



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



Monitorização de Sistemas Solares Térmicos – Simulação de Perfis de Consumo e Cálculo de Comportamento Térmico a Longo Prazo

SOFIA CÁCERES BALBINO
(Licenciada em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do Grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientadores:

Doutora Maria João Carvalho
Doutora Isabel Simões de Carvalho

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Manuel Ferreira Calado
Vogais:

Doutor Jorge Manuel Resende Vieira Facão
Prof. Eng. Francisco Manuel Fernandes Severo
Profª. Doutora Isabel Simões de Carvalho
Doutora Maria João Carvalho

Setembro de 2010

*Aos meus Pais e ao
Avô Luís, que jamais
esquecerei!*

Resumo

A presente dissertação assenta na monitorização de sistemas solares térmicos com incidência em perfis de consumo e cálculo de comportamento térmico a longo prazo.

No início faz-se uma introdução aos temas e definições que são primordiais para uma melhor compreensão do trabalho em causa.

Procedeu-se à simulação do comportamento térmico de sistemas solares térmicos, tendo como base os parâmetros de cálculo obtidos nos relatórios de ensaio. Os sistemas solares térmicos podem ser ensaiados segundo duas metodologias de cálculo diferentes. Estas metodologias estão descritas nas normas ISO 9459-2:1995 para a metodologia *CSTG – Dynamic System Testing Group* e ISO 9459-5:2007 para a metodologia *DST – Dynamic System Testing*. Neste trabalho foram utilizadas as duas metodologias mencionadas.

Analisaram-se e simularam-se ainda os perfis de consumo do Anexo IV da Directiva *EcoDesign* tendo como objectivo definir um “*benchmark*” entre os diferentes sistemas solares térmicos e também saber qual é a energia primária necessária para satisfazer cada uma das necessidades dos diferentes perfis de extracção. O estudo e análise desta Directiva é bastante importante, pois é com base nela que se vai proceder à classificação e posterior rotulagem dos sistemas solares térmicos.

Palavras-chave: sistemas solares térmicos, cálculo de comportamento térmico a longo prazo, perfis de consumo, energia solar térmica.

Abstract

This dissertation addresses the monitoring of solar thermal systems – simulation of consumption profiles and long term calculation of thermal behaviour.

The dissertation starts with an introduction to the themes and definitions that are crucial, for a better understanding of the work carried out.

The first procedure was the simulation of the thermal performance in solar thermal systems, based on the calculation parameters obtained in test reports. Solar thermal systems can be tested according with two different calculation methodologies. These methodologies are described in ISO standards 9459-2: 1995 for CSTG methodology – Dynamic System Testing Group and ISO 9459-5: 2007 for DST methodology – Dynamic System Testing. The two methodologies are used in this work.

Consumption profiles of Annex IV of the Directive EcoDesign are analyzed and simulated, to define a "benchmark" between different thermal solar systems and also to know what is the primary energy necessary to satisfy each of the needs, for different profiles of extraction. The study and analysis of this directive is quite important because it allows categorizing and labelling solar thermal systems.

Key-Works: solar thermal systems, long term calculation of thermal behaviour, consumption profiles, solar thermal energy.

Agradecimentos

Quero expressar o meu muito obrigado a todas as pessoas que contribuíram para a concretização deste trabalho.

Agradeço em especial às minhas orientadoras, Doutora Maria João Carvalho e Doutora Isabel Simões de Carvalho pelo conhecimento que me transmitiram e pelo apoio que me foi prestado, ao longo da realização desta dissertação.

À Ana Neves Sol pelos seus ensinamentos, tanto a nível de software, como da metodologia a seguir, pela sua disponibilidade constante para me ajudar e boa disposição.

Aos meus colegas do LNEG pelo apoio e resolução de alguns problemas informáticos.

Aos meus amigos que sempre me incentivaram para que andasse para a frente com este projecto, prejudicando muitas vezes os nossos momentos de convívio.

À minha família, pelo incentivo que me deu, mesmo nas horas menos boas, por suportarem o meu mau feitio, devido à ansiedade que um trabalho deste género provoca.

E por fim, um agradecimento especial ao André e aos meus Pais, pelo carinho, conforto e dedicação que sempre demonstraram, durante todo este trabalho.

Índice

	Página
Resumo	<i>ii</i>
Abstract	<i>iii</i>
Agradecimentos	<i>iv</i>
Índice	<i>v</i>
Nomenclatura	<i>vii</i>
Siglas	<i>viii</i>
Lista de Figuras	<i>ix</i>
Lista de Tabelas	<i>xi</i>
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 – Introdução	2
1.2 – Aspectos Gerais do Recurso Solar	4
1.3 – Energia Solar Térmica – Portugal	8
1.4 – Contribuição da Dissertação	10
1.5 – Organização da Dissertação	10
Capítulo 2 – Ensaio de Sistemas Solares Pré-Fabricados	12
2.1 – Sistemas Solares Térmicos	13
2.2 – Sistemas Solares Térmicos Pré-Fabricados	22
2.3 – Metodologias de Ensaio (CSTG, DST)	24
2.3.1 – Metodologia de Ensaio CSTG – Norma 9459-2	24
2.3.2 – Metodologia de Ensaio DST – Norma 9459-5	27
Capítulo 3 – SolTerm – Ferramenta de Cálculo de Comportamento a longo prazo	32
3.1 – Cálculo de Comportamento Térmico a Longo Prazo	33
3.2 – Cálculo de Comportamento Térmico de Sistemas do Tipo Pré-fabricado	34
3.3 – Análise de Resultados da Extrapolação entre Metodologias de Ensaio para Aplicação ao SolTerm	41

Capítulo 4 – Comparação entre sistemas solares Pré-fabricados – apoio à decisão do consumidor	43
4.1 – Estado de arte da <i>Directiva EcoDesign</i>	44
4.2 – Simulação de perfis de consumo detalhados	46
4.3 – Comparação de comportamento a longo prazo para diferentes perfis de consumo	50
4.4 – Estabelecimento de um “ <i>benchmark</i> ” entre sistemas	56
 Capítulo 5 – Conclusões e Perspectivas Futuras	 61
 Referências	 63
Glossário	66
Anexos	74
Anexo I – Normas e Legislação	
Anexo II – Extracto do ficheiro LTP	
Anexo III – Gráficos da Energia Extraída vs Radiação para os Perfis de Extracção M e L	
Anexo IV – Gráficos dos climas da <i>Directiva EcoDesign</i>	

Nomenclatura

A_c^* – Área efectiva do colector [m^2]

a_H, a_T, a_0 – Coeficientes característicos de cada sistema

C_s – Capacidade de armazenamento [W/K]

D_L – Constante de mistura

f – caudal mínimo [l/min]

G_i^* – Irradiância no plano do colector [W/m^2]

H – Radiação incidente sobre o colector [J/m^2]

P_{aux} – Potência do sistema auxiliar [W]

P_c – Potência da bomba circuladora [W]

P_L – Potência extraída [W]

Q – Energia produzida pelo sistema [J]

S_c – Estratificação do depósito

$t_{a,dep(med)}$ – temperatura média do local onde está o depósito ($^{\circ}C$)

$T_{ambiente}$ – Temperatura ambiente [$^{\circ}C$]

T_{ca} – Temperatura ambiente do colector [$^{\circ}C$]

T_{cw} – Temperatura da água à entrada [$^{\circ}C$]

t_f – Temperatura final da água ($^{\circ}C$)

t_i – Temperatura inicial da água ($^{\circ}C$)

T_{rede} – Temperatura da água da rede [$^{\circ}C$]

T_{sa} – Temperatura ambiente do depósito [W]

U – Coeficiente de perdas do depósito ($W/^{\circ}C$)

u_c^* – Coeficiente de perdas efectivo do colector [$Wm^{-2}K^{-1}$]

U_s – Coeficiente de perdas global do depósito [WK^{-1}]

v – Velocidade do vento [m/s]

V_{dep} – Volume do depósito (l)

V – volume de extracção (l)

ρ – Massa volúmica da água (kg/m^3)

Δt – Intervalo de tempo (s)

etawh – rendimento do consumo de energia primária

Siglas

ADENE – Agência para a Energia

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

AQS – Água Quente Solar

CERTIF – Associação para a Certificação de Produtos

CSTG – Collectors System Testing Group

DST – Dynamic System Testing

ECEEE – Conselho Europeu para uma Economia Eficiente de Energia

EFRIARC – Associação Portuguesa dos Engenheiros de Frio Industrial e Ar
Condicionado

EIWH – Electric Instantaneous Water Heaters

EN – Norma Europeia

ESTIF – European Solar Thermal Industry Federation

EuP – Produtos Consumidores de Energia

INETI – Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

IPQ – Instituto Português da Qualidade

ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade

LECS – Laboratório de Ensaio de Colectores Solares

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

NP – Norma portuguesa

prENV – Pré-Normas Europeias

RENAE – Rede Nacional das Agências de Energia

SCE – Sistema de Certificação Energética

Índice Figuras

Figura		Página
1	Laboratório de Ensaios de Colectores Solares	2
2	Radiação Global Anual em Portugal	4
3	Mercado do Solar Térmico na UE e na Suíça	5
4	Espectro da Radiação	6
5	Componentes da Radiação Solar Global	7
6	Valores Diários da Irradiação Solar Directa e Difusa em Lisboa .	7
7	Radiação Solar Incidente, mapa para a Europa	8
8	a) Símbolo da CERTIF b) Símbolo da <i>Solar Keymark</i>	10
9	Efeito de Estufa	13
10	Representação esquemática de um sistema solar térmico	15
11	Constituição Geral de um Colector Solar Térmico	16
12	Exemplos de Absorsores	17
13	Gama de temperaturas e respectivos colectores	18
14	Esquema de um colector solar plano	18
15	Esquema de um colector CPC	19
16	Exemplos de colectores tubo de vácuo	20
17	Esquema circulação tipo termossifão	21
18	Esquema circulação forçada	22
19	Diagrama “Input-Output”	25
20	Sistema como caixa fechada	31
21	Painel do software SolTerm	34
22	Perfil de Extracção	35
23	Rectas características do sistema	36
24	Diagrama “Input-Output”	36
25	Gráfico Metodologia CSTG para o Sistema A	38
26	Gráfico Metodologia DST para o Sistema A	39
27	Gráfico Comparação Metodologias CSTG vs DST para o Sistema A	40
28	Gráfico Comparação Metodologias CSTG vs DST para o Sistema B	40
29	Gráfico Comparação Metodologias DST, CSTG e SolTerm para Lisboa	42

30	Processo de Aprovação da Regulamentação associada à Directiva	44
31	Energia extraída vs radiação para o perfil XXS	53
32	Energia extraída vs radiação para o perfil XS	53
33	Energia extraída vs radiação para o perfil S	54
34	Rótulo para sistemas solares térmicos	57

Índice Tabelas

Tabela		Página
1	Ensaio que se realizam no LECS	3
2	Vantagens e Desvantagens dos Colectores Solares	20
3	Classificação das Instalações Solares de Aquecimento Pré-fabricadas e por medida	23
4	Extracções no Ensaio A	28
5	Volume de extracção Ensaio A	29
6	Extracções no Ensaio B	29
7	Temperatura Saída Ensaio B	29
8	Características dos Sistemas Solares Térmicos	37
9	Valores médios anuais de energia para Lisboa calculados com o programa SolTerm e metodologias CSTG e DST (Sistema A – 150l)	41
10	Exemplo das diferenças de cálculo através do programa SolTerm e das metodologias CSTG e DST (Sistema A – 150l) ...	41
11	Apresentação Cronológica dos Processos da Directiva 2005/32/EC para Aquecimento de Água	45
12	Perfis de Extracção	48
13	Perfis de Extracção	48
14	Perfis de Extracção	49
15	Sistema de 200l, com apoio e uma extracção total às 18h	51
16	Sistema de 200l, sem apoio e uma extracção total às 18h	51
17	Sistema de 300l, com apoio e uma extracção total às 18h	51
18	Sistema de 300l, sem apoio e uma extracção total às 18h	52
19	Sistema de 200l, com apoio, diversas extracções e volume calculado na tabela 15	52
20	Sistema de 300l, com apoio, diversas extracções e volume calculado na tabela 17	54
21	Sistema de 200l, sem apoio, diversas extracções e volume calculado na tabela 16	55
22	Sistema de 300l, sem apoio, diversas extracções e volume calculado na tabela 18	55
23	Classes de eficiência energética	57
24	Sistema de 200l	59

25	Sistema de 300l.....	59
26	Classificação energética dos sistemas estudados	60

Capítulo 1

- Introdução -

1.1. Introdução

A “Monitorização de Sistemas Solares Térmicos – Simulação de Perfis de Consumo e Cálculo de Comportamento Térmico a longo prazo” é o tema da tese de mestrado de Engenharia Mecânica ramo Energia, Refrigeração e Climatização. O trabalho em causa desenvolveu-se no âmbito de um estágio, que decorreu no LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia (ex-INETI), Ministério da Economia e Inovação, mais concretamente no Laboratório de Energia Solar.

O LNEG é uma unidade de investigação, demonstração e desenvolvimento tecnológico que tem como objectivo principal promover a inovação tecnológica, guiando a ciência e tecnologia para o desenvolvimento empresarial, ajudando assim o crescimento da competitividade, no quadro de uma evolução sustentável da economia. As actividades do LNEG estão essencialmente vocacionadas para as necessidades das empresas e são de três tipos diferentes: projectos de investigação e desenvolvimento tecnológico, principalmente no âmbito de quadros comunitários, prestação de serviços e contratos com o meio empresarial e apoio directo ao Estado em diversas vertentes ^[1].

No que se refere ao LECS – Laboratório de Ensaio de Colectores Solares, figura 1, é um laboratório acreditado que realiza ensaios de colectores e de sistemas solares térmicos.



Figura 1 – Laboratório de Ensaios de Colectores Solares

O LECS surgiu nos anos 90 devido à necessidade, por parte dos fabricantes e investigadores, de obterem certificados para os seus sistemas solares. Anteriormente os ensaios de colectores e sistemas solares realizavam-se no Departamento de

Energias Renováveis do INETI. O LECS obteve o certificado de acreditação por parte do Instituto Português da Qualidade (IPQ) nos anos 90. Posteriormente, esta acreditação foi adaptada às normas de acreditação dos laboratórios NP ISO 17015:2000. Nesta altura foram aprovadas as Normas Europeias de ensaio de colectores e sistemas solares que o LECS passou a seguir.

O LECS possui um manual da qualidade onde estão descritos os métodos, procedimentos e políticas pelo qual o mesmo se rege para garantir a qualidade dos seus trabalhos. Hoje em dia, os trabalhos que se realizam no LECS seguem as normas EN 12975-2 (colectores solares térmicos) e EN 12976-2 (sistemas solares térmicos pré-fabricados) ^[2]. Para cada tipo de colector ou sistema há ensaios específicos que estão descritos nas normas (Anexo I) conforme se verifica na tabela 1.

Tabela 1 – Ensaios que se realizam no LECS ([2])

N.º	Produto	Ensaio	Norma/Especificação
1	<i>Colectores Solares Térmicos</i>	Ensaio de rendimento instantâneo	EN 12975-2 (ponto 6.1)
2		Ensaio de pressão estática	EN 12975-2 (ponto 5.2.1)
3		Ensaio de resistência a alta temperatura	EN 12975-2 (ponto 5.3)
4		Ensaio de exposição	EN 12975-2 (ponto 5.4)
5		Ensaio de choque térmico externo	EN 12975-2 (ponto 5.5)
6		Ensaio de choque térmico interno	EN 12975-2 (ponto 5.6)
7		Ensaio de penetração de chuva	EN 12975-2 (ponto 5.7)
8		Ensaio de carga mecânica	EN 12975-2 (ponto 5.9)
9	<i>Sistemas Solares Térmicos</i>	Ensaio de avaliação de comportamento térmico, segundo o método CSTG (Ensaio "Input-Output" incluindo perdas do depósito)	EN 12976-2 (ponto 5.9.8) (ISO 9459-2)
10		Ensaio de avaliação de comportamento térmico, segundo o método DST (ensaio dinâmico)	EN 12976-2 (ponto 5.9.8) (ISSO/DIS 9459-5)
11		Ensaio de protecção ao sobreaquecimento	EN 12976-2 (ponto 5.2)
12		Ensaio de pressão estática	EN 12976-2 (ponto 5.3)

1.2. Aspectos Gerais do Recurso Solar

A energia renovável é aquela que se obtêm de fontes naturais capazes de se regenerarem, e que são quase inesgotáveis. A utilização deste tipo de energias não afecta o balanço térmico do planeta. É de extrema importância a utilização das energias renováveis em detrimento das energias não renováveis.

Nos últimos anos tem-se assistido a alterações climáticas, em parte, causadas pelo Homem e pela sua dependência dos combustíveis fósseis. Este factor, associado à subida do preço do petróleo, fizeram com que o Homem olhasse para as energias renováveis, em especial para a energia solar térmica, como meio de reduzir a dependência dos combustíveis fósseis.

Hoje em dia, o recurso à Energia Solar, é uma solução economicamente viável e amiga do ambiente. A sua utilização não é uma opção, mas sim uma obrigação.

O Sol emite grandes quantidades de energia, da qual só uma pequena parte atinge a Terra. Portugal é um dos países europeus com maior disponibilidade de radiação solar (figura 2). Contudo, é um dos países da Europa que menos a aproveita. Esta afirmação pode ser confirmada através da figura 3. ^[3] A figura 3 mostra, para os países da União Europeia e para a Suíça, os metros quadrados instalados de colectores solares térmicos e a potência instalada.

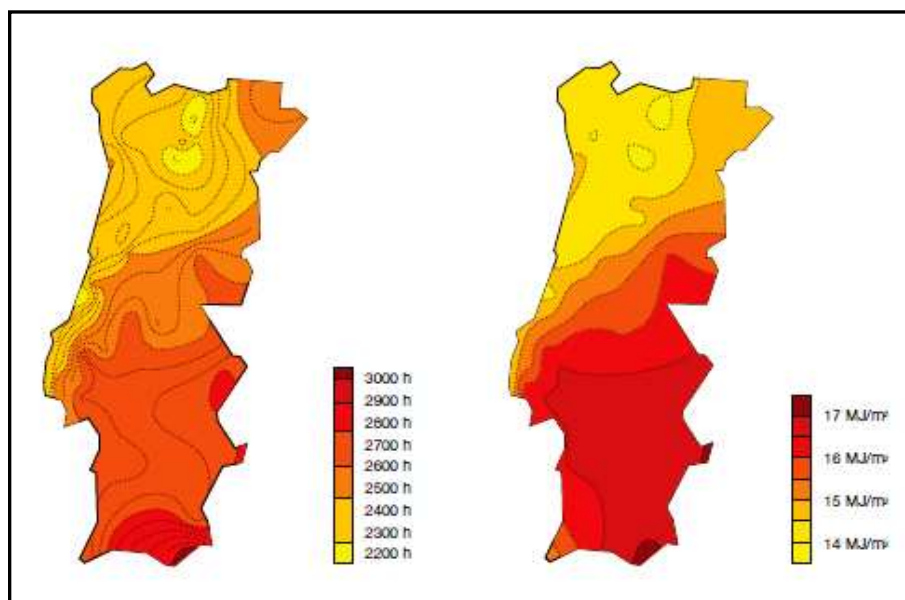


Figura 2 – Radiação Global Anual em Portugal (Rui Aguiar 1998)

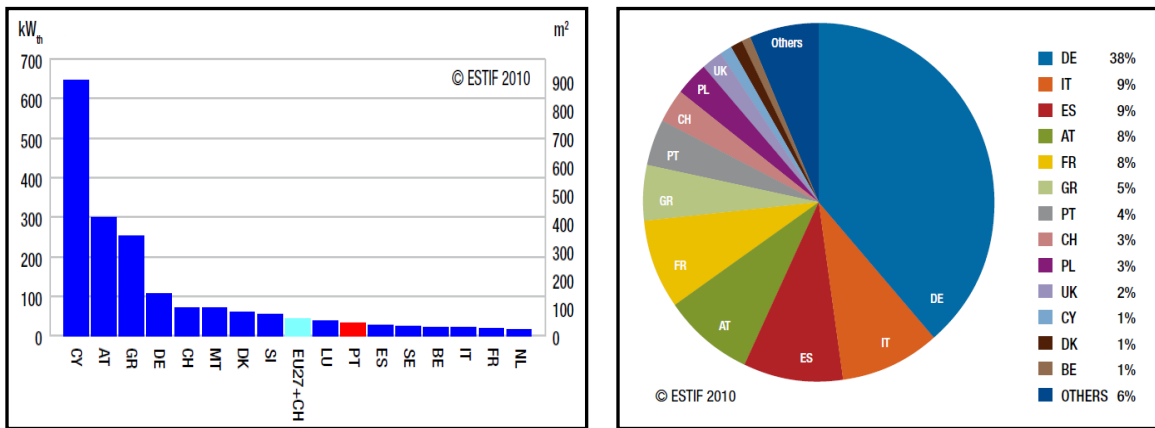


Figura 3 – Mercado do Solar Térmico na União Europeia e na Suíça ([3])

O facto de Portugal ser um dos países que menos usufrui da grande disponibilidade de radiação solar, deve-se à má reputação que a energia solar térmica ganhou nos anos oitenta. No início da década de oitenta houve um aumento da implementação de sistemas solares, mas que terminou rapidamente devido à má qualidade de uma grande parte dos equipamentos e à falta de controlo da qualidade dos produtos comercializados. Estes acontecimentos levaram à descredibilização da energia solar térmica em Portugal. ^[4] Contudo, a certificação dos sistemas que existe actualmente permitiu uma maior credibilização, por parte dos consumidores.

