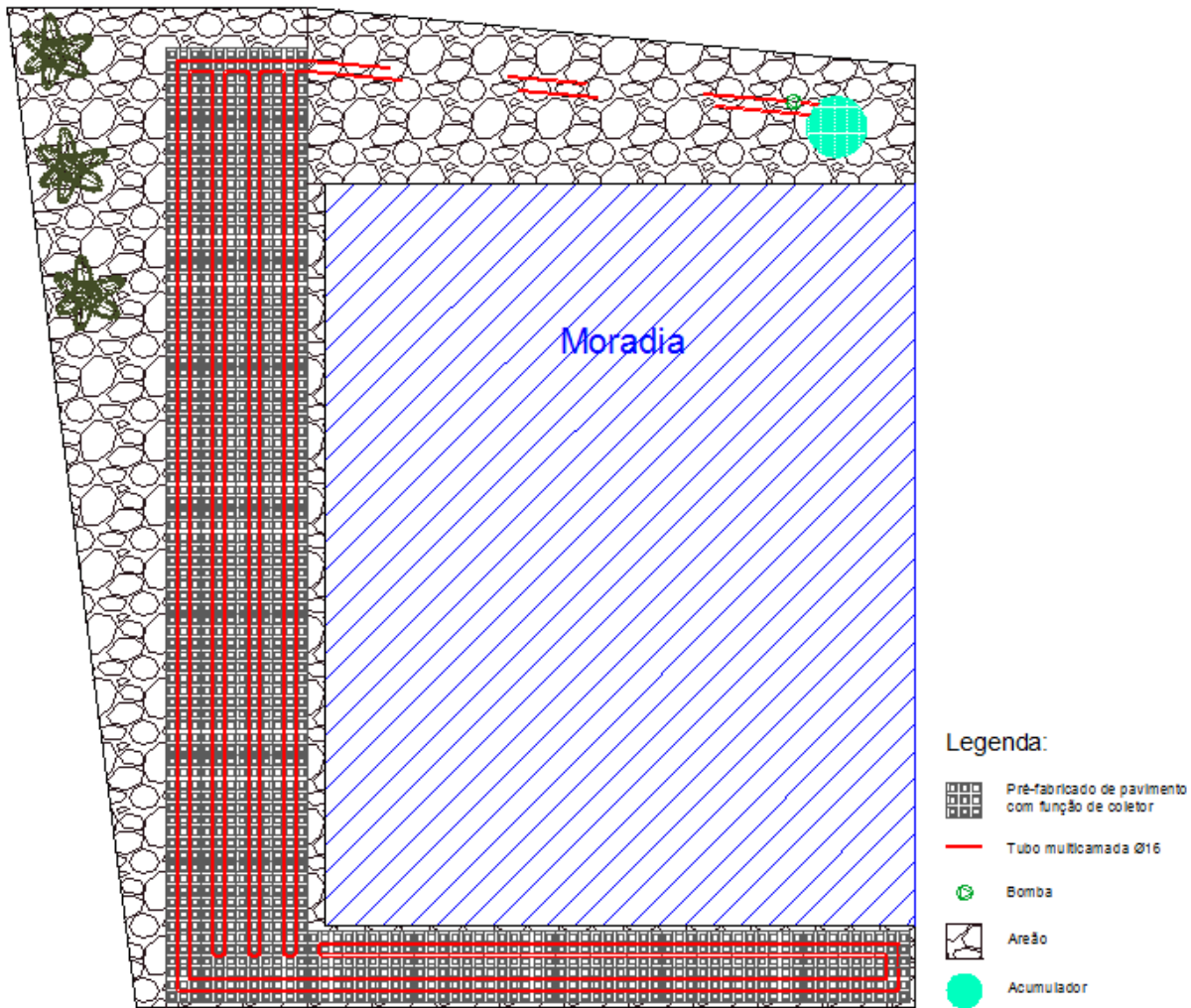


Figura 6.14 – Passagem do tubo (opção 2)

A instalação destes módulos não compromete o uso do pátio, pois é possível o desempenho das tarefas normais por parte dos moradores. Uma vez que era pretendida a pavimentação deste espaço, com esta instalação é possível a redução de custos e de tempo. É também possível o uso destes módulos mesmo sem a instalação interior passando a desempenhar apenas a função de pavimento, ficando o seu custo ainda menor, pois é retirada a contribuição do tudo multicamada.

6.4. EXEMPLO 2 – CAMPUS UNIVERSITÁRIO DA QUINTA DE SÃO ROQUE

Ainda no âmbito da utilização dos pré-fabricados foi proposto estabelecer uma comparação entre estes e o sistema solar térmico que se encontra instalado no Campus Universitário da Quinta de São Roque, com orientação geográfica 32°39'N e 16°55'O.

O sistema que lá se encontra instalado é um sistema forçado de 1000 litros. É composto por cinco coletores de tubos de vácuo. Cada coletor tem uma área de $2,57 \text{ m}^2$ perfazendo um total de $12,75 \text{ m}^2$ de superfície de painéis. Em relação aos acumuladores, encontram-se instalados dois acumuladores de 500 litros cada, acrescentando ainda todos os equipamentos inerentes e necessários a um sistema solar térmico de circulação forçada.

Após o reconhecimento da zona verificou-se que três dos cinco coletores encontram-se cobertos, tendo-se apurado que o sistema solar encontra-se sobredimensionado.