A energia solar, o que é?

A energia solar é a designação dada a qualquer tipo de captação de energia luminosa proveniente do Sol, posterior conversão dessa energia captada, em alguma forma aproveitável pelo Homem.

A energia solar é a energia electromagnética proveniente do Sol, criada através de reacções nucleares e, que transmitindo-se através do espaço, incide na superfície terrestre. O total dessa incidência na superfície da Terra, num ano, é superior a 10000 vezes o gasto anual de energia bruta da humanidade ^[5]. Apenas em 20 minutos, chega à superfície terrestre uma quantidade de energia que equivale ao consumo energético de toda a humanidade, durante um ano.

De acordo com um estudo publicado em 2007 pelo Conselho Mundial de Energia, em 2010, 70% da energia consumida terá origem na energia solar. ^[6]

Os métodos de captação da energia solar podem classificar-se em métodos directos e indirectos e ainda em métodos activos e passivos.

No método directo existe só uma transformação, para converter a energia solar num tipo de energia aproveitável pelo Homem. Por exemplo, a captação de energia solar e a posterior transformação dessa energia em electricidade (módulo solar fotovoltaico), outro exemplo é a transformação de energia solar em calor (colector solar térmico). No método indirecto ocorre mais do que uma transformação da energia solar, para que esta possa ser utilizada.

Já no que se refere aos métodos activos, estes são normalmente directos e convertem calor em energia mecânica. Os métodos passivos recorrem ao auxílio de mecanismos eléctricos, mecânicos ou químicos para aumentar o rendimento da colecta.

Associada ao conceito de energia solar surge a *radiação solar*. O Sol emite radiação electromagnética que se decompõe em infravermelho, cerca de 46%, em visível, cerca de 47% e em ultravioleta, os restantes 7%.

A radiação solar fornece anualmente para a atmosfera terrestre $1,5 \times 10^8$ kWh de energia, sendo esta a principal responsável pela dinâmica da atmosfera terrestre e pelas características climáticas do planeta. [7]

As ondas electromagnéticas caracterizam-se pelo seu comprimento de onda, figura 4, ou pela frequência, sendo que esta é inversamente proporcional ao comprimento de onda. Normalmente o comprimento de onda utiliza-se na análise da transferência de calor por radiação. [8]

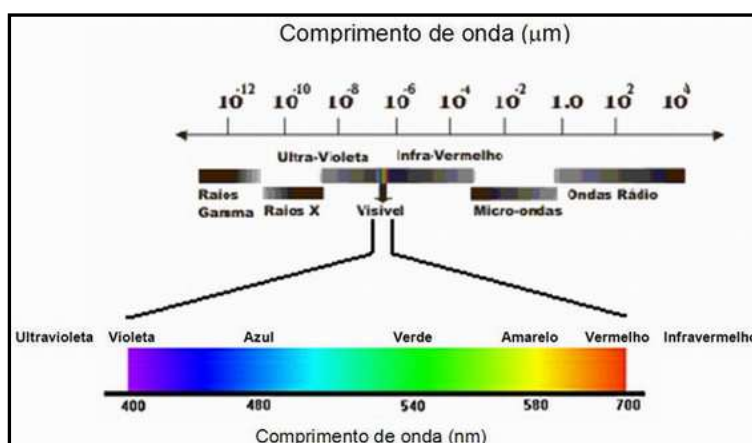


Figura 4 – Espectro da Radiação (Instituto Geográfico Português)

A radiação solar sobre uma superfície, na atmosfera terrestre, tem três componentes essenciais tal como ilustrado nas figuras 5 e 6: [9]

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

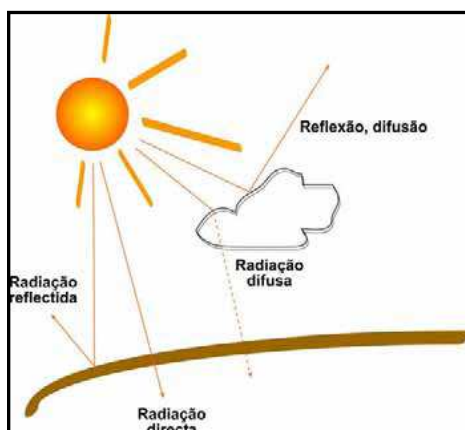


Figura 5 – Componentes da Radiação Solar Global ([10])

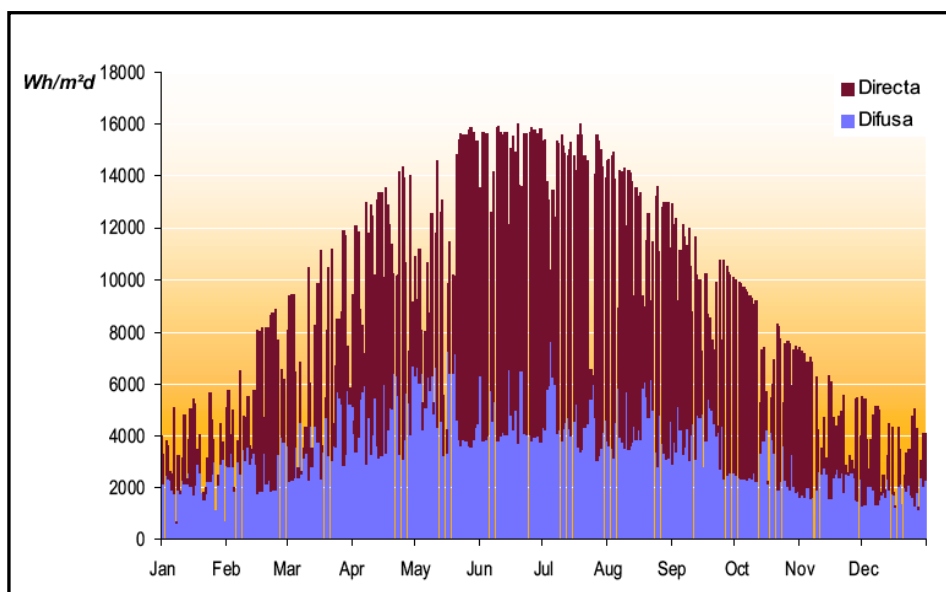


Figura 6 – Valores Diários de Irradiação Solar Directa e Difusa em Lisboa ([10])

O aquecimento de Águas Quentes Sanitárias (AQS), o apoio ao aquecimento ambiente e ao aquecimento de piscinas são algumas das aplicações da energia solar térmica. Este tipo de energia tem vantagens e desvantagens. Destacamos como vantagens:

- Não polui durante o seu uso;

-
- A manutenção das centrais é mínima;
 - A potência dos colectores é cada vez maior e o custo dos mesmos é cada vez menor;
 - Em países com muito Sol (caso de Portugal), a utilização deste tipo de energia é viável em quase todo o território.

As desvantagens referem-se essencialmente:

- Às formas de armazenamento desta energia, que são pouco eficientes quando comparadas com os combustíveis fósseis;
- O facto dos locais, com latitudes médias e altas, sofrerem quedas drásticas de produção no inverno devido à menor disponibilidade diária solar.

1.3. Energia Solar Térmica – Portugal

A energia solar é uma das energias renováveis mais abundantes em Portugal. É, ainda, um dos países europeus onde este recurso está disponível de forma mais marcante, conforme se pode verificar através da figura 7.

Contudo, o recurso às energias renováveis está muito subaproveitado, à excepção da grande hídrica e da biomassa (queima de resíduos industriais e lenha).

A energia solar térmica, nomeadamente o aquecimento de água através de colectores solares, é uma das possibilidades de recurso às energias renováveis, e em relação à qual, Portugal tem bastante abundância, assumindo um lugar de destaque a nível europeu, como demonstra a figura 7.

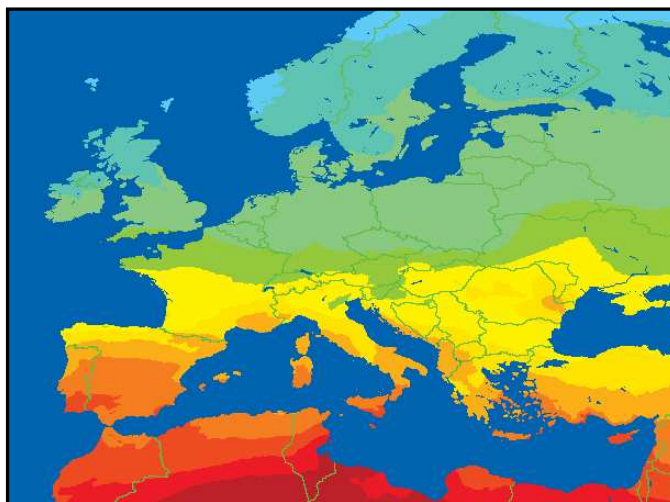


Figura 7 – Radiação Solar Incidente, mapa para a Europa ([11])

Das energias renováveis, as tecnologicamente mais avançadas são a energia solar e a energia eólica. Contudo, tem havido diversos obstáculos que não tem permitido a sua utilização para geração de energia eléctrica. Aliado a isso, a falta de informação por parte dos consumidores e a falta de uma política de incentivo adequada foram os maiores entraves para a utilização das energias renováveis.

Contudo, o avanço na investigação, o avanço tecnológico, a qualidade da informação disponível e o melhor conhecimento por parte das empresas e do cidadão comum, permitiu, nos últimos anos, inverter aquela tendência e melhorar a sua divulgação e aplicação.

No que se refere à energia solar em Portugal, no ano de 2006, deu-se um passo importante para a dinamização do mercado do solar térmico, com a entrada em vigor do RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (DL n.º 80/2006), que fez com que fosse obrigatório a contabilização das necessidades de energia para a preparação de AQS (Águas Quentes Sanitárias). Este regulamento teve como objectivo o favorecimento de integração dos sistemas de colectores solares ou de outras energias renováveis.^[12] Desta forma, a obrigatoriedade de instalação de colectores solares para produção de AQS abriu um amplo mercado, impulsionando assim o avanço tecnológico.

A certificação em Portugal

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

Nos dias de hoje, e depois de um processo moroso, Portugal está dotado de uma certificação de produto no âmbito da energia solar térmica. A certificação é composta por normas de requisitos do produto e normas de ensaio. Para colectores solares existem as normas EN 12975-1:2007 e a EN 12975-2:2007. No que se refere aos sistemas solares tipo “kit” (*Factory Made Systems*) as normas são às EN 12976-1:2007 e EN 12976-2:2007 ^[13, 14, 15, 16].

Actualmente, em Portugal apenas existe um Laboratório Acreditado para efectuar os ensaios, que é o Laboratório de Ensaio de Colectores Solares (LECS) do actual LNEG. A nível nacional, a entidade certificadora é a CERTIF – Associação para a Certificação de Produtos. O *Solar Keymark* é um esquema de certificação Europeu que reconhece Laboratórios Acreditados e no qual participam também as entidades

certificadoras. Quem certifica são as entidades certificadoras, quem ensaia são os Laboratórios Acreditados reconhecidos pelo *Solar Keymark*.

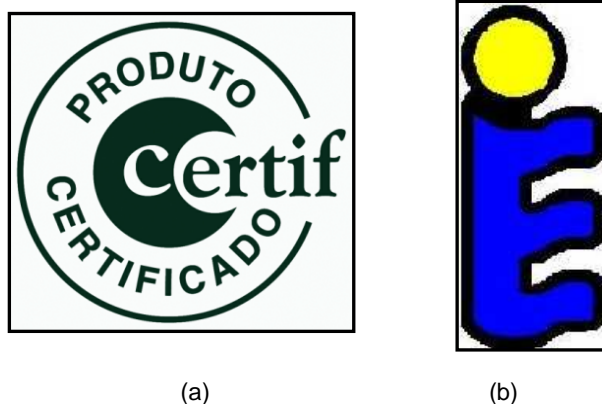


Figura 8 – a) Símbolo da CERTIF; b) Símbolo da Solar Keymark

1.4. Contribuição da Dissertação

A presente dissertação permitiu a continuação do desenvolvimento dos estudos das metodologias de cálculo para sistemas solares térmicos. Este estudo faz a ligação entre as metodologias CSTG – *Collectors System Testing Group* e DST – *Dynamic System Testing*, e permite que desta forma qualquer sistema do tipo pré-fabricado possa ser introduzido na base de dados do programa de cálculo SolTerm e contribuir para o progresso deste software.

Com este trabalho também foi possível estudar e analisar os perfis de extração do Anexo IV da *Directiva EcoDesign* e desta forma calcular qual a energia primária necessária para satisfazer as necessidades de tais perfis. Este estudo é necessário fazer-se para posteriormente se proceder à rotulagem e classificação energética dos sistemas solares térmicos.

1.5. Organização da Dissertação

A presente dissertação é constituída por 5 capítulos que a seguir se sintetizam.

No 1º capítulo, faz-se uma introdução ao trabalho e o seu enquadramento teórico, assim como algumas explicações de conceitos importantes para uma melhor compreensão do trabalho.

O 2º capítulo faz referência aos sistemas solares pré-fabricados e às metodologias de ensaio – DST e CSTG.

No 3º capítulo analisam-se os sistemas solares, tendo em consideração os cálculos de comportamento térmico a longo prazo, de sistemas por medida e de sistemas do tipo pré-fabricado.

O 4º capítulo refere-se à simulação dos perfis de consumo detalhados existentes na *Directiva Europeia 2005 – EcoDesign* de forma a estabelecer-se um “*benchmark*” entre os diversos sistemas.

O 5º e último capítulo apresenta as principais conclusões desta dissertação e inclui sugestões para trabalho futuro.

Capítulo 2

- Ensaaios de Sistemas Solares Pré-Fabricados -

2.1. Sistemas Solares Térmicos

Os colectores solares convertem a radiação solar, que penetra o vidro do colector, em calor. Estes colectores são geralmente usados para aquecimento de AQS.

Mas como é que tudo isto funciona e se processa?

A radiação infravermelha oriunda do Sol incide na cobertura transparente que, por sua vez, irá ser absorvida pela superfície metálica que está no interior do colector. Este aquece e emite radiação com um comprimento de onda maior, para o vidro que é opaco contribuindo para aquecer ainda mais a superfície do absorvor. É então que se verifica o fenómeno de “efeito de estufa”, conforme se ilustra na figura 9, a cobertura transparente reduz significativamente as perdas térmicas.



Figura 9 – Efeito de Estufa (Comissão Europeia – Ambiente www.ec.europa.eu)

A temperatura da placa absorvora irá aumentar, e esta, por sua vez, irá transferir energia sob a forma de calor para a serpentina de tubos com fluido (normalmente água com anti-congelante) que se encontra por baixo, até que se atinja o equilíbrio térmico entre o metal e o fluido. Na circulação de água no interior do colector, o fluido vai transferir energia sob a forma de calor para a água no depósito. Depois desta transferência o fluido é arrefecido, ficando menos denso o que lhe permite descer ao colector onde volta a iniciar um novo ciclo. Esta circulação é feita por termossifão.

Para aproveitar a energia proveniente da radiação solar interessa que a superfície, sobre a qual incide a radiação, consiga absorver o máximo da energia radiante incidente e que essa energia, uma vez captada, seja fornecida ao fluido que se quer aquecer.

O colector solar deve possuir uma superfície com elevada absorvidade, para maximizar a captação de energia radiante incidente, ser isolado termicamente de forma a reduzir as perdas por convecção-condução e possuir uma baixa emissividade para os comprimentos de onda da radiação própria.

Colector

A energia da radiação solar é captada e transferida através de colectores solares, sendo posteriormente armazenada no depósito sob a forma de água quente. Existem vários tipos de colectores que podem ser utilizados consoante a utilização que se pretende.

A área de colectores solares a instalar, depende do consumo de água quente e da temperatura de utilização, sendo tanto maior quanto maiores forem as necessidades de energia.

Importa referir que, num sistema solar térmico, apenas parte da energia disponível vai ser transferida para o fluido. Este processo está dependente do rendimento do colector, considerando-se este como o quociente entre a energia recebida e a energia disponível. Consequentemente, quanto maior o rendimento, maior será a energia disponível.

Depósito

Num sistema de energia solar térmica subsiste a necessidade de armazenar a energia gerada pelo sistema, durante as horas de Sol, na água de consumo, de modo a que esta possa estar disponível em quantidade suficiente para satisfazer as necessidades. Normalmente, os depósitos são feitos de aço, aço inoxidável, cobre, alumínio e fibra de vidro reforçada.

A água quente é extraída da parte superior do depósito, logo o abastecimento dos colectores deverá ser feito pela parte inferior do depósito. Os acumuladores podem receber a energia de apoio de uma forma directa ou indirecta. Na forma directa, a fonte de aquecimento está localizada no interior do depósito (a mais comum é a resistência eléctrica). Na forma indirecta, a fonte energética está colocada exteriormente e a transferência de calor é efectuada por intermédio de um permutador.

Acessórios

Para além dos colectores e depósito, os sistemas de energia solar térmica necessitam de acessórios para que o sistema funcione correctamente:

- Válvulas de redução, de não retorno, de segurança e de isolamento;
- Central de controlo;
- Permutador;
- Estação de Bombagem;
- Vaso de Expansão;
- Purgadores;
- Fluido Térmico (Anticongelante).

É importante referir o facto de um sistema de energia solar térmico, figura 10, não conseguir satisfazer 100% das necessidades de aquecimento de água ao longo de todo o ano. As necessidades são constantes e nem sempre há e é suficiente a radiação solar para as garantir.

Estes sistemas precisam de ser complementados por uma outra fonte de energia, denominada energia de apoio. Os sistemas de apoio mais usuais são a resistência eléctrica (normalmente colocada no interior do depósito) e a caldeira. No que se refere à caldeira, podem usar-se em alternativa o gás, o fuel, o óleo diesel ou a utilização de caldeiras a biomassa (alimentadas por resíduos de madeira – pellets).

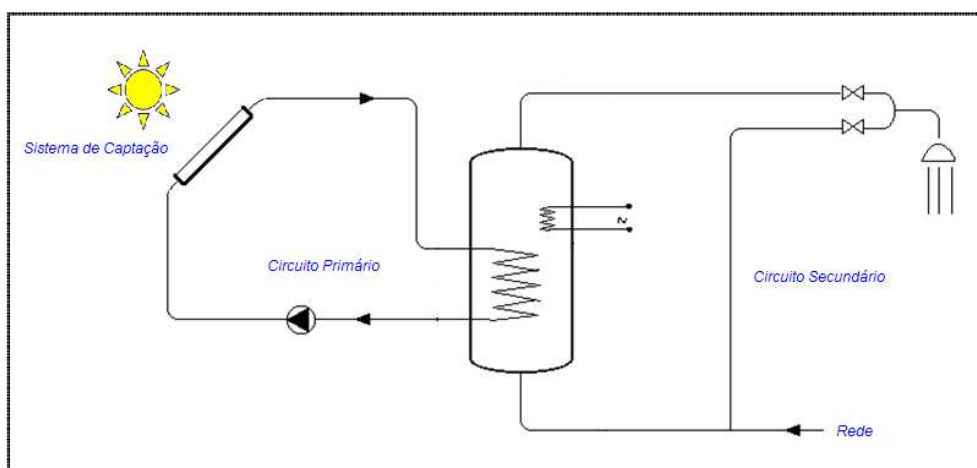
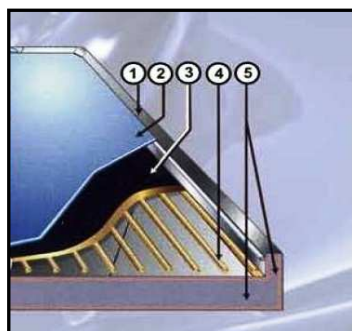


Figura 10 – Representação esquemática de um sistema solar térmico (Ana Neves Sol)

Constituição Geral do Colector

Usualmente o colector solar é constituído pela superfície absorvora e por elementos de protecção térmica e mecânica da mesma. A figura 11 mostra um esquema representativo da constituição de um colector solar.



1. Moldura em alumínio
2. Cobertura transparente
3. Superfície absorvora
4. Tubos de circulação do fluido
5. Isolamento

Figura 11 – Constituição Geral de Colector Solar Térmico (Vulcano)

Cada componente que faz parte da constituição geral de um colector solar, possui uma função específica e importante, para o desempenho do colector solar. ^[9] Resumidamente, explicita-se a função de cada componente:

1. A moldura serve de protecção do colector contra ventos e chuvas, e de suporte aos restantes elementos que fazem parte da constituição do colector.

2. A cobertura transparente tem como função a absorção de radiação. Desta forma assegura-se o efeito de estufa no interior do colector. Este vidro tem que garantir um bom isolamento e fornecer alguma resistência mecânica e térmica.

3. A superfície absorvora tem a tarefa de melhorar o rendimento do colector.

4. Os tubos de circulação do fluido servem para transportar a energia transformada pela placa absorvora até ao sistema de circulação do fluido térmico. Na figura 12 dão-se alguns exemplos dos tipos de tubos existentes para colectores solares.

5. O isolamento tem como função reduzir as perdas de térmicas em geral.

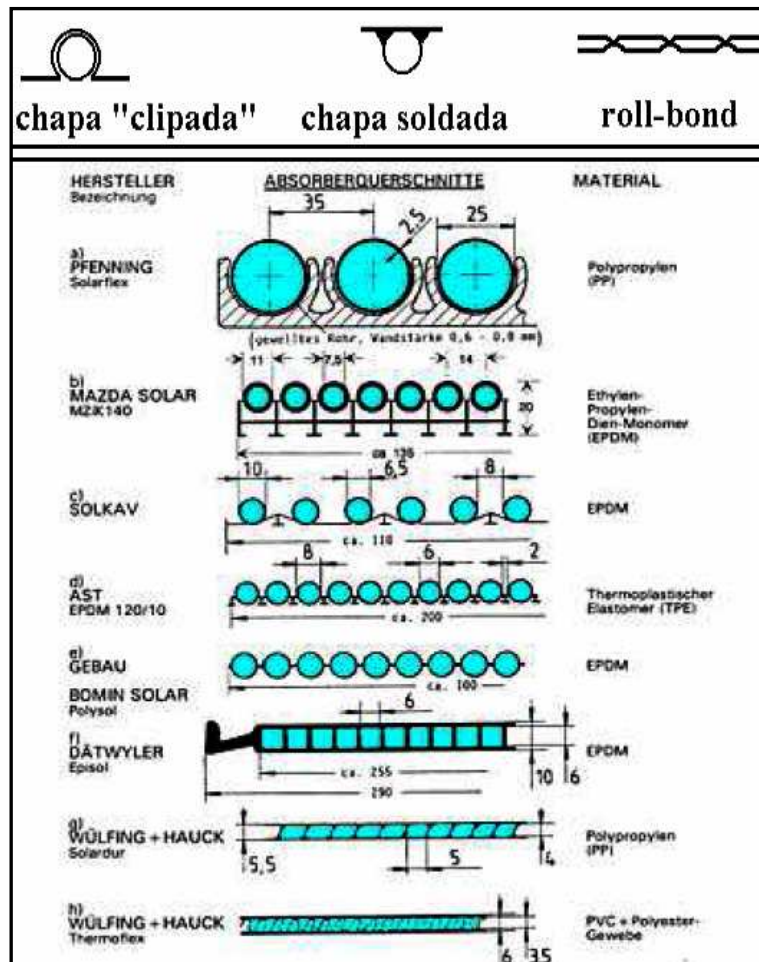


Figura 12 – Exemplos de Absorsores ([10])

Há diversos tipos de colectores solares térmicos, dos quais podemos destacar: o coletor plano, o coletor concentrador, o coletor CPC (concentrador parabólico composto) e o coletor de tubos de vácuo.

O principal critério de selecção dos colectores deve ter em consideração a gama de temperaturas pretendidas para o projecto. Consoante a gama de temperaturas, existem colectores mais apropriados a cada uma delas. Na figura 13 podem-se ver as gamas de temperaturas e os respectivos colectores.

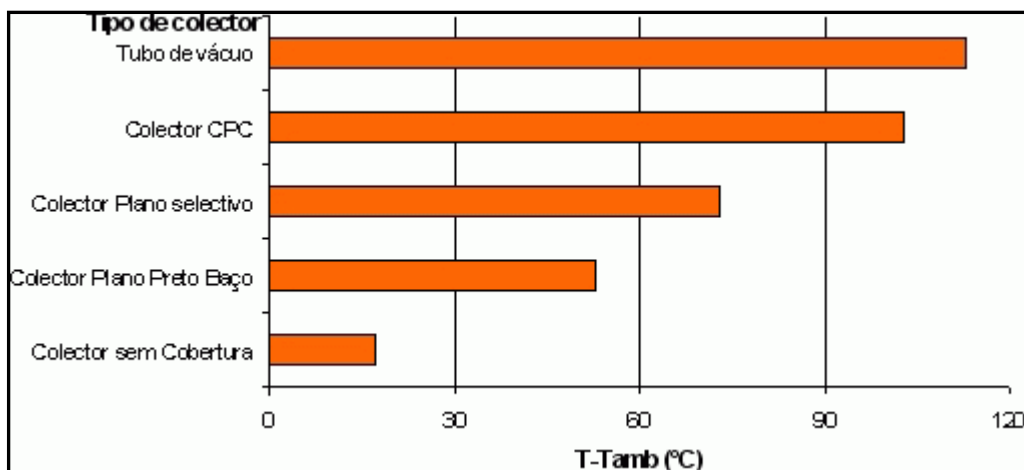


Figura 13 – Gama de temperaturas e respectivos colectores (<http://www.raplus.pt/termico.htm>)

Colector Plano

Este tipo de colector é o mais comum e destina-se à produção de água quente a temperaturas inferiores a 70°C.

De acordo com o ilustrado na figura 14 a radiação solar atinge a superfície do vidro do colector (1). Parte desta radiação é reflectida pelo vidro para o exterior (ρ) e a outra parte é absorvida pelo vidro (α), sendo que a maior parcela é transmitida para o interior do colector (τ). No interior do colector solar cria-se um efeito de estufa quando a radiação atinge o absorvedor. Este aquece e passa a emitir uma radiação num comprimento de onda maior, para o qual o vidro é opaco, ficando retida no interior.

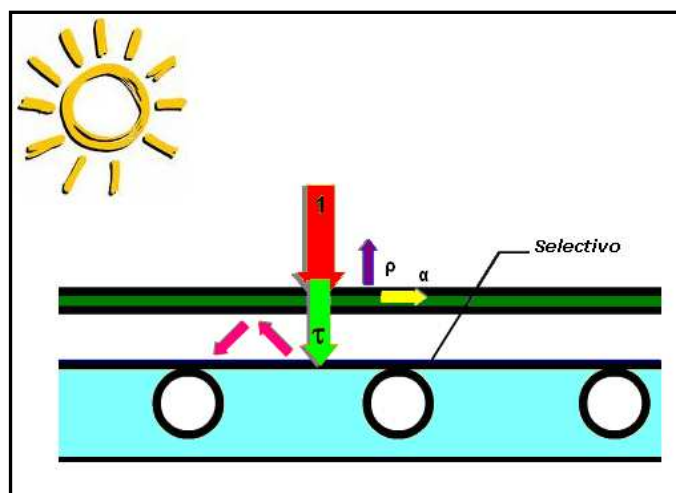


Figura 14 – Esquema de um colector solar plano (adaptado de Verde Solar)

Colector Concentrador

Para atingir temperaturas mais elevadas há que diminuir as perdas térmicas do receptor. Estas perdas são proporcionais à superfície do colector. Reduzindo-a relativamente à superfície de captação, consegue-se reduzir as perdas térmicas na proporção dessa redução. Os sistemas que são gerados desta forma designam-se de concentradores, pois a concentração é a relação entre o receptor e absorvedor. Quanto maior é a concentração mais pequeno é o ângulo com a normal aos colectores segundo o qual têm que incidir os raios solares de forma a serem captados. Desta forma, o colector tem de estar sempre perpendicular aos raios solares, seguindo o Sol no seu movimento.

Colector CPC (Concentrador Parabólico Composto)

Neste tipo de colectores também se dá o fenómeno de efeito de estufa. Contudo, existe uma diferença notória no absorvedor que neste caso tem uma área menor e em alguns casos em forma de \wedge . O espelho reflector tem uma geometria parabólica, que num determinado ângulo reflecte todos os raios incidentes concentrando-os no absorvedor. A figura 15 demonstra o que foi explicado anteriormente.

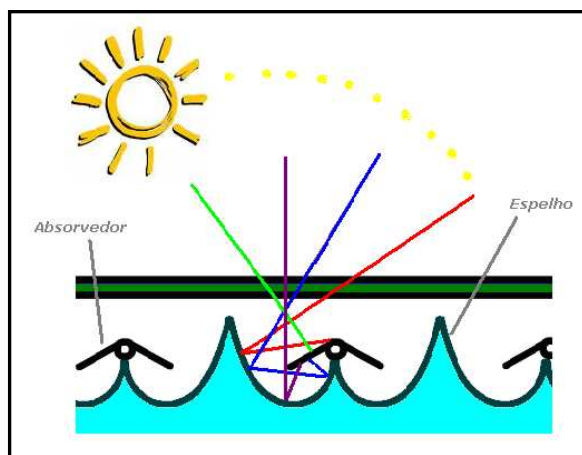


Figura 15 – Esquema de um colector CPC (adaptado de Verde Solar)

Colector de Tubos de Vácuo

Este tipo de colectores consiste, geralmente, em tubos de vidro transparente, que contêm no seu interior tubos metálicos designados de absorvedores, figura 16. A atmosfera interior desses tubos é livre de ar, o que elimina as perdas por convecção.

Desta forma, beneficia-se o rendimento a altas temperaturas. Tentando eliminar ao máximo as perdas por convecção e condução devido ao vácuo. Em certos casos, o vácuo pode ser substituído por gases nobres.

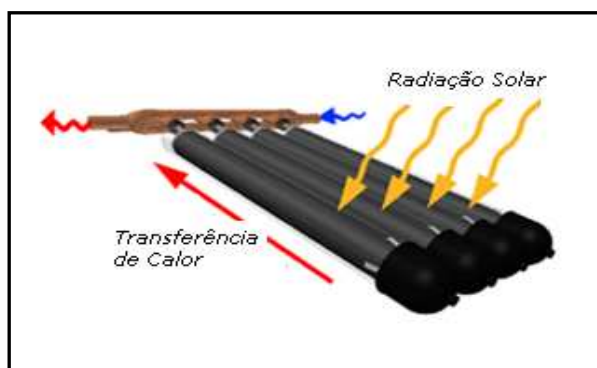


Figura 16 – Exemplos de colectores tubos de vácuo (adaptado de Verde Solar)

As principais vantagens e desvantagens dos colectores anteriormente referidos encontram-se referidas na tabela 2.

Tabela 2 – Vantagens e Desvantagens dos Colectores Solares

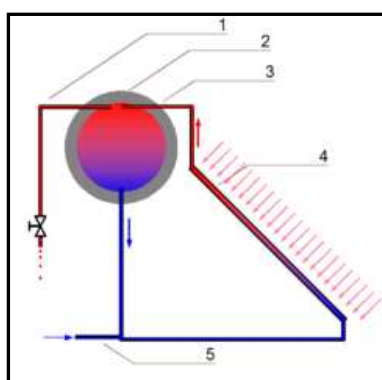
	Vantagens	Desvantagens
Colector Plano	<ul style="list-style-type: none"> - É o mais económico - Colector de montagem fácil - Boa relação preço/rendimento 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor eficiência que os colectores CPC ou Vácuo - Atinge elevadas temperaturas - Exige mais área de ocupação que os restantes tipos de colectores
Colector Concentrador	<ul style="list-style-type: none"> - Atingem temperaturas mais elevadas 	<ul style="list-style-type: none"> - Colector tem de estar sempre perpendicular aos raios solares para uma melhor captação do Sol
Colector CPC	<ul style="list-style-type: none"> - Grande rendimento mesmo com diferenças de temperaturas elevadas - Boa eficiência mesmo com baixa radiação - Funciona com elevadas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> - Custo elevado em comparação com o colector plano

<p>Colector Tubos de Vácuo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Elevadas temperaturas de funcionamento - Reduzidas perdas térmicas - Grande flexibilidade de integração arquitectónica 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada temperatura de estagnação - Investimento inicial elevado
---------------------------------------	--	---

Tipos de Circulação

No que se refere aos tipos de circulação deve dar-se especial atenção ao sistema de termossifão e de circulação forçada.

O tipo de circulação mais utilizado é o sistema de termossifão ilustrado na figura 17. Nesses sistemas, a circulação do fluido solar, que corresponde ao circuito primário, é realizada através do diferencial de densidades. A radiação solar incide sobre a cobertura de vidro que está na parte superior do colector solar, entrando no interior do mesmo. O calor é transferido para o fluido que circula pela tubagem e que se torna menos denso, desta forma sobe do colector para o depósito. A permuta é feita para a água de consumo, o fluido térmico arrefece e desce para o colector, fechando assim o ciclo. Este tipo de circulação funciona sem o auxílio de uma bomba para executar a circulação do fluido térmico. Por isso, se torna um sistema com custos mais baixos.



1. Válvula
2. Depósito Hidráulico
3. Entrada de Água Quente
4. Colector Solar
5. Entrada de Água Fria

Figura 17 – Esquema circulação tipo termossifão (Catálogo Sonnenkraft)

Na circulação forçada (figura 18) a radiação solar incide sobre a cobertura de vidro do colector, penetrando no interior do mesmo. O calor é transferido para o fluido que circula pela tubagem. O fluido quente, que circula num circuito fechado, transfere calor através da serpentina do depósito para a água de consumo. A circulação do fluido é gerida pelo controlador diferencial e pelo grupo de circulação em função das

temperaturas, que vão sendo registadas. Como desvantagem deste tipo de circulação, é o facto de ser necessário o recurso à energia eléctrica implicando custos mais elevados.

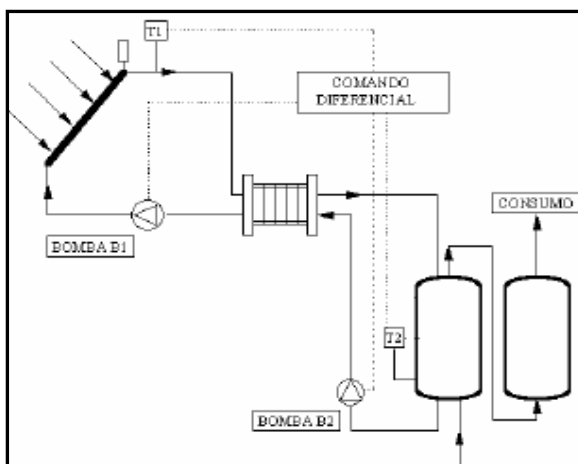


Figura 18 – Esquema circulação forçada (Catálogo Sonnenkraft)

2.2. Sistemas Solares Térmicos Pré-Fabricados

Segundo as normas EN 12976-1 e EN 12976-2 há uma distinção entre as duas classes de instalações solares para aquecimento: instalações solares de aquecimento “pré-fabricadas” e instalações solares de aquecimento “por medida” – tabela 3. A nomenclatura de cada tipo de instalação é da opção do fornecedor final, tendo em consideração algumas premissas que se apresentam em seguida. ^[15, 16]

As instalações solares de aquecimento pré-fabricadas são produzidas em série, têm designação comercial “kits” completos, estão prontas a instalar e as suas configurações são fixas. Para a avaliação deste tipo de instalação considera-se um todo (os diversos elementos constituintes do “kit”). Caso uma instalação deste tipo seja alterada é considerada uma nova instalação e requer novo relatório de ensaio. Os ensaios a que estas instalações estão sujeitas são diversos, entre eles podem destacar-se ensaios de resistência ao congelamento; protecção contra sobreaquecimento; resistência à pressão; contaminação da água e protecção contra raios.

As instalações solares de aquecimento por medida são construídas segundo especificações únicas. Este tipo de instalações são consideradas como um conjunto de componentes, e esses mesmos componentes são testados separadamente e os

resultados dos ensaios são integrados para que se possa realizar uma avaliação da instalação completa. ^[15]

Tabela 3 – Classificação das Instalações Solares de Aquecimento Pré-fabricadas e por Medida (NP EN 12976-1 de 2007)

Instalações solares de aquecimento pré-fabricadas (EN 12976-1, -2) ^[15,16]	Instalações solares de aquecimento por medida (ENV 12977-1, -2, -3) ^[17, 18, 19]
Instalações monobloco com depósito integrado para aquecimento de água para fins sanitários	Instalações de circulação forçada para aquecimento de água e/ou aquecimento ambiente, montadas usando componentes e configurações descritos num catálogo (na maioria pequenas instalações)
Instalações monobloco com depósito separado e circulação natural (termossifão) para aquecimento de água para fins sanitários	Instalações únicas, projectadas e montadas para aquecimento de água e/ou aquecimento do ambiente (na maioria grandes instalações)
Instalações com circulação forçada produzidas em série, de configuração fixa, para aquecimento de água para fins sanitários	

Os sistemas solares térmicos do tipo pré-fabricado (“*Factory Made Systems*”) estão assim definidos, conforme já foi referido, na norma EN 12976-2:2006. ^[16] Estes sistemas podem ser ensaiados para determinação do comportamento térmico, usando duas metodologias de ensaio diferentes. Estas metodologias estão descritas nas normas ISO 9459-2:1995 (ensaio CSTG – *Dynamic System Testing Group*) e ISO 9459-5:2007 (ensaio DST – *Dynamic System Testing*).

A metodologia CSTG está mais vocacionada para os países do Sul da Europa. Esta metodologia de ensaio não assume um modelo físico e matemático, apenas compara a irradiação incidente no colector com a energia armazenada no depósito no fim do dia. Nesta metodologia de ensaio tem-se como base um modelo “*input-output*”.

A metodologia DST enquadra-se mais facilmente no clima do Norte da Europa. Este método assume um modelo físico e matemático. Determina parâmetros característicos dos modelos que melhor reproduzem as sequências experimentais de ensaio. ^[20]

2.3. Metodologias de Ensaio

Para a determinação do desempenho térmico e para certificação da durabilidade e fiabilidade dos sistemas solares, é necessário realizar ensaios que estejam de acordo com as normas e padrões internacionais.

Para se garantir que os resultados possam ser comparáveis e representativos, os ensaios são realizados de acordo com procedimentos previamente estabelecidos. Estes procedimentos de ensaio estão especificados em Normas como a EN 12976 e a ISO 9459 para sistemas solares térmicos.

Para a realização destes ensaios, é necessário que existam laboratórios acreditados para tal. Os tipos de ensaios que são realizados passam por duas metodologias distintas: a metodologia de ensaio DST e a metodologia CSTG.