A área disponibilizada para a possível implementação dos pré-fabricados é cerca de $577,36 \text{ m}^2$, como mostra a Figura 6.16 e a Figura 6.16.



Figura 6.15 – Área disponibilizada para a instalação dos pré-fabricados

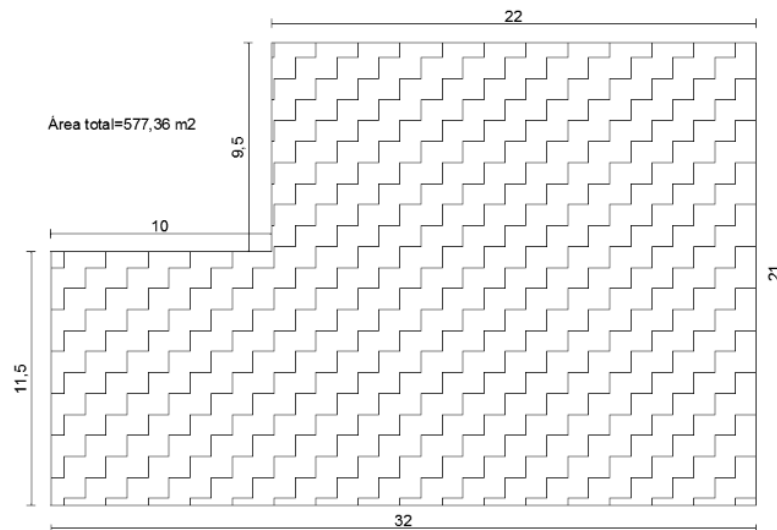


Figura 6.16 – Esquema da área disponível para implementação dos pré-fabricados

O tratamento que se segue com os pré-fabricados será feito para o mesmo valor de necessidades diárias utilizado no sistema solar já existente, para avaliar a situação mais económica.

Assim sendo, as necessidades são:

$$\text{Necessidades} = 1000 \text{ l/dia}$$

Para as necessidades pretendidas, calcula-se a superfície de painéis, dividindo o valor das necessidades pelos 50 litros que correspondem ao valor padrão das necessidades diárias.

$$S = \frac{1000}{50} = 20.0 \text{ m}^2$$

Tendo-se obtido uma superfície de coletores planos de 20,0 m², é necessário estabelecer o paralelo com os pré-fabricados à semelhança do procedimento feito na moradia unifamiliar para preparação de AQS. Assim sendo, comparando com uma piscina exterior vem:

$$1 \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 0.6 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 20.0 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x = \frac{20.0}{0.6} = 33.33 \text{ m}^2$$

E,

$$1 \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 0.4 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 20.0 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x = \frac{20.0}{0.4} = 50.0 \text{ m}^2$$

Se se comparar com uma piscina interior então a superfície de pré-fabricados deverá variar entre 50 m² e:

$$1 \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 0.3 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x \text{ m}^2 \text{ de pré - fabricados} \leftrightarrow 20.0 \text{ m}^2 \text{ de coletores planos}$$

$$x = \frac{20.0}{0.3} = 66.67 \text{ m}^2$$

Resumindo na Tabela 6.4:

Tabela 6.5 – Resumo dos valores de cálculo dos pré-fabricados comparados com os coletores planos para um sistema de 1000 litros

Coletores planos	Piscina exterior	Piscina interior
	0,60 a 0,40 m ² por cada m ² de superfície de piscina	0,40 a 0,30 m ² por cada m ² de superfície de piscina
Pré-fabricados	AQS	
	33,33 a 50 m ²	50 a 66,67 m ²

Ora, tendo-se obtido estes valores, poderá optar-se por dispor os pré-fabricados em forma retangular como ilustra a Figura 6.17. A área dos pré-fabricados perfaz um total de 41,40 m².

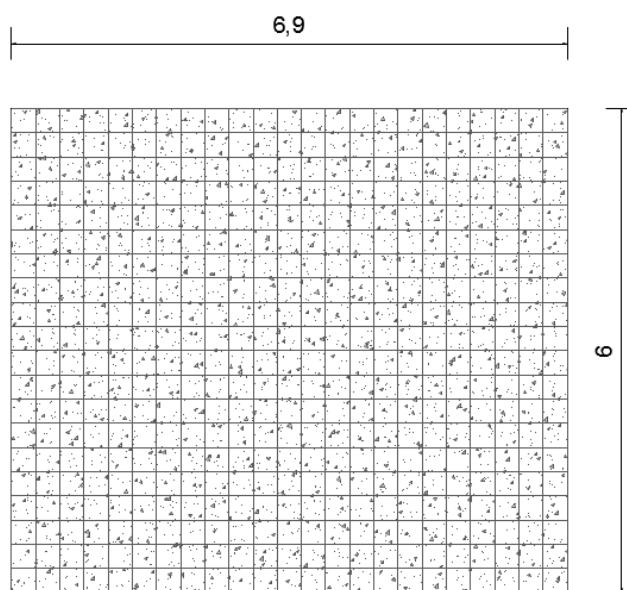


Figura 6.17 – Disposição dos pré-fabricados

Facilmente se consegue verificar que a instalação dos pré-fabricados podem ocupar apenas a parte mais pequena do espaço total disponibilizado que apresenta uma área de 115,18 m², ilustrado na Figura 6.18. O restante terreno, em terra batida, poderá ser posteriormente pavimentado e ser usado como parque de estacionamento, oferecendo melhores condições de conforto aos utilizadores do campus.