A necessidade de se fazer o tratamento de dados recorrendo a duas metodologias diferentes surge devido ao tipo de ensaio que foi realizado. O tipo de ensaio pode depender da opção do fabricante ou do tipo de sistema (sistema com apoio → ensaio DST). Também há a necessidade de se fazer a extrapolação de dados. Esta surge quando um sistema foi ensaiado pela metodologia DST e se pretende fazer uma análise do sistema no SolTerm. O SolTerm apenas aceita a introdução de parâmetros que sejam determinados pela metodologia CSTG.

Para a realização desta extrapolação de dados é necessário determinar os parâmetros de caracterização dos diferentes tipos de sistemas, estando de acordo com a metodologia de ensaio descrita na norma ISO 9459-2:1995, para que possam ser introduzidos na matriz de dados do programa SolTerm. Há ainda que ter em consideração, que somente os sistemas certificados podem ser introduzidos nessa base de dados.

2.3.1. Metodologia de ensaio CSTG – Norma ISO 9459-2

A metodologia de ensaio CSTG tem como objectivo determinar o comportamento térmico de um sistema solar, executando diversos ensaios diários para diferentes condições climáticas e de funcionamento.

Para o cálculo do comportamento térmico a longo prazo, e para esta metodologia é usado um programa de cálculo de código fechado que está enumerado

no Anexo B.4 da Norma 9459-2. Para se fazer a simulação é preciso usar alguns parâmetros tais como: volume do depósito, radiação, temperatura da água da rede, temperatura ambiente, temperatura de consumo e os parâmetros característicos do sistema a_0 , a_T e a_H .

No decurso dos ensaios podem realizar-se extracções de água, ou fazer-se a circulação da água no depósito, tudo dependente do tipo de ensaio que se vai fazer. Os ensaios que são abrangidos pelo método CSTG são:

- **Ensaio “input-output”**: este ensaio realiza-se diariamente com os colectores destapados. Às 6h e 18h solares realizam-se grandes extracções ao depósito. A quantidade de água que se extrai é três vezes o volume do depósito do sistema a ensaiar. Em cada dia de ensaio é determinada a energia, que se consegue extrair ao sistema, Q , em função da radiação solar recebida por este, H , dando origem a um diagrama semelhante ao que se mostra na figura 19.

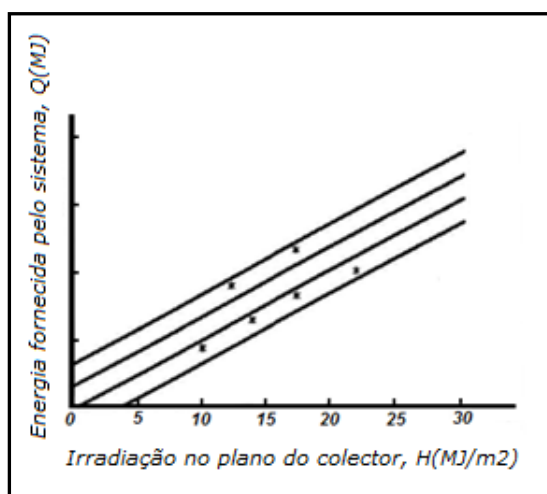


Figura 19 – Diagrama “Input-Output” ([21])

Neste diagrama pode-se observar a sujeição do comportamento do sistema em função da variação da temperatura ambiente e da temperatura da água que está no depósito. A recta característica do diagrama “Input-Output” de cada sistema é do tipo da equação 1 abaixo transcrita (pág.26).

- **Ensaio de perdas do depósito**: o ensaio é realizado garantindo que a água no depósito se encontra, no início, a uma temperatura superior a 60°C. É realizada uma circulação de água no depósito, para assim se poder determinar a temperatura inicial do mesmo. Para tal, o sistema deve arrefecer durante o período das 18h às 6h solares para posteriormente se medir a temperatura ambiente. No fim deste período

faz-se uma nova circulação para se determinar a temperatura final do depósito. Perante estes dados, pode calcular-se o coeficiente de perdas no depósito.

- **Determinação do grau de mistura:** a água no depósito é misturada de forma a atingir uma temperatura homogénea em todo o depósito. Faz-se a circulação da água do depósito. Terminada esta circulação de água procede-se à extracção de três vezes o volume do depósito.

Através da norma ISO 9459-2 (metodologia de ensaio CSTG), um sistema solar térmico pode caracterizar-se por: ^[21]

1. *Equação:*

$$Q = a_H H + a_T (T_{\text{ambiente}} - T_{\text{rede}}) + a_O \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde,

Q – energia produzida pelo sistema [J]

a_H , a_T , a_O - coeficientes que se tem de determinar, característicos de cada sistema

H – radiação incidente sobre o colector [J/m^2]

T_{ambiente} – temperatura ambiente [$^{\circ}\text{C}$]

T_{rede} – temperatura da água da rede [$^{\circ}\text{C}$]

Os parâmetros da equação são obtidos em laboratório. Para tal, no sistema solar realizam-se extracções de três vezes o volume do depósito, seis horas antes e depois do meio-dia solar, ou seja, às 6h e às 18h.

2. *Coeficiente Global de Perdas do Depósito, $U_{\text{depósito}}$ ($\text{W}/^{\circ}\text{C}$)*

$$U_{\text{depósito}} = 4186 \times \frac{\rho V_{\text{dep}}}{\Delta t} \times \ln \left(\frac{t_i - t_{a,\text{dep}(\text{med})}}{t_f - t_{a,\text{dep}(\text{med})}} \right) \quad (\text{Eq. 2})$$

U → coeficiente de perdas do depósito ($\text{W}/^{\circ}\text{C}$);

ρ → massa específica da água (kg/m^3);

V_{dep} → volume do depósito (l);

Δt → intervalo de tempo (s);

t_i → temperatura inicial da água ($^{\circ}\text{C}$);

t_f → temperatura final da água ($^{\circ}\text{C}$);

$t_{a,\text{dep}(\text{med})}$ → temperatura média do local onde está o depósito ($^{\circ}\text{C}$).

Para se calcular o coeficiente global de perdas o depósito deve estar a uma temperatura elevada (superior a 60°C) e é deixado arrefecer durante um período de 12 horas ou mais (Δt), durante o qual se mede a temperatura ambiente ($t_{a, \text{dep (med)}}$). A diminuição de temperatura no depósito, avaliada no início (t_i) e no final (t_f) do ensaio, permite a determinação do coeficiente global de perdas. Desta forma, a equação 2 explícita o modo de cálculo do coeficiente global de perdas do depósito.

3. Perfis de Extracção

- i. F(V) níveis de radiação elevada ($H > 16 \text{ MJ/m}^2$)
- ii. F(V) níveis de radiação baixos ($H < 16 \text{ MJ/m}^2$)
- iii. G(V) mistura da água do depósito (temperatura constante)

Estes perfis de extracção são escolhidos dos dias de ensaios que contribuem para a construção de um diagrama (diagrama “*Input-Output*” / entrada-saída) e de um dia específico de ensaio em que é assegurado, antes da extracção de energia que a temperatura do depósito solar é homogeneizada. Os perfis de extracção são considerados todos iguais e determinam-se com base num perfil de extracção típico de sistemas do tipo termossifão.

2.3.2. Metodologia de ensaio DST – Norma ISO 9459-5

Esta metodologia de ensaio tem como objectivo determinar o comportamento térmico de um sistema solar, para diversas condições de funcionamento.

Neste método, DST, o sistema é descrito por um modelo que se caracteriza com diversos parâmetros, tais como:

- Área efectiva do colector – A_c^* [m^2]
- Coeficiente de perdas efectivo do colector – u_c^* [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]
- Coeficiente de perdas global do depósito – U_s [WK^{-1}]
- Capacidade térmica total do depósito – C_s [MJK^{-1}]
- Constante de mistura – D_L [opcional]
- Estratificação do depósito – S_C [opcional]

Os parâmetros referidos anteriormente são determinados por ajuste entre a potência fornecida pelo sistema, medida e calculada. Também é possível determinar a energia média mensal e anual fornecida pelo sistema solar.

Para a determinação dos parâmetros característicos do método DST e para o cálculo da energia média mensal e anual fornecida pelo sistema solar térmico, é usado um programa de cálculo comercializado pela *InSitu Scientific Software* ^[22] cujo código é fechado. Logo não é possível reproduzir este código no programa SolTerm. É através desse programa de cálculo que se conseguem realizar os ensaios, descritos em seguida, que servem de base à obtenção dos parâmetros característicos do método DST.

✓ **S-sol** – este ensaio contém dois tipos de testes distintos, o teste A e o teste B. Aqui, há um número de dias seguidos com perfis de extracção já definidos. As extracções têm em consideração a relação existente entre o volume do depósito e a área do colector, para assim garantir bons perfis de extracção que sejam proporcionais às dimensões dos sistemas analisados. Para que os ensaios sejam válidos é preciso garantir um valor mínimo de radiação solar incidente – 12 MJ/m² e que se verifiquem os pressupostos dos testes A e B que estão enunciados de seguida.

O ensaio **tipo A** é constituído por uma sequência de pelo menos três dias válidos (o ensaio é válido quando a radiação total diária no plano do colector, H, for no mínimo de 12 MJ/m²). São realizadas duas grandes extracções de três vezes o volume do depósito, no início da manhã do primeiro dia e no final da tarde do último dia, e pequenas extracções todos os dias do ensaio.

O perfil de extracções para o teste A está apresentado na tabela 4 assim como os volumes de extracção que se encontram na tabela 5.

Tabela 4 – Extracções no Ensaio A (Norma ISO 9459-5)

Número de Consumo	Tempo de Início
1	t_0
2	$t_0 + 2h + 5 \text{ min}$
3	$t_0 + 4h + 5 \text{ min}$
4	$t_0 + 5h + 5 \text{ min}$
5	$t_0 + 6h + 5 \text{ min}$
6	$t_0 + 8h + 5 \text{ min}$
7	$t_0 + 11h + 5 \text{ min}$

Tabela 5 – Volume de Extração Ensaio A (Norma ISO 9459-5)

Dimensão do Sistema	Volume de Consumo
$100 \text{ l m}^{-2} \leq V_S/A_C \leq 200 \text{ l m}^{-2}$	$0,2 V_S \pm 10 \%$
$60 \text{ l m}^{-2} \leq V_S/A_C \leq 100 \text{ l m}^{-2}$	$0,25 V_S \pm 10 \%$
$40 \text{ l m}^{-2} \leq V_S/A_C \leq 60 \text{ l m}^{-2}$	$0,33 V_S \pm 10 \%$
$20 \text{ l m}^{-2} \leq V_S/A_C \leq 40 \text{ l m}^{-2}$	$0,5 V_S \pm 10 \%$

No caso de relações (V_S/A_C) compreendidas entre 10 l/m^2 e 20 l/m^2 , o número de extracções passam para 12 de $1,0 V_S \pm 10 \%$, começando a primeira extracção entre as 6.00h e as 7.00h com intervalos entre elas de $1 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$. Tem ainda de se considerar que o valor t_0 , ou seja, hora do início do ensaio tem de estar compreendido entre as 6.30h e as 8.00h, horas solares.

O ensaio **tipo B** é constituído por uma sequência no mínimo de três dias válidos. As extracções que se realizam são idênticas às do ensaio do tipo A. Este teste tem como função aferir o colector solar a altas temperaturas de maneira a ter rendimentos reduzidos. Para se conseguir tal objectivo, a Norma remete para as tabelas 6 e 7 sendo respectivamente o perfil de extracção e a temperatura de saída.

Tabela 6 – Extracções no Ensaio B (Norma ISO 9459-5)

Número de Consumo	Tempo de Início
1	t_0
2	$t_0 + 2 \text{ h} + 5 \text{ min}$
3	$t_0 + 4 \text{ h} + 5 \text{ min}$
4	$t_0 + 6 \text{ h} + 5 \text{ min}$
5	$t_0 + 8 \text{ h} + 5 \text{ min}$

Tabela 7 – Temperatura de Saída Ensaio B (Norma ISO 9459-5)

Dimensão do Sistema	Temperatura
$100 \text{ l m}^{-2} \leq V_S/A_C \leq 200 \text{ l m}^{-2}$	$70 \text{ }^\circ\text{C}$
$60 \text{ l m}^{-2} \leq V_S/A_C \leq 100 \text{ l m}^{-2}$	$60 \text{ }^\circ\text{C}$
$40 \text{ l m}^{-2} \leq V_S/A_C \leq 60 \text{ l m}^{-2}$	$50 \text{ }^\circ\text{C}$
$20 \text{ l m}^{-2} \leq V_S/A_C \leq 40 \text{ l m}^{-2}$	$40 \text{ }^\circ\text{C}$

Para relações (V_g/A_c) compreendidas entre 10 l/m² e 20 l/m², o número de extracções sobe para 12, sendo que a primeira começa entre as 6.00h e 7.00h com intervalos de 1h ± 5 min e com volume nunca inferior a 5 litros desde que a temperatura não seja inferior a 40°C. Caso as temperaturas da tabela 7 não sejam alcançadas, o ensaio continua até que se encontrem dois dias seguidos com radiação superior a 15 MJ/m².

No ensaio de **perdas do depósito** realiza-se uma sequência de ensaio de quatro dias e o sistema faz as extracções diárias, correspondentes à sequência do tipo B, pelo menos durante dois dias, onde se realiza uma grande extracção no início do primeiro dia. Seguidamente aos dois dias de ensaio, os colectores são tapados e não se fazem mais extracções durante o resto dos dias. No final da tarde do último dia de ensaio faz-se uma grande extracção (três vezes o volume do depósito).

✓ **S-store** – este ensaio tem como objectivo estabelecer o coeficiente de perdas do depósito de acumulação. Para tal, são indispensáveis dois dias de ensaio tipo B, seguido de um período de arrefecimento entre 36h a 48h, com início a partir da última extracção do ensaio do tipo B, então realizada.

✓ **S-aux** – este ensaio, quando aplicável, é determinado servindo-se do apoio auxiliar do sistema solar quando este está sujeito a dias de baixa radiação solar.

[23]

Existem, pelo menos, quatro premissas que se têm de verificar para que, dessa forma, se possa considerar válido o ensaio DST [23].

Essas premissas são:

- Pelo menos três dias válidos nas condições de ensaio do tipo A e tipo B;
- Dos dias válidos do ensaio do tipo B, pelo menos dois dias têm de ser consecutivos;
- Dentro de cada sequência, o número de dias válidos do ensaio do tipo A deve ser no mínimo 1/3 dos dias totais do ensaio do tipo A e o mesmo para o ensaio do tipo B;
- O número de dias válidos de ensaio do tipo A, se for superior a quatro, não deve ser maior do que o número total de dias válidos do ensaio do tipo B, e não deve ser menor do que o número de dias válidos de ensaio do tipo B menos dois.

O software DST tem duas funções principais e distintas: a identificação dos parâmetros que caracterizam o sistema e a utilização desses parâmetros para o cálculo do comportamento térmico a longo prazo.

Este software não faz distinção entre os sistemas, trata-os todos de igual forma, considerando-os como sendo uma caixa fechada, figura 20. [24] Somente interessam os dados recolhidos em laboratório – temperatura ambiente do depósito e colector, potência auxiliar, irradiância no plano do colector, temperatura da água à entrada e saída do depósito e potência extraída (sequências *S-sol*, *S-store* e *S-aux*) – que são usados para definir o sistema; os dados climatológicos para a definição das condições exteriores da radiação e temperatura e os perfis de extracção pretendidos. Todos estes dados são importantes e necessários para que o programa faça a simulação a longo prazo e desta forma seja possível prever qual a energia que se obtém para um determinado sistema e determinado clima.

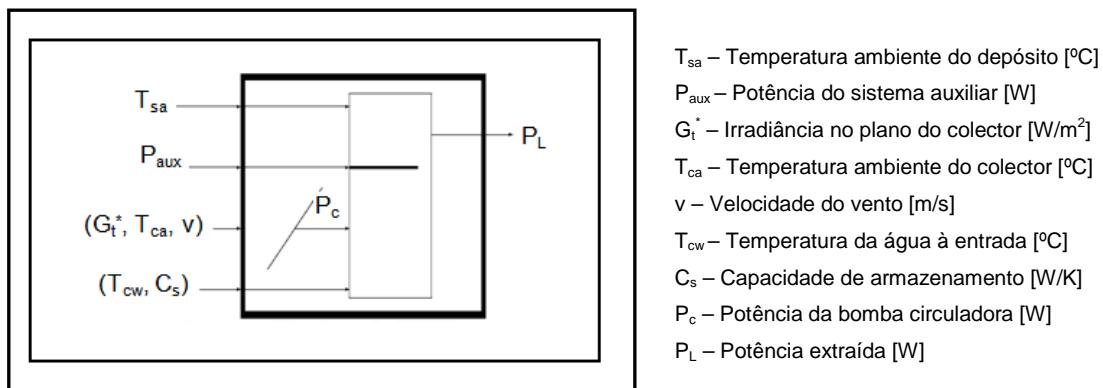


Figura 20 – Sistema como caixa fechada ([24])

Capítulo 3

*- SolTerm – Ferramenta de Cálculo de
Comportamento Térmico a Longo Prazo –*

3.1. Cálculo de comportamento térmico a longo prazo

O SolTerm é um programa de análise de desempenho e pré-dimensionamento de sistemas solares, sobretudo vocacionado para o clima de Portugal. Este programa tem sido desenvolvido pelo ex-INETI, actual LNEG há uns anos a esta parte. O programa já conta com diversas versões, sendo a versão mais recente a 5.1.3. Ao longo dos tempos foi sofrendo algumas alterações que passam pela introdução de novas capacidades, tais como sistemas solares fotovoltaicos e térmicos “*tipo kit*”, novas arquitecturas de programação, assim como mais características que sejam compatíveis com o Sistema de Certificação de Edifícios (SCE).

O SolTerm é usado para o cálculo de sistemas de incentivos governamentais à energia solar térmica, e é indicado como o padrão de referência oficial para a contabilização da contribuição de sistemas de energias renováveis para o balanço energético de edifícios.

Através do SolTerm consegue-se dar apoio e sustentar estudos de viabilidade da utilização da energia solar, optimização de componentes e sistemas, análise e elaboração de cadernos de encargos para obras.

A análise de desempenho de um sistema solar é realizada através de uma simulação energética onde são contabilizados os balanços de energia em intervalos de tempo de 10 minutos de duração onde se consideram constantes o estado do ambiente e do sistema.

Para a realização destes cálculos de desempenho, o programa usa dados tais como:

- Configuração / dimensionamento do sistema;
- Estratégias de controlo e operação;
- Radiação solar horizontal e temperatura ambiente;
- Obstruções e sombreamentos;
- Consumos médios diários;
- Características técnicas dos elementos.

No software SolTerm, figura 21, podem ser analisados e estudados sistemas do tipo termossifão ou do tipo circulação forçada. Nos sistemas do tipo termossifão, no software são introduzidos somente os parâmetros correspondentes ao sistema, enquanto nos sistemas de circulação forçada (com ou sem depósito) são introduzidos os parâmetros do colectador e do depósito.

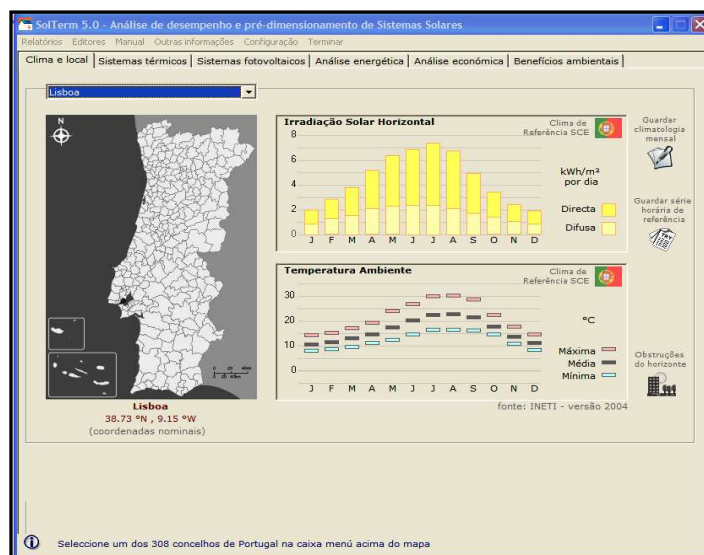


Figura 21 – Painel do software SolTerm (SolTerm)

3.2. Cálculo de comportamento térmico de sistemas do tipo pré-fabricado

Para o cálculo do comportamento térmico de sistemas do tipo pré-fabricado, tem-se em consideração o que está descrito nas Normas EN 12976-2 e ISO 9459-2 ou ISO 9459-5.

Para se determinarem os parâmetros característicos da metodologia de ensaio DST utiliza-se um programa de cálculo de código fechado da *InSitu*, o que impossibilita a sua reprodução no SolTerm. Já no que diz respeito à metodologia de ensaio CSTG, o seu algoritmo está descrito na Norma ISO 9459-2:1995, o que possibilitou a sua reprodução no software SolTerm.

Para que se possam introduzir no SolTerm os dados dos sistemas ensaiados segundo a metodologia DST, é necessário estabelecer um método que determine os parâmetros característicos do sistema segundo a metodologia CSTG a partir dos parâmetros característicos da metodologia DST.

Através dos parâmetros característicos de um sistema solar, obtidos na metodologia de ensaio DST, ou seja, A_c^* , u_c^* , U_s , C_s , D_L , Sc e o software de cálculo DST (*InSitu*) pretende-se simular o comportamento térmico do sistema solar quando é ensaiado de acordo com o método de ensaio da Norma ISO 9459-2. Para tal, deve ter-se em consideração os requisitos do ensaio CSTG, extracção de três vezes o volume do depósito 6h antes e depois do meio-dia solar. [25] Tal como já foi referido anteriormente, os dados adquiridos possibilitam a determinação, por ajuste, do método

dos mínimos quadrados, dos parâmetros a_H , a_T e a_0 da equação 1 (pág.26). O coeficiente de perdas global do depósito é o parâmetro U_S que se obtém na metodologia de ensaio DST.

Os perfis de extracção são considerados todos iguais, pois tratam-se de sistemas do tipo termossifão, e determinam-se com base num perfil de extracção característico, tal como ilustrado na figura 22.

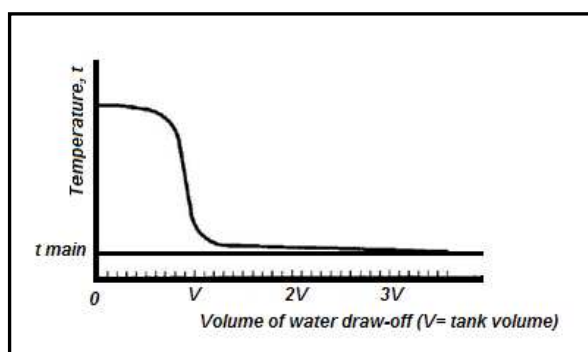


Figura 22 – Perfil de Extracção ([21])

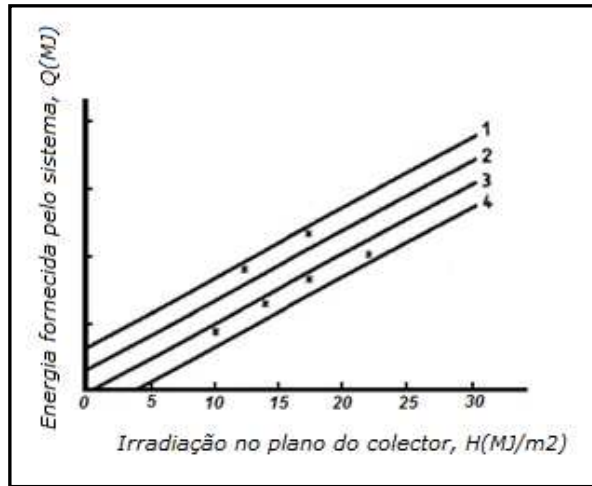
Parâmetros da Equação Característica (metodologia CSTG)

A determinação dos parâmetros característicos do sistema, passa pela utilização do software DST do *InSitu*, mas utilizando os requisitos da metodologia de ensaio CSTG. Os sistemas foram ensaiados segundo uma metodologia de cálculo e existe um relatório no qual estão os dados obtidos através da metodologia DST que vão ser usados para a simulação da metodologia CSTG. É carregado um ficheiro de dados característicos do sistema (ficheiro *.dfr*), uma localidade e um ficheiro com os valores da sequência de extracção (realiza-se uma extracção 6h antes do meio-dia solar para que as temperaturas sejam homogéneas e uma extracção 6h após a hora de referência, para medir a quantidade de energia que foi armazenada nesse mesmo dia).

O software DST cria um ficheiro detalhado, que apresenta uma previsão do comportamento térmico do sistema para cada dia do ano. Os valores mais relevantes são:

- A potência média diária fornecida pelo sistema (que multiplicada pelas 24h do dia e pelos 3600s de cada hora, fornece a energia em Joules extraída do sistema).
- Irradiância no plano do colector (repetição dos cálculos para se obter a energia incidente).

- Diferença entre a média da temperatura ambiente do dia com a da água da rede (que permite traçar as rectas características do sistema para as diferenças de -10K, 0K, 10K e 20K como está ilustrado na figura 23).



- 1 $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 20\text{K}$
- 2 $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 10\text{K}$
- 3 $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = 0\text{K}$
- 4 $t_{a(\text{day})} - t_{\text{main}} = -10\text{K}$

Figura 23 – Rectas características do sistema ([21])

Com os valores das temperaturas acima indicados, consegue-se construir um gráfico que representa uma aproximação às rectas características do sistema, conforme se mostra na figura 24.

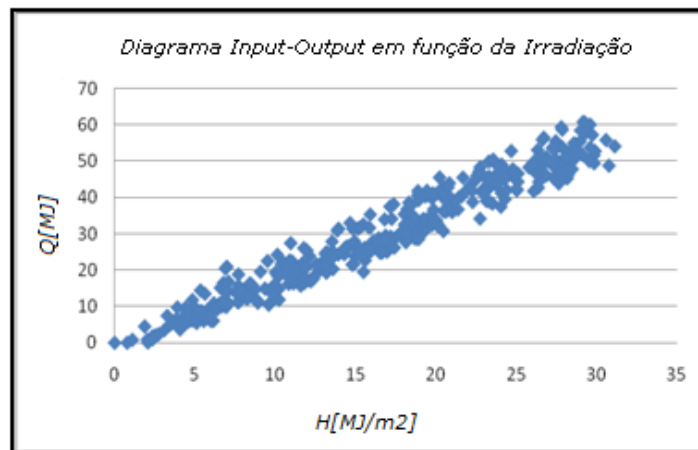


Figura 24 – Diagrama "Input-Output"

Este diagrama representa a dependência do comportamento do sistema em função da irradiação incidente no colector e permite também deduzir a dependência da energia acumulada diariamente pelo sistema na diferença das temperaturas – temperatura ambiente média diária e temperatura da água do depósito. É desta forma que se consegue obter o diagrama "Input-Output" característico de cada tipo de sistema.

Tendo em consideração os coeficientes característicos de cada sistema solar térmico, é possível calcular a energia média anual fornecida por cada sistema para as localidades referenciadas na norma EN 12976-2:2006, utilizando a metodologia de cálculo CSTG. De acordo com as condições referenciadas no Anexo B da norma mencionada anteriormente, o cálculo realiza-se para as condições que se mencionam em seguida: orientação Sul; inclinação do colector 45°; localidades: Estocolmo, Wuerzburg, Davos e Atenas; temperatura de consumo 45°C; volume de consumo de água diário 50, 80, 110, 140, 170, 200, 250 e 300 litros, consoante o volume do depósito em causa e caudal de extracção de 10l/min.

No decorrer deste trabalho foram estudados cinco diferentes sistemas com diferentes volumes do depósito e de diferentes fabricantes. Os nomes dos fabricantes e dos produtos não são referidos no texto devido às cláusulas de confidencialidade do LECS.

Na tabela 8 estão presentes alguns dos parâmetros característicos de um sistema solar térmico quando caracterizado de acordo com o método de ensaio CSTG. Por um lado mostra as configurações dos sistemas (volume do depósito, área de abertura do colector e coeficiente de perdas do depósito) e por outro os coeficientes característicos dos sistemas.

Tabela 8 – Características dos Sistemas Solares Térmicos

	Volume do Depósito [l]	Área de Abertura [m ²]	Coeficiente de Perdas Global do Depósito [W/K]	Coeficientes característicos do sistema		
				a _H [m ²]	a _T [MJ/°C]	a _o [MJ]
Sistema A	150	1,88	1,6	0,92	0,25	0,42
	200	1,88	1,56	0,96	0,24	0,39
	300	1,88	2,6	1,83	0,42	0,59
Sistema B	150	2,23	1,74	1,07	0,28	0,44
	200	2,23	2,62	1,17	0,31	0,49
	300	2,23	3,45	2,31	0,58	0,91
Sistema C	180	1,86	1,525	0,96	0,34	0,76
	300	1,86	3,17	1,91	0,53	0,93
Sistema D	200	1,77	3,44	0,80	0,37	0,94
	300	1,77	2,77	1,42	0,72	2,14
Sistema E	200	2,33	1,21	1,27	0,39	1,19
	320	1,82	1,13	1,97	0,49	1,63

O gráfico da figura 25 mostra os resultados do cálculo do comportamento térmico a longo prazo do sistema A (150 litros) quando ensaiado segundo a metodologia CSTG. O gráfico tem no eixo das abcissas os diferentes volumes de extracção (litros) para um volume do depósito de 150 litros e no eixo das ordenadas os valores de energia (MJ) obtidos através do cálculo de comportamento térmico a longo prazo.

Todos os exemplos que se apresentam nesta parte do trabalho dizem respeito ao Sistema A (150l), escolheu-se este sistema assim como se podia ter escolhido outro qualquer daqueles que foram estudados.

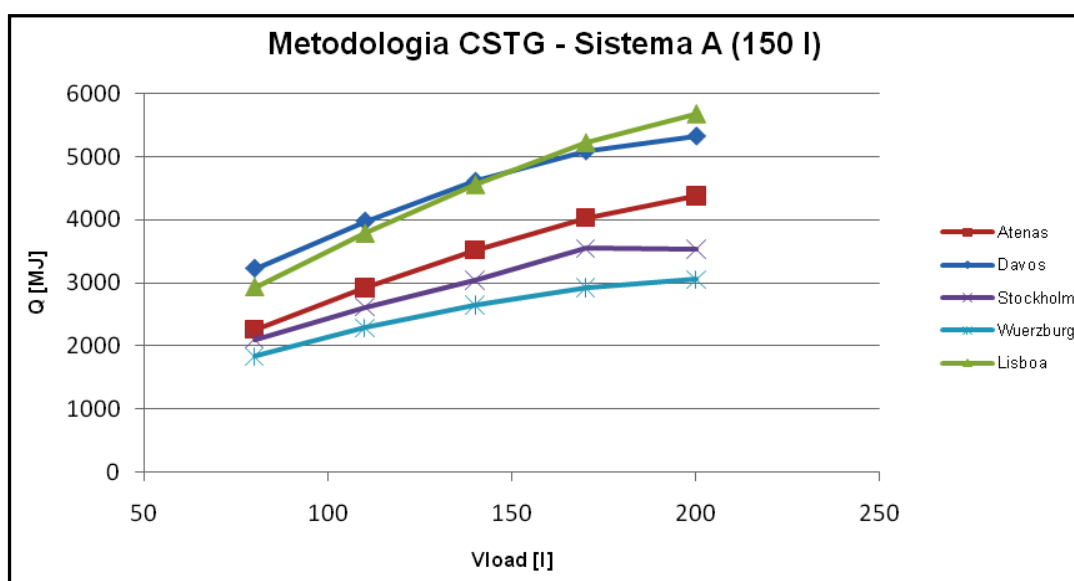


Figura 25 – Gráfico Metodologia CSTG para o Sistema A

Em primeiro lugar utiliza-se a metodologia CSTG para se conseguir obter uma boa aproximação aos valores do relatório de ensaio segundo a metodologia DST.

A figura 26 mostra o comportamento do mesmo sistema referido anteriormente (sistema A – 150 litros) quando este foi ensaiado segundo a metodologia DST.

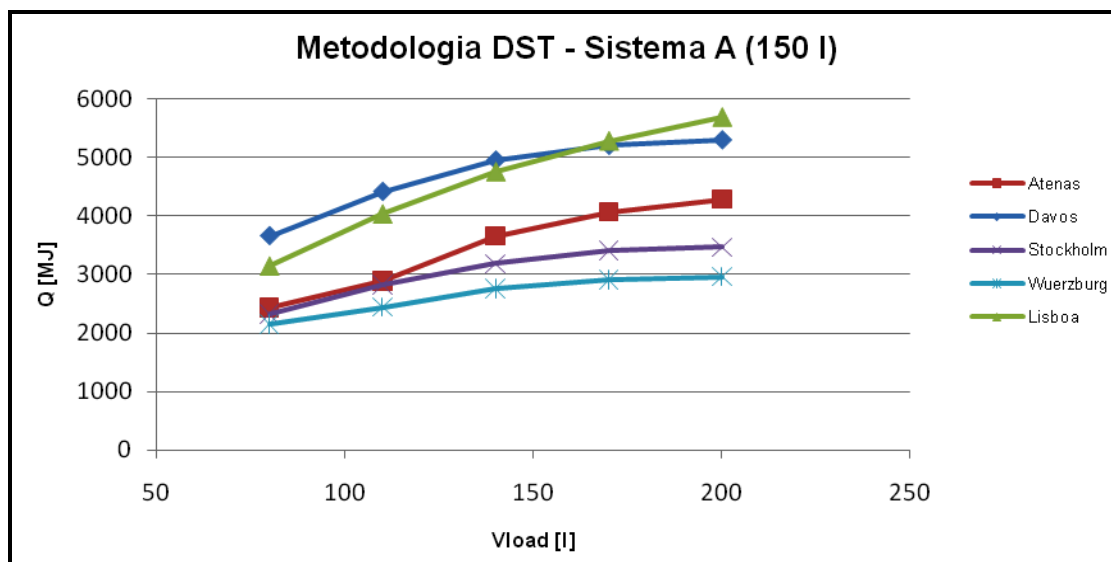


Figura 26 – Gráfico Metodologia DST para o Sistema A

A análise deste tipo de sistemas solares térmicos é feita tendo em consideração as cinco cidades que vêm referenciadas na Norma EN 9459-5 (Atenas, Davos, Estocolmo, Wuerzburg e Lisboa).

Em todos os sistemas ensaiados e dos dados obtidos não se verificaram grandes discrepâncias. Somente nas cidades de Wuerzburg e Estocolmo aparecem, pontualmente, maiores desvios relativamente aos valores do relatório. Desta forma, pode-se considerar válida a caracterização dos diferentes sistemas pela metodologia de cálculo CSTG. Estes desvios podem ser causados pela diversidade de radiação e temperatura da água da rede que aquelas cidades apresentam relativamente a outras. De facto, não se encontrou outra justificação plausível, uma vez que se repetiram os estudos para os diferentes sistemas em causa e se verificaram, com maior detalhe, todos os ficheiros climáticos, perfis de extração e parâmetros necessários para análise dos sistemas nos respectivos softwares.

Uma questão também importante é fazer a análise, para os diferentes sistemas, das duas metodologias de cálculo – CSTG e DST. Esta análise tem como objectivo garantir que todos os valores obtidos, através do cálculo de comportamento térmico a longo prazo, para os cinco sistemas ensaiados não ultrapassem uma gama de -10% e 10%, em quase todas as situações, com sobre estimação do valor calculado através da metodologia CSTG. Isto garante a aplicabilidade deste método de cálculo para aplicações com volumes de consumo próximos do volume do depósito e valida a caracterização dos sistemas através da metodologia CSTG.

A recta ideal tenta representar os valores coincidentes calculados através das duas metodologias de cálculo. As rectas de -10% e 10% representam a variância relativamente à recta ideal. As figuras 27 e 28 exemplificam essa mesma comparação para dois tipos dos sistemas solares térmicos ensaiados.

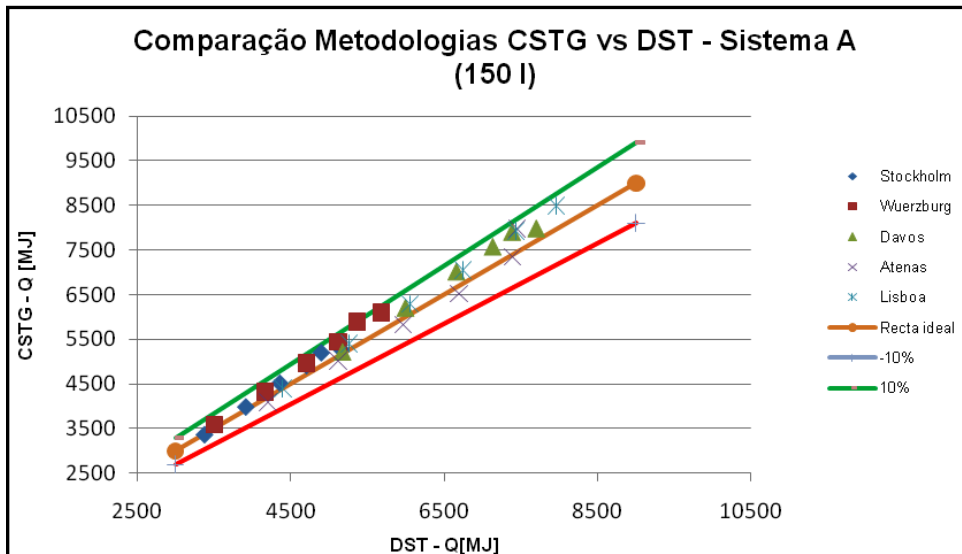


Figura 27 – Gráfico Comparação Metodologias CSTG vs DST para o Sistema A

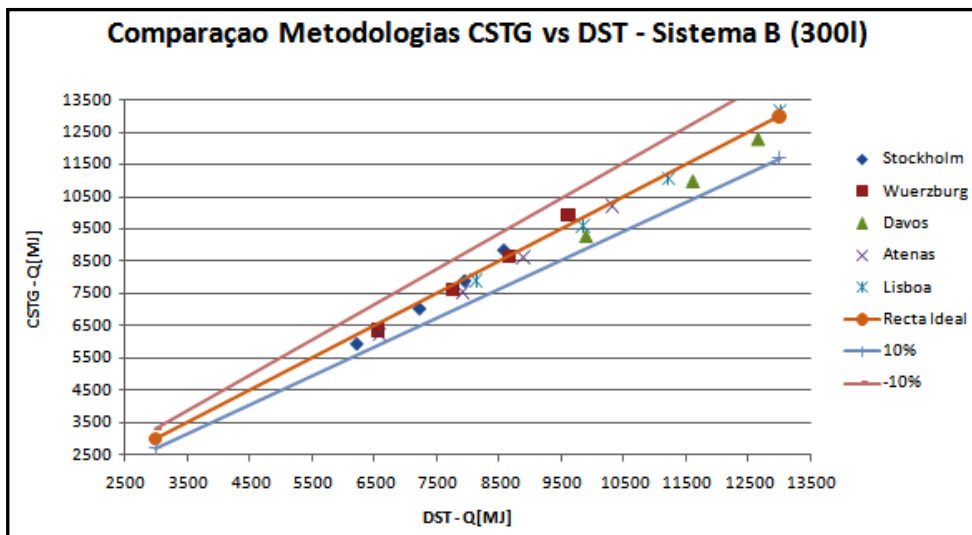


Figura 28 – Gráfico Comparação Metodologias CSTG vs DST para o Sistema B

3.3. Análise de resultados da extrapolação entre metodologias de ensaio para aplicação ao SolTerm

Para a determinação dos parâmetros característicos da metodologia de cálculo DST e para o cálculo da energia fornecida pelo sistema, usa-se o programa do *InSitu* que é de código fechado, logo não se consegue reproduzir no SolTerm. Contudo, para a metodologia de cálculo CSTG o método de cálculo está enunciado na Norma ISO 9459-2, logo é possível reproduzi-lo para posteriormente se utilizar no software SolTerm.

Após a apresentação dos resultados CSTG, com os parâmetros estimados aos resultados do ensaio, com a metodologia DST, estudou-se o êxito da utilização das equações no SolTerm para a cidade de Lisboa. Isto porque, na base de dados do SolTerm apenas estão contempladas cidades portuguesas e não as cidades de referência da norma EN 12976-2:2006.