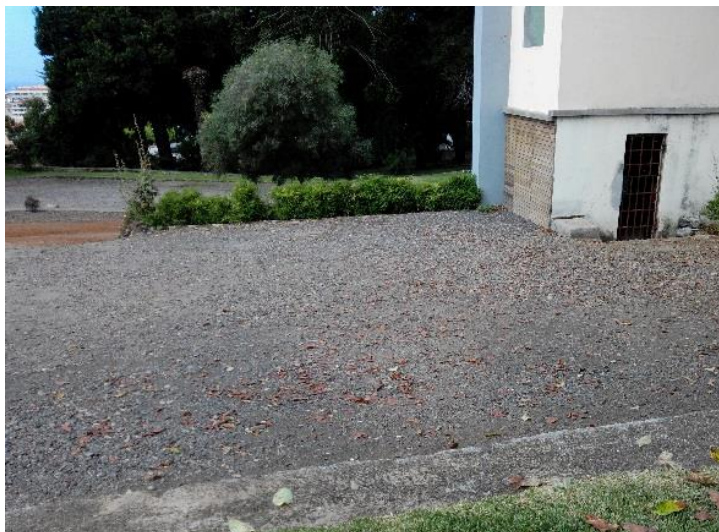


Figura 6.18 – Área utilizada para a instalação dos pré-fabricados

Sugere-se, então na Figura 6.20, a disposição dos pré-fabricados do seguinte modo:

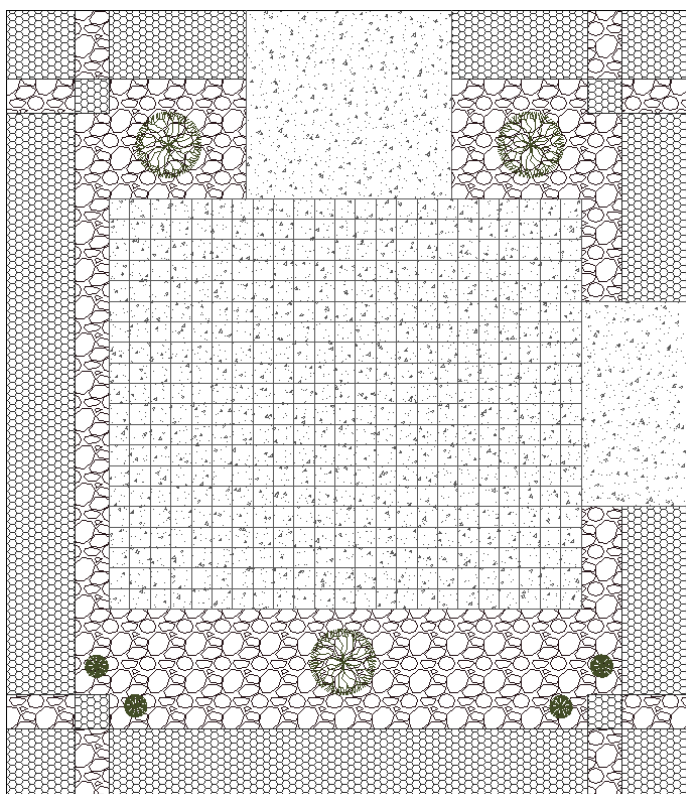


Figura 6.19 – Esquema de disposição dos pré-fabricados no Campus Universitário da Quinta de São Roque