Calculados os valores médios anuais de energia (a tabela 9 dá um exemplo desses valores mas usando o Sistema A 150l) para os sistemas em causa e tendo como base o cálculo no SolTerm, DST e CSTG, criticaram-se as diferenças existentes entre eles. A tabela 10 é um exemplo desses mesmos valores que se obtiveram.

Tabela 9 – Valores médios anuais de energia para Lisboa calculados com o programa SolTerm e metodologias CSTG e DST (Sistema A – 150l)

Volume de Extracção (l)	SolTerm (Q[MJ])	CSTG (Q[MJ])	DST (Q[MJ])
80	3110	2931	3143
110	4097	3785	4032
140	4932	4559	4754
170	5558	5223	5281
200	6005	5687	5605

Tabela 10 – Exemplo das diferenças de cálculo através do programa SolTerm e das metodologias CSTG e DST (Sistema A – 150l)

Volume do depósito (l)	150	
Volume de Extracção (l)	CSTG	DST
80	5,8%	-1,0%
110	7,6%	1,6%
140	7,6%	3,6%
170	6,0%	5,9%
200	5,3%	6,7%

As diferenças dos valores de energia fornecida pelo sistema que se observam na tabela 10, assim como os resultados obtidos nos cálculos efectuados, utilizando as metodologias de cálculo DST e CSTG e o software SolTerm estão compreendidas numa gama de $\pm 8\%$. Assim, pode reiterar-se a aplicabilidade do uso deste procedimento para a definição de sistemas de acordo com a metodologia CSTG e sua posterior utilização no software SolTerm.

A figura 29 representa graficamente o supra referido, para o Sistema A (150l).

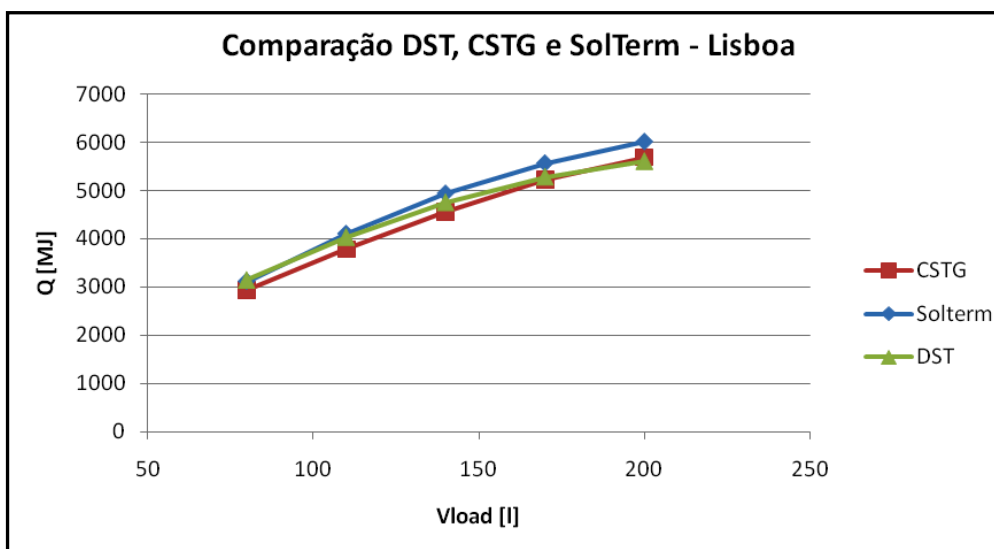


Figura 29 – Gráfico Comparação Metodologias DST, CSTG e SolTerm para Lisboa

As diferenças observadas entre o cálculo efectuado com os métodos CSTG e DST e o cálculo efectuado no SolTerm mostram que de uma forma genérica o SolTerm sobre estima os valores de energia anual fornecida pelo sistema e a diferença máxima não ultrapassa os 10% em casos de comparação com a metodologia DST.

Este trabalho permitiu que se continuasse a desenvolver o estudo da metodologia de cálculo que faz a ligação entre os dois métodos – DST e CSTG. Este estudo torna possível a introdução no SolTerm de qualquer tipo de sistema do tipo Pré-fabricado, e desta forma contribui para o aumento da base de dados do SolTerm.

Capítulo 4

- Comparação entre sistemas solares pré-fabricados*
 - apoio à decisão do consumidor -*

4.1. Estado de arte da Directiva EcoDesign

O Anexo IV - “Eco Design Implementing Measures for Dedicated Water Heaters”^[26] faz parte da Directiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 6 de Julho de 2005, e traduz a necessidade de adoptar medidas para aplicar a Directiva do *EcoDesign* aos sistemas de aquecimento de água. A Directiva concebe um quadro de definição dos requisitos comunitários de concepção ecológica dos produtos consumidores de energia (EuP) com o objectivo de garantir a livre circulação desses mesmos produtos no mercado interno. Altera as Directivas 92/42/CEE do Conselho e 96/57/CE e 2000/55/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. A Directiva também se aplica aos produtos que, apesar de não usarem directamente energia, tenham um impacto directo e/ou indirecto sobre o consumo da mesma, durante a sua utilização e colocação no mercado.

A *Directiva EcoDesign* tem como objectivos principais a redução das emissões de CO₂ e a promoção da redução do consumo de energia. Há uma preocupação ambiental na *EcoDesign*. Todo o ciclo de vida do produto, desde a concepção à utilização, se rege no sentido da redução dos impactos ambientais. Tem também como objectivo, a rotulagem dos produtos consumidores de energia. Prevê, ainda o estabelecimento de acordos voluntários, ou outras medidas de auto-regulação propostos pelo sector industrial como alternativas às medidas de execução.

Existe, na União Europeia, uma organização sem fins lucrativos, independente, que participa activamente na política energética europeia e desenvolve trabalho no sentido da aplicação eficiente da energia na Sociedade. Esta organização é o Conselho Europeu para uma Economia Eficiente de Energia (ECEEE).

Exemplifica-se na figura 30 o processo de aprovação da regulamentação associada à Directiva, concebido pelo ECEEE, que compreende cinco passos.



Figura 30 – Processo de Aprovação da Regulamentação associada à Directiva ([27])

1. **Estudo do Produto** – neste primeiro ponto efectua-se o estudo para cada grupo de produtos. Analisam-se dados importantes para este estudo, como é o caso dos dados do mercado e o estado da tecnologia. Quando se efectua o estudo, a comissão desenvolve uma proposta/documento de trabalho. Documento este que tem em consideração os resultados obtidos e as recomendações do estudo previamente efectuado.

2. **Fórum de Consulta e 1ª Proposta** – a proposta/documento de trabalho da comissão é notificado aos especialistas e accionistas do ECEEE. Posteriormente, as partes envolvidas encontram-se no fórum de consulta da *EcoDesign* para analisarem e discutirem a proposta. Com base na análise efectuada, a comissão organiza o “*draft*”.

3. **Regulamento do “Draft”** – etapa que compreende a regulamentação do “*draft*”, por parte da Comissão, e submissão ao Comité Regulador. Este comité é constituído por representantes de cada Estado Membro da União Europeia.

4. **Aprovação pelo Comité Regulador** – após a proposta de regulamentação ser reconhecida pela pluralidade do comité regulador (o poder de voto de cada membro baseia-se na população desse Estado Membro), é enviada ao Parlamento Europeu para ser analisada e discutida. Esta decisão é também comunicada à Organização Mundial do Comércio.

5. **Regulamentação Final** – o regulamento é peremptoriamente adaptado pela Comissão e publicado no Jornal Oficial da União Europeia antes de entrar em vigor.

Este é o processo legal mais correcto para formalizar e implementar um documento de trabalho. O documento de trabalho após passar por estes 5 passos, está em condições de constituir a regulamentação da Directiva em cada produto específico e ser aceite na União Europeia.

A tabela 11 mostra a cronologia dos processos referentes à Directiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 6 de Julho de 2005.

Tabela 11 – Apresentação Cronológica dos Processos da Directiva 2005/32/CE para Aquecimento de Água^[27]

Data	Processo	Documentos
Setembro de 2010	Regulamentação do Comité	
Janeiro – Junho de 2010		Comentário: MS
Junho de 2010		Documento de Trabalho

		<i>EcoDesign</i> Documento de trabalho de etiquetagem de energia Notas ao documento de trabalho
Dezembro de 2009		Documentos <i>CECED</i>
16 de Setembro de 2008		Revisão ao Anexo IV (v 2)
8 de Julho de 2008	2º Fórum de Consultadoria	Revisão ao documento de trabalho Anexo IV Apresentação (lot 2) <i>Apresentação do Anexo IV</i> Apresentação dos limites de NO _x Comentários antes do CF Comentários depois do CF
18 Março de 2008		Documentos <i>ECEEE</i>
29 de Fevereiro de 2008	Fórum de Consultadoria	Documento de trabalho Anexo V
	Estudo de Águas Quentes	www.ecohotwater.org Relatório Final

4.2. Simulação de Perfis de Consumo Detalhados

Os equipamentos que usam energia exercem um papel importante na melhoria da eficiência energética dos edifícios. Para além das poupanças energéticas de aquecimento em termos da redução da energia primária e da emissão de gases com efeito de estufa, a União Europeia pretende melhorar a utilização eficiente da energia com as directivas relativas a produtos consumidores de energia e rotulagem energética. ^[28]

Como atrás referido, o principal objectivo da directiva é transformar o desempenho ambiental numa prioridade, na concepção dos produtos consumidores de energia. Visa melhorar, entre outros, a utilização de energia, de água, os níveis de ruído, as taxas de reciclagem dos produtos e seus componentes, diminuindo, deste modo, o impacto ambiental do produto, ao longo do seu ciclo de vida.

Na *Directiva EcoDesign* refere-se as medidas a implementar, para os equipamentos destinados ao aquecimento de água. Pretende-se, com a implementação destas medidas, manter a água quente, em níveis de temperatura, quantidades e caudais desejados, durante um determinado período de tempo (teste/ensaio).

Este documento fornece informações acerca do cálculo do rendimento específico da água. A base é o cálculo da energia primária consumida para o aquecimento de água. Os cálculos que se fazem pressupõem que o aquecedor de água está instalado num edifício, inserido numa zona climática Europeia.

A directiva propõe que se atribuam categorias aos diversos sistemas de aquecimento de água, assim como propõe vários métodos de ensaio. São cinco os métodos de ensaio, específicos para cada tipo de equipamento. Para os sistemas convencionais de aquecimento de água, em que o rendimento não depende de parâmetros climatológicos, o método de ensaio utilizado é o *Procedimento de Ensaio Padrão* → neste ensaio a situação de equilíbrio depende da procura de energia. Quando o consumo de energia está no zero representa o equilíbrio, e desta forma o consumo pode ser restabelecido. Para os sistemas de aquecimento de água, como os sistemas solares ou bombas de calor, em que há dependência de parâmetros climatológicos os métodos de ensaio mais utilizados são o *Procedimento de Ensaio Iterativo* (o equilíbrio estabelece-se num compromisso existente, entre a procura de energia e a fonte de energia, durante o ensaio) e o *Procedimento de Ensaio Simplificado* (neste ensaio apenas são permitidos aquecedores de água instantâneos e eléctricos (EIWH)).

Para estes procedimentos de ensaio existem nove perfis de extracção, que se podem adaptar a cada procedimento e a cada necessidade, do seu utilizador. Estes nove perfis têm as seguintes designações: XXS, XS, S, M, L, XL, XXL, 3XL e 4XL como se pode verificar nas tabelas 12, 13 e 14. Contudo, com a nova “versão” da directiva, 18 de Junho de 2010, surgiu a necessidade de se acrescentar mais um perfil – o perfil 3XS. ^[26]

O perfil de carga, descrito neste anexo, especifica um Ensaio Padrão de duração 24 horas, com uma temperatura da água que ronde os $10 \pm 2^\circ\text{C}$. Tendo em conta este perfil de extracção, também é importante conhecerem-se os seus parâmetros. Eles são:

- Tempo de início (horas);
- Energia extraída, Q_{tap} (kWh);
- Caudal mínimo, f (l/min);
- Temperatura média da água quente, T_m ($^\circ\text{C}$);
- Temperatura mínima que se obtém durante o ensaio, T_p ($^\circ\text{C}$).

Apresentam-se, em seguida, os diversos perfis de extracção que estão presentes no Anexo IV da Directiva.

Tabela 12 – Perfis de Extração

	XXS				XS				S			
	Q _{tap}	f	T _m	T _p	Q _{tap}	f	T _m	T _p	Q _{tap}	f	T _m	T _p
	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C
07.00	0.105	2	25	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
07.30	0.105	2	25	-	0.525	4	35	-	0.105	3	25	-
08.30	0.105	2	25	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
09.30	0.105	2	25	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
11.30	0.105	2	25	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
11.45	0.105	2	25	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
12.00	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.30	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.45	0.105	2	25	-	0.525	4	35	-	0.315	4	10	55
18.00	0.105	2	25	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
18.15	0.105	2	25	-	-	-	-	-	0.105	3	40	-
18.30	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.00	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.30	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.00	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.30	-	-	-	-	1.050	4	35	-	0.420	4	10	55
20.45	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.00	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.15	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.30	-	-	-	-	-	-	-	-	0.525	5	45	-
21.45	0.105	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q_{ref}	2.100	-	-	-	2.100	-	-	-	2.100	-	-	-

Tabela 13 – Perfis de Extração

	M				L				XL			
	Q _{tap}	f	T _m	T _p	Q _{tap}	f	T _m	T _p	Q _{tap}	f	T _m	T _p
	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C
07.00	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
07.05	1.400	6	40	-	1.400	6	40	-	-	-	-	-
07.15	-	-	-	-	-	-	-	-	1.820	6	40	-
07.26	-	-	-	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
07.30	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	-	-	-	-
07.45	-	-	-	-	0.105	3	25	-	4.420	10	10	40
08.01	0.105	3	25	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
08.05	-	-	-	-	3.605	10	10	40	-	-	-	-
08.15	0.105	3	25	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
08.25	-	-	-	-	0.105	3	25	-	-	-	-	-
08.30	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
08.45	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
09.00	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
09.30	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
10.00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
10.30	0.105	3	10	40	0.105	3	10	40	0.105	3	25	40
11.00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
11.30	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
11.45	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
12.45	0.315	4	10	55	0.315	4	10	55	0.735	4	10	55
14.30	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
15.00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
15.30	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
16.00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
16.30	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
17.00	-	-	-	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-

18.00	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
18.15	0.105	3	40	-	0.105	3	40	-	0.105	3	40	-
18.30	0.105	3	40	-	0.105	3	40	-	0.105	3	40	-
19.00	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-	0.105	3	25	-
20.30	0.735	4	10	55	0.735	4	10	55	0.735	4	10	55
20.46	-	-	-	-	-	-	-	-	4.420	10	10	40
21.00	-	-	-	-	3.605	10	10	40	-	-	-	-
21.15	0.105	3	25	-	-	-	-	-	0.105	3	25	-
21.30	1.400	6	40	-	0.105	3	25	-	4.420	10	10	40
Q_{ref}	5.845	-	-	-	11.655	-	-	-	19.070	-	-	-

Tabela 14 – Perfis de Extração

	XXL				3XL				4XL			
	Q _{tap}	f	T _m	T _p	Q _{tap}	f	T _m	T _p	Q _{tap}	f	T _m	T _p
	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C	kWh	l/min	°C	°C
07.00	0.105	3	25	-	11.200	48	40	-	22.400	96	40	-
07.15	1.820	6	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07.26	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07.45	6.240	16	10	40	-	-	-	-	-	-	-	-
08.01	0.105	3	25	-	5.040	24	25	-	10.080	48	25	-
08.15	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08.30	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08.45	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09.00	0.105	3	25	-	1.680	24	25	-	3.360	48	25	-
09.30	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.00	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.30	0.105	3	10	40	0.840	24	10	40	1.680	48	10	40
11.00	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.30	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11.45	0.105	3	25	-	1.680	24	25	-	3.360	48	25	-
12.45	0.735	4	10	55	2.520	32	10	55	5.040	64	10	55
14.30	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.00	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.30	0.105	3	25	-	2.520	24	25	-	5.040	48	25	-
16.00	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.30	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.00	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.00	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.15	0.105	3	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.30	0.105	3	40	-	3.360	24	25	-	6.720	48	25	-
19.00	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.30	0.735	4	10	55	5.880	32	10	55	11.760	64	10	55
20.46	6.240	16	10	40	-	-	-	-	-	-	-	-
21.15	0.105	3	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.30	6.240	16	10	40	12.040	48	40	-	24.080	96	40	-
Q_{ref}	24.530	-	-	-	46.760	-	-	-	93.520	-	-	-

Nas tabelas anteriores (12, 13 e 14) estão algumas das variáveis dos perfis de extração, onde se podem destacar o Q_{tap} (kWh) que representa a energia extraída em cada intervalo de tempo. À soma desta energia extraída no fim de cada ensaio dá-se o nome de Q_{ref} (kWh).

4.3. Comparação de Comportamento a Longo Prazo para diferentes perfis de consumo

O software DST permite simular o comportamento térmico a longo prazo de diversos sistemas solares térmicos. É importante a utilização do programa DST (*Dynamic System Testing*), pois ele permite simular o comportamento térmico de um sistema solar para diferentes perfis de consumo com base nos resultados de caracterização do sistema durante um ensaio do tipo DST (Norma ISO 9459-5).

Pretende-se discutir, neste subcapítulo, o cumprimento dos perfis de extracção propostos pela Directiva. Para tal foram ensaiados dois sistemas em termosifão, com capacidade de 200 e 300 litros, com resistência integrada no depósito. Esta resistência de 2000W, e para os sistemas com apoio, foi ligada no intervalo de tempo das 20h às 6h. Estes sistemas foram ensaiados segundo a metodologia DST e têm os seguintes parâmetros característicos:

Parâmetros Característicos	Sistema 200l	Sistema 300l
Área efectiva do colector – A_c^* [m ²]	2,202	3,184
Coeficiente de perdas efectivo do colector – u_c^* [Wm ⁻² K ⁻¹]	3,194	11,470
Coeficiente de perdas global do depósito – U_s [WK ⁻¹]	8,599	0
Capacidade térmica total do depósito – C_s [MJK ⁻¹]	0,869	1,165
Constante de mistura – D_L [opcional]	0,224	0,124
Estratificação do depósito – S_C [opcional]	0,062	0,197
Apoio – f_{aux} [opcional]	1	0,837

Da simulação a longo prazo que o programa DST permite fazer, retira-se a energia que é possível obter com um determinado sistema. É esta energia extraída que se vai comparar com a energia extraída característica do perfil em estudo.

A primeira etapa do cálculo consistiu em obter um volume de extracção do depósito, que satisfizesse o valor de Q_{ref} da Directiva para cada um dos perfis de extracção, XXS, XS, S, M e L. Este cálculo foi feito com uma única extracção da totalidade do volume, que oscilou numa gama de 55/600 litros para o sistema de 200l, conforme mostram as tabelas 15 e 16, respectivamente para sistema com apoio e

sistema sem apoio. E numa gama de 55/900 litros como consta das tabelas 17 e 18, para o sistema de 300l com e sem apoio.