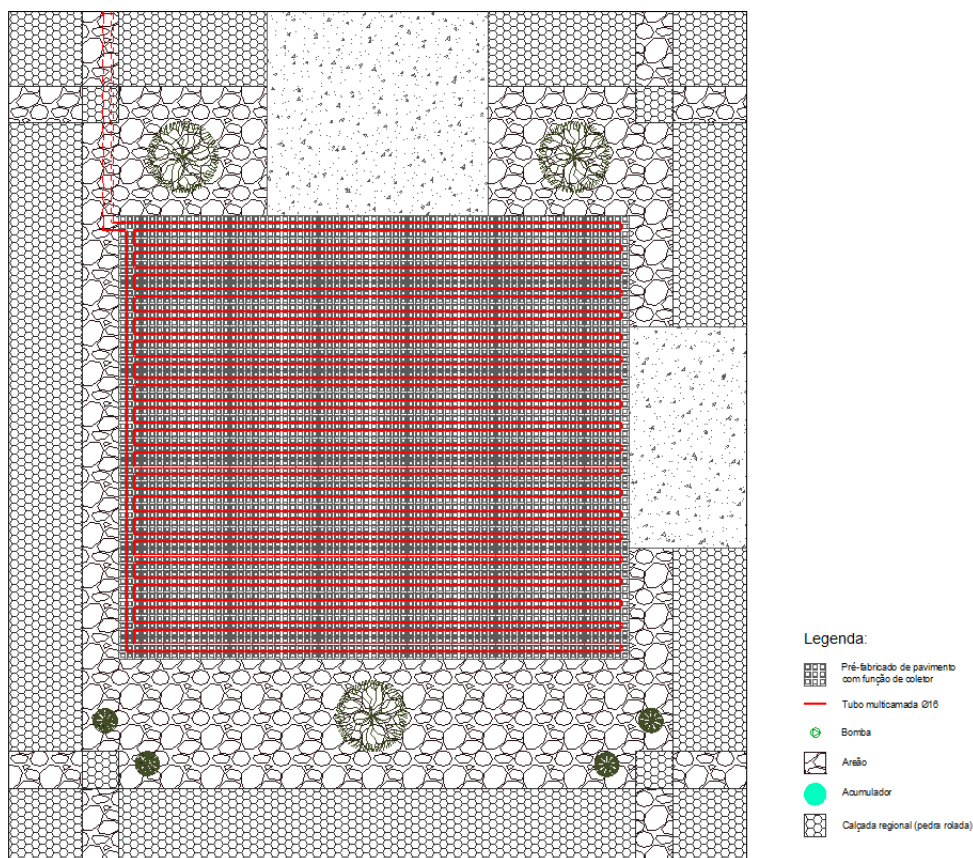


Figura 6.20 – Passagem do tubo multicamada

O custo da instalação dos pré-fabricados será de 2 299,77 € (460 unidades de pré-fabricados – 41,40 por m²). O custo da solução com módulos pré-fabricados representa menos de metade do custo dos cinco coletores de tubos de vácuo no entanto é necessário pouco mais de três vezes a área destes. Contudo, importa salientar que esta solução apresenta como grande vantagem o facto de permitir a utilização da área utilizada, ou seja, a área na qual se aplicam os módulos passa a estar pavimentada, podendo ser utilizada, por exemplo, como parque de estacionamento. Para acautelar a eventual obstrução dos ganhos solares devida a esta obstrução pode-se aumentar a área da instalação.

Uma vez mais refere-se que o tubo multicamada descoberto deve ficar por baixo do areão, para efeitos de estética, e com isolamento não inferior a 10 mm, como disposto na Portaria n.º 349- B/2013. A bomba a utilizar deverá ser concebida para uso de águas quentes sanitárias.

Tratando-se de uma área ampla, a disposição dos pré-fabricados não tem necessariamente de ser retangular. Aqui poderá dar-se aso à imaginação e dispô-los de um modo diferente. Como alternativa, veja-se a Figura 6.21, onde a instalação dos pré-fabricados é feita em forma de cruz.

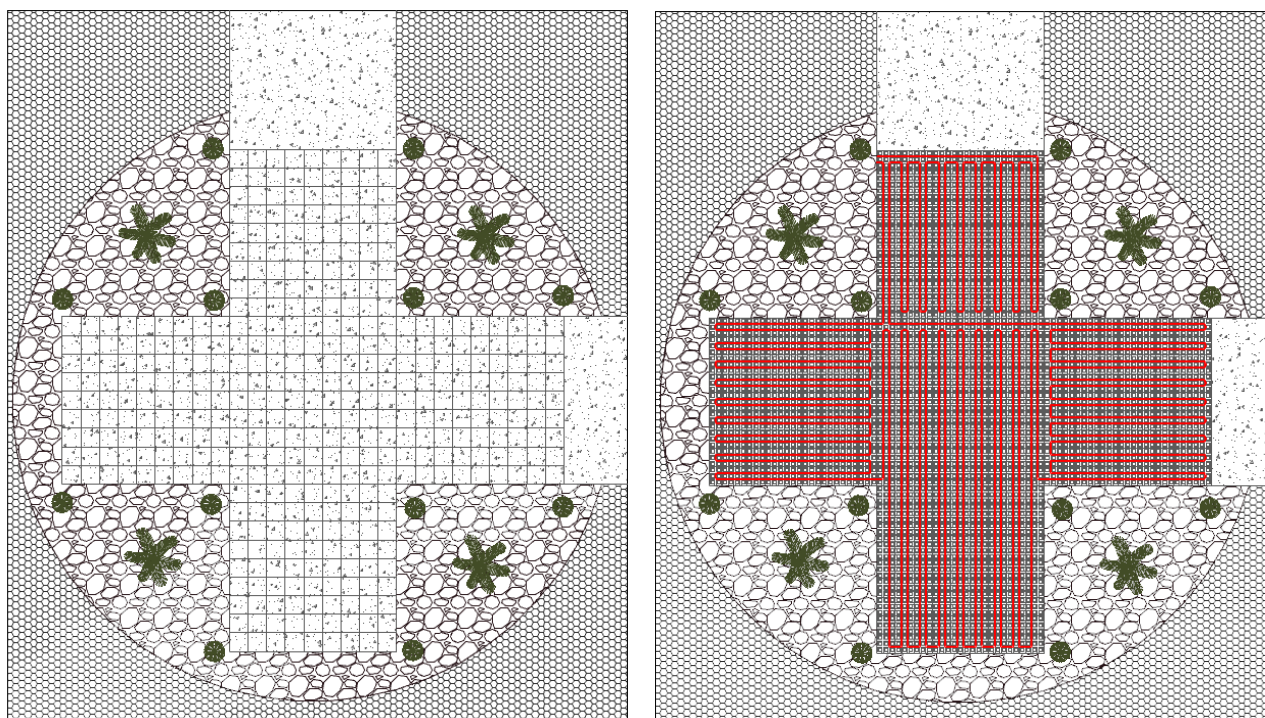


Figura 6.21 – Disposição dos pré-fabricados em forma de cruz e passagem do tubo multicamada

Estes são, apenas, dois exemplos, sendo que é possível formular muitos mais, dada a versatilidade que os pré-fabricados apresentam.

De salientar que, em situações em que a pavimentação seja um requisito prévio a fazer na área de intervenção, então ao custo da instalação desta solução deve ser descontado o custo da pavimentação sem a instalação interior.