Tabela 15 – Sistema de 200l, com apoio e uma extracção total às 18h

Volume [litros]	Q_{ref} fornecido [kWh]	$Q_{directiva}$ [kWh]	Satisfaz o Perfil de Extracção
50	2.117	2.100	XXS, XS, S
55	2.328	2.100	XXS, XS, S
150	6.264	5.845	M
250	9.888	11.655	-
350	12.024	11.655	L
450	12.864	19.070	-
600	13.176	19.070	-

Tabela 16 – Sistema de 200l, sem apoio e uma extracção total às 18h

Volume [litros]	Q_{ref} fornecido [kWh]	$Q_{directiva}$ [kWh]	Satisfaz o Perfil de Extracção
55	2.309	2.100	XXS, XS, S
150	5.568	5.845	-
170	6.096	5.845	M
350	8.016	11.655	-
450	8.184	19.070	-
550	8.256	19.070	-
600	8.281	19.070	-

Tabela 17 – Sistema de 300l, com apoio e uma extracção total às 18h

Volume [litros]	Q_{ref} fornecido [kWh]	$Q_{directiva}$ [kWh]	Satisfaz o Perfil de Extracção
55	2.369	2.100	XXS, XS, S
100	4.296	5.845	-
150	6.456	5.845	M
250	10.512	11.655	-
350	13.8	11.655	L
500	16.056	19.070	-
650	16.632	19.070	-
900	16.896	19.070	-

Tabela 18 – Sistema de 300l, sem apoio e uma extracção total às 18h

Volume [litros]	Q_{ref} fornecido [kWh]	$Q_{directiva}$ [kWh]	Satisfaz o Perfil de Extracção
55	2.345	2.100	XXS, XS, S
100	4.2	5.845	XXS, XS, S
150	6.048	5.845	M
200	7.704	5.845	M
300	10.224	11.655	-
350	11.088	11.655	-
400	11.472	11.655	-
500	12	11.655	L
600	12.264	19.070	-
700	12.336	19.070	-
900	12.456	19.070	-

Após esta etapa e recorrendo ao software DST, que permite fazer uma modelação do sistema, simulando os diversos perfis de extracção ao longo do dia, calculou-se a quantidade de energia que se consegue extrair do sistema, para os volumes obtidos anteriormente (tabelas 15, 16, 17 e 18). Aqui realizaram-se diversas extracções, conforme os perfis ilustrados nas tabelas 12, 13 e 14. ^[29]

Os resultados obtidos para as diversas situações estão representados nas tabelas 19, 20, 21 e 22. O ficheiro que fornece os valores, Q_{ref} fornecido e Q_{solar} , das referidas tabelas é o ficheiro LTP (Anexo II).

Tabela 19 – Sistema de 200l, com apoio, diversas extracções e volume calculado na tabela 15

Perfil	Volume [litros]	Q_{ref} fornecido [kWh]	Q_{solar} [kWh]	$Q_{directiva}$ [kWh]	$Q_{elec} = Q_{fornecido} - Q_{solar}$
L	350	8.304	6.096	11.655	2.208
M	150	5.496	3.864	5.845	1.632
S	55	2.357	- 0.917	2.100	3.274
XS	55	2.34	- 0.434	2.100	2.774
XXS	55	2.357	- 0.797	2.100	3.154

No sistema de 200l, nos perfis mais pequenos (XXS, XS e S) a exigência de energia é mínima (2,1 kWh). Os valores negativos de Q_{solar} podem justificar-se pelo facto de o parâmetro f_{aux} ser igual a 1 o que impede o solar de trabalhar. Este resultado mostra o impacto negativo que tem a utilização da resistência eléctrica num sistema solar de depósito horizontal, figuras 31 a 33. (No anexo III, os gráficos correspondentes aos perfis M e L).

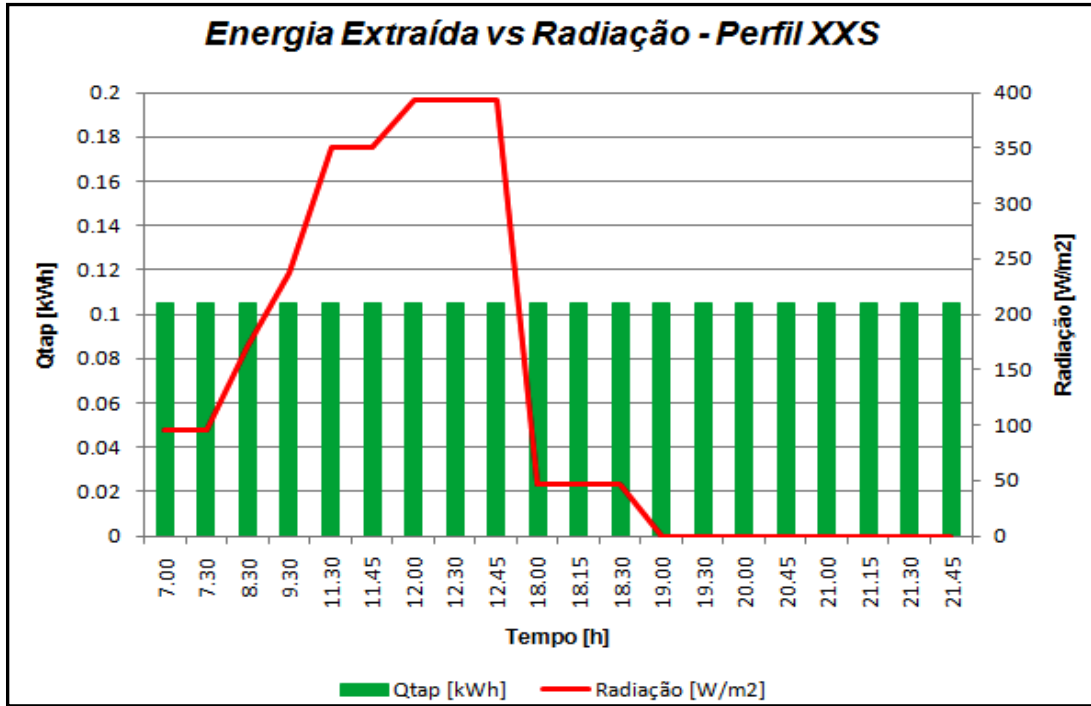


Figura 31 – Energia extraída vs radiação para o perfil XXS

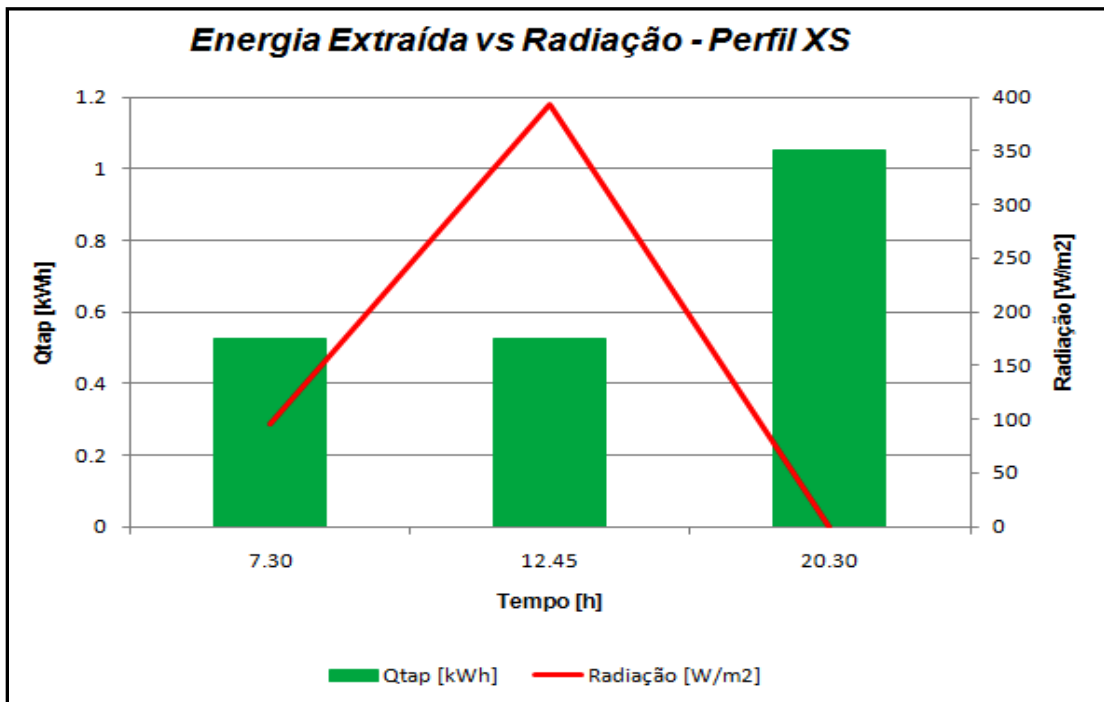


Figura 32 – Energia extraída vs radiação para o perfil XS

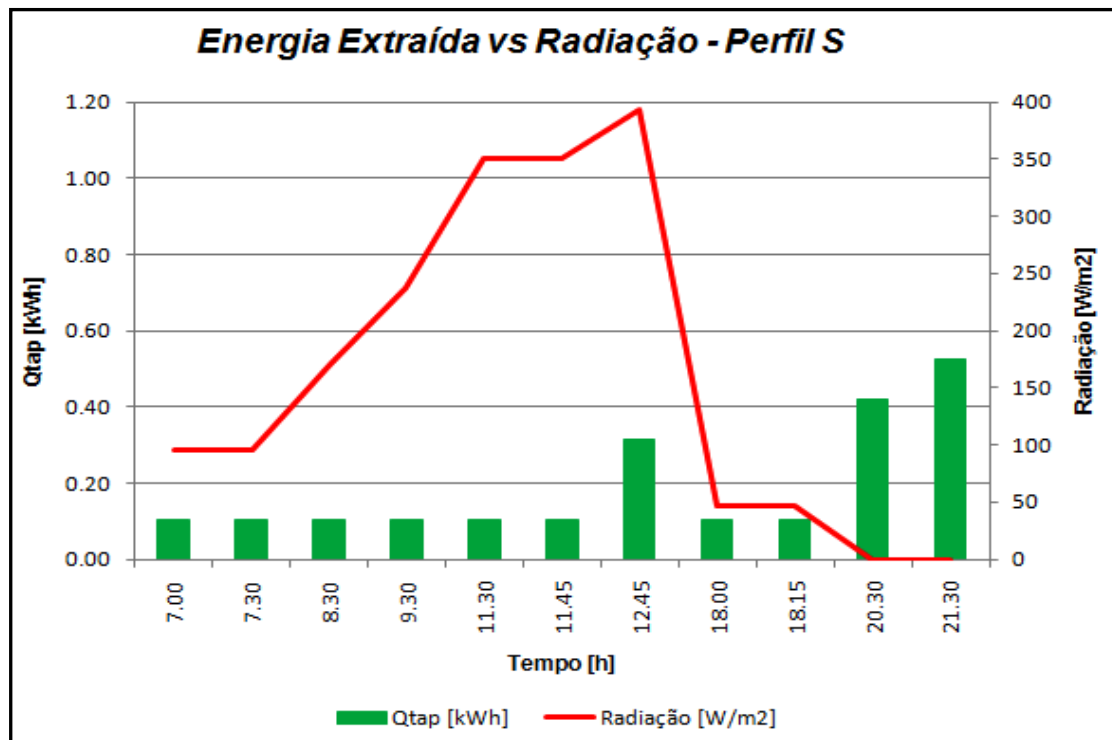


Figura 33 – Energia extraída vs radiação para o perfil S

Tabela 20 – Sistema de 300l, com apoio, diversas extracções e volume calculado na tabela 17

Perfil	Volume [litros]	Q_{ref} fornecido [kWh]	Q_{solar} [kWh]	$Q_{directiva}$ [kWh]	$Q_{elec} = Q_{fornecido} - Q_{solar}$
L	350	12.144	10.752	11.655	1.392
M	150	6.408	5.976	5.845	0.432
S	55	2.369	2.289	2.100	0.080
XS	55	2.369	2.326	2.100	0.043
XXS	55	2.369	2.289	2.100	0.080

No que se refere ao sistema de 300l, o parâmetro f_{aux} tem valor 0,837. Este parâmetro não interfere tanto com o solar. Como se pode verificar na tabela, e para os cinco perfis de extracção, a energia extraída ao sistema (Q_{ref} fornecido) é em grande parte fornecida pelo solar (Q_{solar}).

Tabela 21 – Sistema de 200l, sem apoio, diversas extracções e volume calculado na tabela 16

Perfil	Volume [litros]	$Q_{ref\ fornecido}$ [kWh]	$Q_{directiva}$ [kWh]
XXS	55	2.275	2.100
XS	55	2.282	2.100
S	55	2.278	2.100

Tabela 22 – Sistema de 300l, sem apoio, diversas extracções e volume calculado na tabela 18

Perfil	Volume [litros]	$Q_{ref\ fornecido}$ [kWh]	$Q_{directiva}$ [kWh]
XXS	55	2.335	2.100
XS	55	2.338	2.100
S	55	2.335	2.100

Analisando os valores mencionados nas tabelas 21 e 22, e como estamos em presença de sistemas sem apoio, o valor do $Q_{ref\ fornecido}$ é fornecido na totalidade pelo solar.

Estas tabelas apenas têm três perfis de extracção porque na simulação com o programa DST, os cálculos efectuados mostraram alguma instabilidade. Como o programa DST é de código fechado, não foi possível em, tempo útil, compreender este problema de forma a ser ultrapassado.

À diferença entre a energia fornecida ao sistema e a energia do solar dá-se o nome de energia eléctrica – Q_{elec} . Este valor de Q_{elec} é o consumo de electricidade durante um dia (24h), que vai ser usado no cálculo da energia primária necessária para satisfazer as necessidades de cada perfil.

É necessário calcular-se a energia primária que cada sistema necessita para satisfazer um determinado perfil de extracção. Esse estudo apresenta-se com maior detalhe no ponto seguinte.

4.4. Estabelecimento de um "benchmark" entre sistemas

O *benchmarking* é um processo constante de comparação dos produtos, dos serviços e das práticas empresariais entre os mais fortes concorrentes ou empresas líderes de mercado. É um processo que tende a identificar o melhor do melhor e alcançar um nível superior.

O processo de comparação do desempenho entre dois ou mais sistemas é chamado de *benchmarking*, e as cargas usadas são chamadas de *benchmark*. No *benchmarking* a avaliação e comparação não representa um fim, mas sim um meio para assegurar um processo de melhoria. Constituindo-se como uma forma de aprendizagem, dado que a procura de melhores práticas implica uma análise detalhada das diversas formas de implementação de processos e das metodologias de trabalhos. As actuais rotinas de *benchmarking* regem-se por princípios próprios, que se resumem num código de conduta onde a confidencialidade, a mutualidade na partilha e no uso da informação se assumem como regras intangíveis.

Também, nos sistemas solares térmicos é necessário estabelecer um "benchmark" entre sistemas, de forma a seleccionar o melhor. Para ajudar nesta tarefa a Directiva que serve de base a este estudo propõe uma rotulagem energética para os diferentes sistemas, consoante o rendimento que os mesmos apresentem.

Os sistemas de rotulagem ecológica são indicadores que ajudam na gestão do ambiente, orientando os consumidores para produtos que tenham um menor contributo nos impactes ambientais.

Desta forma, é necessário calcular a energia primária que cada sistema necessita para satisfazer um determinado perfil de extracção, e em seguida é possível classificar os sistemas de acordo com a rotulagem energética da figura 34. Para se obter a classificação A⁺⁺⁺ até G é preciso que os sistemas se enquadrem nos requisitos evidenciados na tabela 23. Esta tabela indica para cada perfil de extracção, e consoante o seu rendimento qual a classe energética a que pertence.

Tabela 23 – Classes de eficiência energética ([30])

	3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL	3XL	4XL
A+++	$\eta > 62$	$\eta > 62$	$\eta > 69$	$\eta > 90$	$\eta > 96$	$\eta > 107$	$\eta > 112$	$\eta > 124$	$\eta > 140$	$\eta > 150$
A++	$53 \leq \eta < 62$	$53 \leq \eta < 62$	$61 \leq \eta < 69$	$72 \leq \eta < 90$	$79 \leq \eta < 96$	$90 \leq \eta < 107$	$92 \leq \eta < 112$	$104 \leq \eta < 124$	$110 \leq \eta < 140$	$120 \leq \eta < 150$
A+	$44 \leq \eta < 53$	$44 \leq \eta < 53$	$53 \leq \eta < 61$	$55 \leq \eta < 72$	$62 \leq \eta < 79$	$73 \leq \eta < 90$	$76 \leq \eta < 92$	$84 \leq \eta < 104$	$96 \leq \eta < 110$	$96 \leq \eta < 120$
A	$35 \leq \eta < 44$	$35 \leq \eta < 44$	$38 \leq \eta < 53$	$38 \leq \eta < 55$	$45 \leq \eta < 62$	$56 \leq \eta < 73$	$62 \leq \eta < 76$	$72 \leq \eta < 84$	$80 \leq \eta < 96$	$86 \leq \eta < 96$
B	$32 \leq \eta < 35$	$32 \leq \eta < 35$	$35 \leq \eta < 38$	$35 \leq \eta < 38$	$39 \leq \eta < 45$	$46 \leq \eta < 56$	$50 \leq \eta < 62$	$60 \leq \eta < 72$	$64 \leq \eta < 80$	$64 \leq \eta < 86$
C	$29 \leq \eta < 32$	$29 \leq \eta < 32$	$32 \leq \eta < 35$	$32 \leq \eta < 35$	$36 \leq \eta < 39$	$37 \leq \eta < 46$	$38 \leq \eta < 50$	$40 \leq \eta < 60$	$40 \leq \eta < 64$	$40 \leq \eta < 64$
D	$26 \leq \eta < 29$	$26 \leq \eta < 29$	$29 \leq \eta < 32$	$29 \leq \eta < 32$	$33 \leq \eta < 36$	$34 \leq \eta < 37$	$34 \leq \eta < 38$	$36 \leq \eta < 40$	$36 \leq \eta < 40$	$36 \leq \eta < 40$
E	$23 \leq \eta < 26$	$23 \leq \eta < 26$	$26 \leq \eta < 29$	$26 \leq \eta < 29$	$30 \leq \eta < 33$	$30 \leq \eta < 34$	$30 \leq \eta < 34$	$32 \leq \eta < 36$	$32 \leq \eta < 36$	$32 \leq \eta < 36$
F	$20 \leq \eta < 23$	$20 \leq \eta < 23$	$23 \leq \eta < 26$	$23 \leq \eta < 26$	$27 \leq \eta < 30$	$27 \leq \eta < 30$	$27 \leq \eta < 30$	$28 \leq \eta < 32$	$28 \leq \eta < 32$	$28 \leq \eta < 32$
G	$\eta < 20$	$\eta < 20$	$\eta < 23$	$\eta < 23$	$\eta < 27$	$\eta < 27$	$\eta < 27$	$\eta < 28$	$\eta < 28$	$\eta < 28$

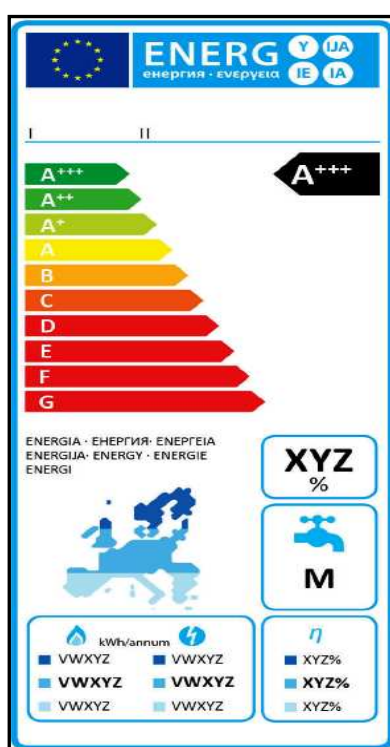


Figura 34 – Rótulo para sistemas solares térmicos ([30])

No rótulo da classificação energética, como o que se indicou anteriormente, devem constar informações tais como:

- Nome ou marca do fornecedor;
- Identificador do modelo do fornecedor, ou seja, código que distinga os diferentes modelos correspondentes à mesma marca;
- Classe de eficiência energética que se determina conforme se indicará posteriormente;
- Consumos anuais de energia eléctrica e combustíveis fósseis em kWh/ano;

– Perfil de carga máxima onde o modelo foi concebido e onde obteve o certificado de garantia;

– Clima no qual se testou e ensaiou o equipamento (clima frio, médio e quente – anexo IV);

É, de facto, imprescindível conhecer a energia primária que cada sistema precisa para satisfazer um determinado perfil de extração. Só assim, conseguimos atribuir uma classe energética ao sistema. Para isso, foram efectuados cálculos. Nos cálculos realizados utilizámos as equações abaixo discriminadas, que constam do Anexo IV da Directiva.

A equação 3 representa o cálculo da eficiência do consumo de energia primária para o aquecimento de água.

$$\eta_{awh} = \frac{Q_{ref}}{Q_{net} + Q_{wdistr} - Q_{reco\,er}} \times 100 \quad (\%) \quad (\text{Eq. 3})$$

Q_{ref} → energia extraída ao final do dia [kWh];

Q_{net} → energia primária consumida;

Q_{wdistr} → 0,07 valor extraído da tabela 11 do Anexo IV da Directiva, atendendo aos volumes dos depósitos;

$Q_{reco\,er}$ → não se contabiliza uma vez que o depósito e o colector se encontram no exterior.