7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

7.1. NOTAS FINAIS E CONCLUSÕES

Ações irresponsáveis no panorama energético levantam imensas problemáticas, principalmente a nível ambiental, e põem em causa as gerações futuras. Tais questões fizeram com que as energias renováveis se sobressaíssem e que fossem desenvolvidas variadas técnicas para o aproveitamento destas. Essas técnicas têm vindo a ser aperfeiçoadas com o passar do tempo e podem continuar a ser. De todas as energias renováveis, destaca-se a energia solar, uma vez que todas as outras formas de energia renováveis dependem desta direta ou indiretamente. Apesar disso, é uma fonte de energia pouco explorada.

O aproveitamento solar pode ser feito de dois processos: ativo e passivo. O aproveitamento ativo tanto pode servir para a produção de calor como para a produção de eletricidade, enquanto que o aproveitamento passivo passa por combinar materiais construtivos com boas características térmicas com a arquitetura do edifício, para obtenção de ganhos solares, e com a ventilação natural, deste modo contribuindo para uma redução na fatura energética.

Existem variadas soluções no mercado, particularizando, no caso sistemas solares térmicos, adequadas às suas necessidades e local; podem ser por sistema termossifão ou sistema forçado. O sistema termossifão é um sistema mais simples e apresenta rendimentos relativamente baixos. Já o sistema forçado, é um sistema mais complexo, aos painéis e ao acumulador associam-se uma data de acessórios necessários ao seu correto funcionamento, como a bomba circuladora, o vaso de expansão, o grupo hidráulico, entre outros.

No campo da regulamentação, o Decreto-Lei n.º 80/2006 (RCCTE) trouxe várias mudanças na construção pois, foi o primeiro documento a apresentar requisitos mínimos de conforto térmico e a promover o uso de sistemas solares térmicos ou o uso outras energias renováveis para o mesmo efeito. No entanto, a 20 de agosto é publicado um novo regulamento, o Decreto-Lei n.º 118/2013, que aglomera o SCE, o REH e o RECS, diferenciando requisitos diferentes para edifícios de habitação novos, sujeitos a grandes intervenções e existentes e para os edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grandes intervenções e existentes. Por sua vez, este decreto encontra-se associado a seis portarias e a dez despachos que complementam e estipulam metodologias de cálculo e os requisitos mínimos propriamente ditos.

Com o estudo do edifício Astrolab, como edifício novo, foi possível constatar a separação dos valores de referência do coeficiente de transmissão térmica superficial de elementos opacos e de vãos envidraçados para Portugal Continental e para as Regiões Autónomas, e estes valores voltarão a sofrer alterações a 31 de dezembro de 2015, que tornarão este coeficiente ainda mais exigente. Foram sentidas também alterações no cálculo do zonamento climático, que agora depende dos graus-dia de aquecimento, na estação de aquecimento, e da temperatura média exterior correspondente à estação convencional de arrefecimento. As maiores diferenças verificadas foram ao nível do cálculo das necessidades nominais anuais de energia, desde as expressões de cálculo até a própria metodologia e, inclusive, aos seus valores máximos regulamentares, e, ainda, as unidades com que as necessidades nominais anuais de energia útil aparecem nos novos certificados energéticos.

Em relação à invenção estudada, isto é, os pré-fabricados de pavimento com função de coletor solar, são necessários mais estudos pormenorizados para expor o potencial destes. O seu dimensionamento, para os diferentes casos, foi feito tomando como princípio que os pré-fabricados se comportariam como coletores sem cobertura para aquecimento da piscina e como coletores planos para aquecimento de piscinas aquando da preparação de AQS. A escolha desta metodologia teve como base a simplicidade do próprio sistema em si, que conta com poucos elementos na sua instalação. Ainda assim, o protótipo já instalado tem vindo a obter resultado satisfatórios. A sua versatilidade e a possibilidade de conjugar cores, para obtenção de efeitos e padrões são pontos a favor, no entanto o seu preço é, de todo, o fator mais apetecível.

Numa fase inicial e sem dados mais concretos, o dimensionamento dos pré-fabricados foi satisfatório, tendo-se obtido valores próximos aos então já instalados em uma moradia que serve de teste a esta invenção.

7.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

De futuro pretende-se uma análise mais detalhada dos pré-fabricados de pavimento com função de coletor solar assim como o acompanhamento da sua evolução, que apresenta inclusive nesta fase um novo protótipo e preços mais específicos, conservando a característica económica do sistema.

REFERÊNCIAS

1. Costa, J.R.T.P.N.d., *As Energias Renováveis Aliadas à Construção Sustentável, Tese de Mestrado*, in *Departamento de Engenharia Civil*. 2008, Universidade de Aveiro: Aveiro.
2. Faria, L.M. and M.A. Sellitto, *Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras*. 2011.
3. *Ministério do Meio Ambiente - Responsabilidade Socioambiental - Agenda 21*. Consultado a 11 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global>.
4. Laisa Agostini Vinhas, S.C.A.d.S. *Protocolo de Kyoto*. Consultado a 11 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://protocolo-de-kyoto.info/>.
5. *Decreto-Lei n.º 80/2006, de 04 de abril*. 2006.
6. *Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto* 2013.
7. Cunha, J.M.P.P.P.d., *O Embuste Solar Térmico? - Análise da performance de soluções predominantes do mercado, Tese de Mestrado*. 2013, FEUP.
8. Duarte, P.N.A., *Colectores Solares Térmicos - Análise de desempenho térmico de soluções tecnológicas no mercado, Tese de Mestrado*. 2012, FEUP.
9. Caleffi, *Hidráulica 25: As Instalações Solares - Técnicas e esquemas de realização*. Maio 2006.
10. NASA. *Solar System Exploration*. Consultado a 12 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Sun&Display=Facts>.
11. *Portal Energia: Energia Solar Térmica - manual sobre tecnologias, projecto e instalação*. Janeiro 2004 Consultado a 10 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.marioloureiro.net/tecnica/energSolar/guia-tecnico-manual-solartermico.pdf>.
12. Pereira, F.A.d.S. and M.Â.S. Oliveira, *Curso Técnico Instalador de Energia Solar Fotovoltaica*. 2011: Publindústria.
13. *Cola da Web - Radiação Eletromagnética*. Consultado a 10 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.coladaweb.com/fisica/ondas/radiacao-eletromagnetica>.
14. *Mundo da Educação - Ondas eletromagnéticas*. Consultado a 10 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.mundoeducacao.com/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>.
15. Proclira. *Clima e Ambiente - Radiação solar e terrestre*. 2007 Consultado a 19 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.proclira.uevora.pt/modulos/modulo3.pdf>.
16. *Água Quente Solar - usando a energia solar*. 2013 Consultado a 12 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.aquaquentesolar.pt/sistemas.html>.
17. Energia, P. *Energia Solar Térmica - Manual sobre tecnologias, projecto e instalação*. Consultado a: 10 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.portal-energia.com/manual-e-guia-tecnico-de-energia-solar-fotovoltaica-tecnologias-projecto-e-instalacao/>.

18. Carvalho, L.M.R.d., et al., *Manual de Instalação de Sistemas Solares Térmicos*. dezembro 2012 ed. 2012, Porto: Publindústria, Edições Técnicas, Lda.
19. Çengel, Y.A. and M.A. Boles, *Termodinâmica*. The McGraw-Hill Companies, ed. Q. Edição. 2006, Espanha.
20. Riebeek, H., *Global Warming*. 2010.
21. REN21, *Renewables 2014 - Global Status Report*. 2014.
22. Camacho, G.B., *A energia solar e a utilização racional de energia em edifícios de acordo com os regulamentos em vigor, Tese de Mestrado*. Universidade da Madeira.
23. DGEG. *Direção Geral de Energia e Geologia - Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia*. Consultado a 10 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.dgeg.pt/>.
24. *Guia de Orientação para a Utilização das Energias Renováveis nas Empresas*. 2010; Consultado a 13 de dezembro de 2013; AIMinho - Associação Empresarial: Obtido de: http://www.aiminho.pt/imgAll/file/Sustentar/Guia_de_Orientacao_para_a_utilizacao_das_Energias_Renovaveis.pdf.
25. Gomes, J.M.S., *Tecnologias de construção associadas aos sistemas sustentáveis de produção de água quente e de climatização em edifícios - estado da arte, Tese de Mestrado*. Março de 2010, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL).
26. *Portal Energia: Biocombustíveis, vantagens e desvantagens*. Consultado a 10 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.portal-energia.com/biocombustiveis-vantagens-e-desvantagens/>.
27. *Energias renováveis - As energias renováveis são o nosso futuro*. Consultado a 09 de julho de 2014; Obtido de: <http://energiasalternativas.webnode.com.pt/energia-hidrica/>.
28. Silva, M.A.C.d., *Factores de Sustentabilidade em Energias Renováveis, Tese de Mestrado*. 2012, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL).
29. Ramos, L.F. *Moinhos de água e vento, um Património esquecido*. Alvenaria e Construções antigas.
30. Roriz, L., et al., *Energia solar em edifícios*. 1ª Edição ed. 2010, Amadora.
31. Elergone Energia, L. *elergone energias*. Consultado a 03 de abril de 2014; Obtido de: <http://elergone.com/>.
32. OKU. *La calidad tiene un nombre*. Consultado a 24 de julho de 2014; Obtido de: <http://www.oku.es/>.
33. Jeust. *Coletor Solar Hyperborea*. Consultado a 16 de julho de 2014; Obtido de: <http://www.jeustconsultoria.com.br/products/aquecedor-solar-hyperborea-p-piscina/>.
34. *Mercado Livre*. Consultado a 16 de julho de 2014; Obtido de: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-578965455-coletor-solar-disco-30-graus-para-aquecimento-de-piscinas- JM#redirectedFromParent>.
35. *Equibombas*. Consultado a 16 de julho de 2014; Obtido de: <http://www.equibombas.com.br/?Menu=produto&imagem=1&idPro=166&Categoria=34&Subcategoria=60>.
36. DicasVerdes. *Notícias Tecnológicas e Renováveis - Projeto caseiro*. Consultado a 16 de julho de 2014; Obtido de: <http://www.dicasverdes.com/2013/02/manual-para-fazer-aquecedor-solar-caseiro-feito-com-garrafa-pet/>.
37. Baxi. *Complementos e acessórios*. Consultado a 10 de agosto de 2014; Obtido de: http://www.baxi.pt/docs/po_catleg/j1-3p.pdf.

Referências

38. T.M. Razykov, C.S.F., D. Morel, E. Stefanakos, H.S. Ullal, H.M. Upadhyaya, *Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects*. 2011.
39. EDP. *Microgeração*. Consultado a 01 de julho de 2014; Obtido de: <https://www.microgeracaoedp.com/o-que-e>.
40. Theocharis Tsoutsosa, S.T., Carmen Avellaner de Santos e Roberto Vercellotti, *Nearly Zero Energy Buildings - Application in Mediterranean hotels*. 2013.
41. ADENE. *Agência para a energia*. Consultado a 10 de fevereiro de 2014; Obtido de: <http://www.adene.pt/sce>.
42. *Portaria n.º 349-B/2013, de 29 de novembro*. 2013.
43. *Portaria n.º 349-D/2013, de 02 de dezembro*. 2013.
44. *Portaria n.º 349-A/2013, de 29 de novembro*. 2013.
45. *Portaria n.º 349-C/2013, de 02 de dezembro*. 2013.
46. *Portaria n.º 353-A/2013, de 04 de dezembro*. 2013.
47. *Portaria n.º 66/2014, de 12 de março*. 2014.
48. *Despacho (extrato) n.º 15793-K/2013, de 03 de dezembro*. 2013.
49. Commission, E. *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*. 2012 Consultado a 13 de março de 2014; Obtido de: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>.
50. *Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013, de 03 de dezembro*. 2013.
51. *Despacho (extrato) n.º 15793-D/2013, de 03 de dezembro*. 2013.
52. AKI. Consultado a 29 de junho de 2014; Obtido de: <http://www.aki.pt/Piscina-Insufi%C3%A1vel-redonda-%C3%86-240-cm--P14385.aspx#tabsldeias-1>.

Anexos

- Anexo I – Exemplo de Aplicação – Edifício Astrolab

ANEXO I – EXEMPLO DE APLICAÇÃO – EDIFÍCIO ASTROLAB**Dados:**

Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e água quentes [kgep/m ² .ano]	1,20
Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes (limite inferior da classe B-) [kgep/m ² .ano]	6,30
Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à energia primária para climatização e água quentes	0,20
Área útil de pavimento [m ²]	111
Pé-direito médio ponderado [m]	2,60

Preparação de AQS

Expressão base: $Q_a = \frac{M_{AQS} \times 4187 \times \Delta T \times n_d}{3600000}$ e: $M_{AQS} = 40 \times n \times f_{eh}$

Onde: M_{AQS} – consumo médio diário de referência [l]; n – número convencional de ocupantes de cada fração autónoma, definido em função da tipologia da fração sendo que se deve considerar 2 ocupantes no caso da tipologia T0, e $n+1$ ocupantes nas tipologias Tn com $n > 0$; f_{eh} – fator de eficiência hídrica, aplicável a chuveiros ou sistemas de duche com certificação e rotulagem de eficiência hídrica, de acordo com um sistema de certificação de eficiência hídrica da responsabilidade de uma entidade independente reconhecida pelo sector das instalações prediais. Para chuveiros ou sistemas de duche com rótulo A ou superior, $f_{eh} = 0,90$, sendo que nos restantes casos, $f_{eh} = 1$; ΔT – aumento de temperatura necessário para a produção das AQS e que, para efeitos do presente cálculo, toma o valor de referência de 35°C; n_d – número anual de dias de consumos de AQS de edifícios residenciais que, para efeitos do presente cálculo, se considera de 365 dias.

Tabela A.1– Cálculo do consumo médio diário de referência (M_{AQS}) e das necessidades de energia útil para preparação de AQS (Q_a)

f_{eh}	ΔT	n_d	n	E_{solar}	M_{AQS}	Q_a	
[-]	[°C]	[dias]	[-]	[kWh/ano]	[litros]	[kWh/ano]	
0,9	1	35	365	3	1650	160	2377,286

Necessidades Nominais de Energia Útil			
Necessidades nominais de energia útil para:	Valor estimado para as condições de conforto térmico de referência	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais pelo RCCTE	Valor limite regulamentar para as necessidades anuais pelo DL 118/2013
Aquecimento	6,9 kWh/m ² .ano	29,2 kWh/m ² .ano	Variável
Arrefecimento	5,1 kWh/m ² .ano	23 kWh/m ² .ano	5,35 kWh/m ² .ano
Preparação das AQS	12,6 kWh/m ² .ano	43,2 kWh/m ² .ano	-

Necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

Expressão base:
$$N_v = (1 - \eta_{v_{ref}}) \times Q_{g,v_{ref}} / A_p$$

Onde: $\eta_{v_{ref}}$ - fator de utilização de ganhos de referência; $Q_{g,v_{ref}}$ - ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento [kWh]; A_p - área interior útil de pavimento do edifício, medida pelo interior [m²]

E:
$$\eta_{v_{ref}} = \begin{cases} 0,52 + 0,22 \times \ln(\Delta\theta) & \Delta\theta > 1 \\ 0,45 & 0 < \Delta\theta \leq 1 \\ 0,30 & \Delta\theta \leq 0 \end{cases}$$

Onde: $\theta_{ref,v}$ - temperatura interior de referência na estação de arrefecimento, contabilizada em 25°C; $\theta_{ext,v}$ - temperatura exterior média na estação de arrefecimento no local, de acordo com o Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013)

$$\text{E ainda: } Q_{g,vref}/A_p = \left[q_{int} \times \frac{L_v}{1000} + g_{vref} \times (A_w/A_p)_{ref} \times I_{solref} \right]$$

Onde: q_{int} - ganhos internos médios, contabilizados em 4 W/m²; I_{solref} - radiação solar média de referência, correspondente à radiação incidente numa superfície orientada a Oeste, de acordo com Despacho do Diretor-Geral de Energia e Geologia (Despacho (extrato) n.º 15793-F/2013) [kWh/(m².ano)]; L_v - duração da estação de arrefecimento, contabilizada em 2928 horas; $(A_w/A_p)_{ref}$ - razão entre a área de vãos e a área interior útil de pavimento, que se assume igual a 20%; g_{vref} - fator solar de referência para a estação de arrefecimento, contabilizada em 0,43.

Tabela A.2 – Cálculo do fator de utilização de ganhos de referência (η_{vref}), do quociente entre os ganhos térmicos de referência na estação de arrefecimento e a área interior útil de pavimento ($Q_{g,vref}/A_p$) e das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento (N_v)

$\theta_{ref,v}$	$\theta_{ext,v}$	$\Delta\theta$	η_{vref}	q_{int}	L_v	$(A_w/A_p)_{ref}$	g_{vref}	I_{solref}	$Q_{g,vref}/A_p$	N_v
[°C]	[°C]	[°C]	[-]	[W/m ²]	[horas]	[-]	[-]	[kWh/(m ² .ano)]	[kWh/m ²]	[kWh/(m ² .ano)]
25	20,2	4,8	0,865	4	2928	0,2	0,43	325	39,66	5,35

Necessidades nominais anuais de energia primária

$$\text{Expressão base: } N_t = \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{i,k} \times N_i}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{v,k} \times N_v}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j} + \sum_j \left(\sum_k \frac{f_{a,k} \times Q_a/A_p}{\eta_{ref,k}} \right) \times F_{pu,j}$$

Onde: N_i - valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para aquecimento [kWh/(m².ano)]; N_v - valor máximo para as necessidades nominais anuais de energia útil para arrefecimento [kWh/(m².ano)]; Q_a - necessidades de energia útil para preparação de AQS, supridas pelo sistema k [kWh/ano]; $f_{i,k}$ - parcela das necessidades de energia de aquecimento supridas pelo sistema de referência k; $f_{v,k}$ - parcela das necessidades de energia de

arrefecimento supridas pelo sistema de referência k; $f_{a,k}$ - parcela das necessidades de energia de preparação de AQS supridas pelo sistema de referência k; η_{ref} - valores de referência para o rendimento dos diferentes tipos de sistemas técnicos utilizados ou previstos para aquecimento ambiente, arrefecimento ambiente e preparação de AQS; j - fonte de energia; A_p - área interior útil de pavimento [m²]; $F_{pu,j}$ - fator de conversão para energia primária de acordo com a fonte de energia do tipo de sistemas de referência utilizado, em quilowatt-hora de energia primária por kWh [kWh_{EP}/kWh]

Tabela A.3 – Dados para o cálculo das necessidades anuais nominais de energia primária (N_t)

$f_{i,k}$	$f_{v,k}$	$f_{a,k}$	N_v	Q_a	$\eta_{ref,k (i)}$	$\eta_{ref,k (v)}$	$\eta_{ref,k (a)}$	$F_{pu,j (i)}$	$F_{pu,j (v)}$	$F_{pu,j (a)}$	A_p
[-]	[-]	[-]	[kWh/m ² .ano]	[kWh/ano]	[-]	[-]	[-]	[kgep/kWh]	[kgep/kWh]	[kgep/kWh]	[m ²]
1	1	0,3	5,35	2377,286	1	1	1	0,29	0,29	0,086	111

Tabela A.4 – Cálculo das necessidades anuais nominais de energia primária (N_t) fazendo variar os valores das necessidades nominais de energia útil para aquecimento (N_i)

Se:	N_i [kWh/m ² .ano]	29,2	→	N_t [kgep/m ² .ano]	10,57
	N_i [kWh/m ² .ano]	6,9	→	N_t [kgep/m ² .ano]	4,11
	N_i [kWh/m ² .ano]	0,9	→	N_t [kgep/m ² .ano]	2,37
	N_i [kWh/m ² .ano]	8,8	→	N_t [kgep/m ² .ano]	4,66
	N_i [kWh/m ² .ano]	9,0	→	N_t [kgep/m ² .ano]	4,71

Determinação da classe energética

Expressão para edifícios de habitação: $R_{Nt} = \frac{N_{tc}}{N_t}$

Tabela A.5 – Intervalos da classe energética

Classe energética	Valor de R_{Nt}
A⁺	$R_{Nt} \leq 0,25$
A	$0,26 \leq R_{Nt} \leq 0,50$
B	$0,51 \leq R_{Nt} \leq 0,75$
B⁻	$0,76 \leq R_{Nt} \leq 1,00$
C	$1,01 \leq R_{Nt} \leq 1,50$
D	$1,51 \leq R_{Nt} \leq 2,00$
E	$2,01 \leq R_{Nt} \leq 2,50$
F	$R_{Nt} \geq 2,51$

Tabela A.6 – Cálculo da classe energética do edifício Astrolab

N_{ic} kgep/(m ² .ano)	1,2					
N_t kgep/(m ² .ano)	10,57	→	R_{Nt}	0,11	→	A⁺
N_t kgep/(m ² .ano)	4,11	→	R_{Nt}	0,29	→	A
N_t kgep/(m ² .ano)	2,37	→	R_{Nt}	0,51	→	B
N_t kgep/(m ² .ano)	4,66	→	R_{Nt}	0,26	→	A
N_t kgep/(m ² .ano)	4,71	→	R_{Nt}	0,25	→	B

$$\therefore \begin{cases} N_i \leq 0,9 \rightarrow B \\ 0,9 < N_i \leq 8,9 \rightarrow A \\ N_i > 9,0 \rightarrow A^+ \end{cases}$$