Das parcelas da equação 3, as que se utilizam nos cálculos efectuados neste subcapítulo são o Q_{ref} e o Q_{net} .

Para o cálculo da energia primária consumida Q_{net} (equação 4) considera-se um factor de conversão de 2,5 para produção de energia.

$$Q_{net} = (Q_{fuel} + 2,5 \times Q_{elec}) \times (1 - 0,1 \times dhwsmart) \quad (\text{Eq. 4})$$

Q_{fuel} → consumo de fuel ou gás, que neste caso não se aplica [kWh];

Q_{elec} → consumo de electricidade [kWh];

$dhwsmart$ → parcela que contempla a existência ou não de controlos inteligentes, que neste caso não existem.

A equação 4 pode ser simplificada, uma vez que no caso em estudo só se contabiliza o factor de conversão e o Q_{elec} , dando origem à equação 5.

$$Q_{net} = 2,5 \times Q_{elec} \quad (\text{Eq. 5})$$

Após os procedimentos de cálculo, obtivemos os resultados plasmados nas tabelas 24 e 25.

Tabela 24 – Sistema de 200l

Perfil	$Q_{directiva}$ [kWh]	Q_{elec} [kWh] = $Q_{fornecido} - Q_{solar}$	Q_{net}	<i>etawh</i>
L	11.655	2.208	5.52	208.5
M	5.845	1.632	4.08	271.2
S	2.100	3.274	8.18	25.4
XS	2.100	2.774	6.93	29.9
XXS	2.100	3.154	7.88	26.5

Tabela 25 – Sistema de 300l

Perfil	$Q_{directiva}$ [kWh]	Q_{elec} [kWh] = $Q_{fornecido} - Q_{solar}$	Q_{net}	<i>etawh</i>
L	11.655	1.392	3.48	328
M	5.845	0.432	1.08	508
S	2.100	0.080	0.20	778
XS	2.100	0.043	0.11	118.3
XXS	2.100	0.080	0.20	778

Analisando o sistema de 200l, é nos maiores perfis – M e L que se obtêm maiores rendimentos pois são os perfis que maior quantidade de energia extraem ao sistema. Os perfis mais pequenos – XXS, XS e S como têm menores quantidades de energia extraída vão necessariamente ter menores rendimentos.

No que se refere ao sistema de 300l, todos os perfis apresentam bons rendimentos. Estes rendimentos são justificados pelo facto do sistema ter uma maior contribuição do solar (tabela 25).

Analisando os resultados obtidos, é o valor de *etawh* que nos irá permitir atribuir uma classificação energética aos sistemas. Para tal, comparámos esses valores com os apresentados na tabela 23, e atribuímos a respectiva classificação escalonada entre A⁺⁺⁺ e G conforme mostra a tabela 26.

Tabela 26 – Classificação energética dos sistemas estudados

Sistema 300L apoio de 2000W ligados das 20h às 8h	Classificação Energética
<i>Perfil L</i>	A ⁺⁺⁺
<i>Perfil M</i>	A ⁺⁺⁺
<i>Perfil S</i>	A ⁺⁺⁺
<i>Perfil XS</i>	A ⁺⁺⁺
<i>Perfil XXS</i>	A ⁺⁺⁺
Sistema 200L apoio de 2000W ligados das 20h às 8h	Classificação Energética
<i>Perfil L</i>	A ⁺⁺⁺
<i>Perfil M</i>	A ⁺⁺⁺
<i>Perfil S</i>	F
<i>Perfil XS</i>	D
<i>Perfil XXS</i>	D

É o sistema de 300l que tem melhor classificação energética, tendo todos os seus perfis classificação A⁺⁺⁺. Como as melhores classificações são atribuídas aos sistemas que maior uso façam das energias renováveis (energia solar), conclui-se que é este sistema que maior contribuição tem do solar. No sistema de 200l, os perfis mais pequenos não extraem tanta energia ao sistema, tendo assim rendimentos menores e consequentemente uma classificação energética inferior. Esta classificação energética inferior também se deve ao facto, de no sistema de 200l, o factor F_{aux} ser igual a 1. Isto significa que todo o depósito necessita de apoio e desta forma o solar não contribui em nada.

Em relação aos sistemas sem apoio, como não há consumo de energia eléctrica, estes terão de ter a classificação A⁺⁺⁺.

Capítulo 5

- Conclusões e Perspectivas Futuras -

Ao longo deste trabalho, fez-se uso de resultados de ensaio correspondentes à monitorização de sistemas solares térmicos que permitiram simular diferentes perfis de consumo e realizar cálculos de comportamento térmico a longo prazo.

Do trabalho realizado há algumas conclusões a tirar:

– Confirma-se a possibilidade de, através das informações dos ensaios realizados segundo a metodologia DST, estimar os parâmetros característicos da metodologia CSTG, para posteriormente se poderem introduzir na base de dados do SolTerm.

– No que se refere ao comportamento térmico a longo prazo, pode dizer-se que existe uma boa aproximação entre os valores fornecidos nos relatórios de ensaio e os valores obtidos, através da metodologia de cálculo CSTG com parâmetros simulados.

– Verifica-se que as diferenças entre os resultados de comportamento térmico a longo prazo obtido com base no ensaio DST e com base nos parâmetros gerados do método de ensaio CSTG são inferiores a 10%.

– O método DST permite calcular a energia média diária que se consegue extrair ao sistema. É possível usar este método para verificar a conformidade com os perfis de extracção da directiva, isto é, verificar se Q_{ref} fornecido satisfaz Q_{ref} da Directiva.

– O cálculo do rendimento do consumo de energia primária de cada um dos sistemas permite obter uma classificação energética.

– As classificações energéticas são tanto melhores quanto maiores forem os rendimentos dos sistemas, ou quanto maior for a contribuição do solar.

– Os perfis de extracção XXS e S têm um maior número de extracções, não beneficiando a sua classificação energética.

– A nova Directiva impõe que se atribuam categorias aos sistemas e desta forma passem a ser classificados energeticamente de A⁺⁺⁺ a G.

Como perspectivas futuras preconiza-se um melhor aperfeiçoamento do software DST nas simulações de cálculo do comportamento térmico a longo prazo, tendo em conta as dificuldades ainda sentidas durante a sua utilização.

Em relação à exigência da classificação energética estabelecida na Directiva *EcoDesign*, dever-se-iam uniformizar os ensaios, de forma a evitar atrasos nos processos e tornar mais célere a disponibilidade do produto no mercado, devidamente classificado.

Referências

- [1] – LNEG, www.ineti.pt (acedido em 20 de Novembro de 2009).
- [2] – CARVALHO, M.J. & NEVES, A.S. (2005) – Manual da Qualidade do Laboratório de Ensaios de Colectores Solares. INETI.
- [3] – Solar Thermal Markets in Europe – Trends and Market Statistics 2009 (June 2010) – ESTIF.
- [4] – PEREIRA, M.C. & CARVALHO, M.J. (2002) – Solar Térmico Activo. Energias Renováveis em Portugal.
- [5] – LOSTER, Matthias (2010) – Total Primary Energy Supply – From Sunlight.
- [6] – Artigo do World Energy Council (2010) www.worldenergy.org/publications/survey_of_energy_recources_2007/solar/719.asp.
- [7] – HOLMAN, J.P. (1983) – Transferência de Calor. McGrawHill do Brasil.
- [8] – COSTA, J.C. *et al* (2006) – Instalações Solares Térmicas – Conversão Térmica da Energia Solar. INETI.
- [9] – COSTA, J.C. & LEBENÃ, E.P. (2006) – Conversão Térmica da Energia Solar. INETI. Lisboa.
- [10] – Comissão Europeia – Programa ALTENER (2004) – Energia Térmica Solar, Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação.
- [11] – SCHARMER K., GREIF J., (2000) – The European Solar Radiation Atlas, Volume 2: Database and Exploitation Software. Paris.
- [12] – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) – Decreto de Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril de 2006.

-
- [13] – Norma EN 12975-1 – Thermal solar systems and components – Solar collectors – part 1: General Requirements.
- [14] – Norma EN 12975-2 – Thermal solar systems and components – Solar collectors – part 2: Test methods.
- [15] – Norma EN 12976-1 – Thermal solar systems and components – Factory made systems – part 1: General Requirements.
- [16] – Norma EN 12976-2 – Thermal solar systems and components – Factory made systems – part 1: Test methods.
- [17] – Norma ENV 12977-1 – Thermal solar systems and components – Custom built systems – part 1: General requirements.
- [18] – Norma ENV 12977-2 – Thermal solar systems and components – Custom built systems – part 2: Test methods.
- [19] – Norma ENV 12977-3 – Thermal solar systems and components – Custom built systems – part 3: Performance characterisation of shores for solar heating systems.
- [20] – CARVALHO, M.J. (2009) – Ensaios de Sistemas Solares Térmicos. LNEG.
- [21] – Norma ISO 9459-2 – Solar heating – Domestic water heating systems – Part 2: outdoor test methods for system performance characterization and yearly performance prediction of solar-only systems.
- [22] – Software, InSitu Scientific (1997) Dynamic System Testing – Program Manual V 2.7, Germering.
- [23] – Norma ISO 9459-5 – Solar Heating – Domestic water heating systems – Part 5: System performance characterization by means of whole-system tests and computer simulation.

-
- [24] – SPIRKL, W., MUSCHAWECK, J. (1992) – Solar Energy Materials and Solar Cells - General model for testing solar domestic hot water systems.
- [25] – http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/what/climatechange_pt.htm (acedido em 10 de Abril de 2010).
- [26] – European Commission, Anexo IV – Eco Design Implementing Measures for Dedicated Water Heaters. (2008) Brussels.
- [27] – http://www.eceee.org/Eco_design/products (acedido em 14 de Junho de 2010).
- [28] – SEPPÄNEN, Olli. (2009) – Entrevista ao Secretário Geral da REHVA. Revista Climatização.
- [29] – BONK, Sebastian (2010) – Application of the EU ECO Directive Tapping Cycles to DST and CTSS LTP Prediction. QAISt Meeting. Munich.
- [30] – Working Document Commission Delegated Regulation of implementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to energy labeling of water heaters and hot water storage tanks. (2010)

Glossário

A

AbsorSOR – componente do colector que absorve e converte a radiação solar em energia térmica, através do fluido de transferência térmica. Para um melhor processo de conversão, o absorSOR deve possuir um revestimento selectivo (elevada absorTância e baixa emissividade).

Absortância (coeficiente de absorção) – fracção α da radiação incidente no absorSOR, que é convertida em calor.

Afélio – ponto da órbita terrestre mais afastado do sol.

Albedo – Rácio entre a radiação reflectida pelo solo e a radiação incidente.

Altura solar – ângulo solar acima do horizonte.

Anemómetro – instrumento utilizado para medir a velocidade do vento.

Ângulo Horário – medida de posição de um astro. Consiste no ângulo contado sobre o Equador celeste, de Leste para Oeste, a partir do meridiano local até ao círculo horário do astro.

Ângulo de Incidência – ângulo entre a linha que liga o centro do disco solar e o ponto de uma superfície irradiada e a normal a essa mesma superfície.

Ângulo de Zimute Solar – ângulo entre a direcção do Sul (no hemisfério norte) ou entre a direcção do Norte (no hemisfério sul) e a projecção sobre o plano horizontal da linha que faz a ligação da Terra ao Sol, medido no sentido horário no caso do hemisfério norte e no sentido anti-horário no caso do hemisfério sul.

Ar Ambiente – ar no interior ou exterior que rodeia um dispositivo de armazenamento, um colector solar ou qualquer objecto que seja considerado.

Área de Abertura – área transparente que corresponde à superfície disponível no colector, para transmissão da radiação.

Área de Absorção – área da superfície do absorvedor destinada à absorção de radiação solar.

Área Total do Colector – área máxima projectada excluindo quaisquer meios de montagem e os tubos de ligação para os fluidos.

Azimute – desvio angular da superfície dos colectores relativamente à direcção Sul (Norte no hemisfério Sul). Na tecnologia solar o ângulo do azimute é $\alpha=0^\circ$.

B

Balanço Energético – é originado pela diferença entre as várias entradas e saídas de energia num determinado sistema. Em física, o balanço energético é uma exposição sistemática dos fluxos e transformações de energia num sistema. A base teórica para se efectuar um balanço energético é a primeira Lei da Termodinâmica, segundo a qual a energia não pode ser criada ou destruída, apenas transformada/modificada.

C

Caudalímetro – é um acessório que permite medir e controlar o fluxo volumétrico do fluido térmico.

Colector – unidade principal do sistema solar, uma vez que a radiação solar é transformada em calor no colector. A forma mais simples de um colector é o absorvedor, usado apenas nas piscinas, mas usualmente o colector é composto pelo absorvedor, a cobertura e a caixa de maneira a atenuar as perdas de calor.

Conductividade Térmica – é o valor característico da qualidade térmica dos corpos sólidos.

Convecção – líquidos ou gases aquecidos são mais leves e portanto têm tendência a subir transportando consigo calor. As perdas de calor devidas à convecção no absorvedor devem-se à substituição de ar quente na interface ambiente-absorvedor, por ar mais fresco.

Corpo Negro – é aquele que absorve toda a radiação incidente mas é também aquele que, a uma dada temperatura consegue emitir mais energia por radiação.

CPC – colector parabólico composto, que tem uma superfície absorvora constituída por duas alhetas unidas a um tubo e colocadas por cima de uma superfície reflectora.

D

Declinação solar – ângulo formado pela linha que liga a Terra ao Sol e o plano equatorial, o valor deste ângulo pode variar entre os + 23°77 e os -23°77, sendo o valor positivo no norte.

E

Eclíptica – trajectória aparente do Sol na esfera celeste.

Efeito de Estufa – é um processo que ocorre quando uma parte da radiação solar reflectida pela superfície terrestre é absorvida por determinados gases presentes na atmosfera.

Emissividade – quantidade de energia irradiada pelo Sol no absorsor que é emitida como radiação infravermelha para a atmosfera.

Energia – capacidade de realizar trabalho. A energia pode existir em diversas formas: calor, luz, movimento, electricidade, etc.

Energia final – é a energia que é recebida pelo usuário nos diferentes sectores, seja na forma primária, seja na secundária.

Energia Primária – é a energia na sua forma natural (carvão, petróleo, sol, vento, etc.), que sofre transformações, para dar origem à energia final. Estas transformações têm sempre rendimento inferior à unidade, logo a energia primária é sempre superior à energia final correspondente.

Energia renovável – fonte de energia ilimitada, uma vez que a sua utilização “hoje” não implica a diminuição na sua oferta “amanhã”.

Energia solar – energia emitida pelo sol sob a forma de energia electromagnética.

Equinócio – é definido como um dos dois momentos em que o Sol cruza o plano do equador celeste, em concreto o ponto onde a eclíptica cruza o equador celeste.

Espectro Solar – distribuição por comprimento de onda (ou frequência) da radiação electromagnética emitida pelo Sol.

Estagnação – estado de um colector ou sistema no qual nenhum calor está a ser removido por um fluido de transferência de calor.

F

Fluido de Transferência de Calor – fluido utilizado para transferir a energia térmica entre os componentes num sistema.

Fluxo Solar – fluxo de radiação originário do Sol.

Fracção Solar – percentagem de energia usada no aquecimento de água, que pode ser coberta pelo sistema solar.

G

H

Hora Solar – hora do dia, que é determinada pelo movimento angular aparente do Sol. O meio-dia solar é o ponto de referência.

I

Insolação – energia recebida num determinado local durante um certo período de tempo. As suas unidades podem ser h_{sol}/dia (horas solares por dia) ou W/m²h (watts por metro quadrado hora).

Irradiação – quantidade de energia radiante que atravessa uma superfície durante um intervalo de tempo, por unidade de área desta. Numericamente, é igual à

integração da irradiância ao longo do intervalo de tempo em causa. As unidades em que usualmente se expressa esta grandeza são J/m^2 .

Irradiação solar directa (G_b) – quociente entre o fluxo de radiação incidente numa determinada superfície receptora proveniente de um pequeno ângulo sólido centrado no disco solar pela área da superfície receptora. Esta radiação expressa-se em W/m^2 .

Irradiância – densidade de potência incidente numa superfície, isto é, o quociente entre o fluxo de radiação incidente na superfície pela área da superfície, ou a taxa de energia incidente na superfície por unidade de área. As unidades são W/m^2 .

J

K

Kilowatt-hora (kWh) – unidade básica de energia ($1kWh=3600 KJ$).

L

Latitude ($^\circ$) – distância em graus de um lugar ao equador.

Longitude ($^\circ$) – coordenada terrestre que é a amplitude do arco do equador e o semi-meridiano do local considerado.

M

Meio-dia Solar – instante de tempo correspondente à situação na qual o ângulo horário solar assume valor nulo.

N

O

P

Piranómetro – aparelho de medida da irradiação solar numa superfície.

Potência – grandeza que determina a quantidade de energia concedida por uma fonte num determinado intervalo de tempo.

Q

R

Radiação – mecanismo de transmissão de energia através da propagação de ondas electromagnéticas.

Radiação Difusa – luz solar recebida indirectamente, proveniente da acção da difracção nas nuvens, nevoeiro, poeiras e outros obstáculos na atmosfera.

Radiação Directa – luz solar recebida directamente do Sol através de um raio solar.

Radiação Global – radiação solar total que atinge uma superfície sendo igual à soma da radiação directa, difusa e reflectida.

Radiação Reflectida – parcela da luz solar proveniente da reflexão dos objectos circundantes, como edifícios, solo, etc.

Rendimento do Colector – razão entre a energia removida pelo fluido de transferência de calor num intervalo de tempo específico pelo produto da área definida para o colector e a irradiação total incidente no colector no mesmo intervalo de tempo.

S

Solar Fotovoltaico – sistema que converte directamente a radiação solar em energia eléctrica.

Solar Térmico – sistema que utiliza a radiação solar sobretudo para aquecimento de águas, podendo também produzir-se vapor e electricidade.

Stand-by – quando um aparelho está em modo de repouso (pronto a trabalhar) e continua a consumir energia.

Superfície não Selectiva – superfície cujas propriedades ópticas da reflectividade, absorvidade, transmissividade e de emissividade são espectralmente uniformes, ou seja, são independentes do comprimento de onda da radiação quer de pequeno comprimento de onda quer de grande comprimento de onda.

Superfície Selectiva – superfície cujas propriedades ópticas da reflectividade, absorptividade, transmissividade e de emissividade são dependentes do comprimento de onda.

T

Temperatura de Estagnação – se o circuito solar não transporta calor e na existência de elevada radiação solar o absorvedor atinge temperaturas muito elevadas. Quando as perdas de calor para a atmosfera forem iguais ao calor absorvido pelo absorvedor então o absorvedor atinge a sua temperatura máxima.

Termossifão – efeito que consiste na movimentação de um fluido que ao aquecer reduz a sua densidade e ao arrefecer aumenta a sua densidade.

Transmitância – transparência da cobertura de vidro do colectador solar.

U

Ultravioleta (UV) – radiação electromagnética compreendida entre o comprimento de onda dos 4 aos 400 nm.

V

Volt (V) – unidade de medida da “força” dada a um electrão num circuito eléctrico.

W

Watt (W) – unidade de potência eléctrica ou térmica, ou quantidade de trabalho realizado numa unidade de tempo.

X

Z

Zénite – ponto situado verticalmente acima do observador.

Anexos

Anexo I – Normas e Legislação

Na presente dissertação estão mencionadas e descritas algumas passagens de diversas Normas Portuguesas e Europeias. Para a realização deste trabalho, foi necessário seguir os procedimentos de ensaio e teste que algumas normas, mencionadas em seguida, possuem.

Normas consultadas ou utilizadas para a realização da dissertação:

- i. Norma EN 12975-1 – Thermal solar systems and components – Solar collectors – part 1: General Requirements (2007) ^[13]
- ii. Norma EN 12976-1 – Thermal solar systems and components – Factory made systems – part 1: General Requirements (2007) ^[15]
- iii. Norma ISO 9459-5 – Solar Heating – Domestic water heating systems – Part 5: System performance characterization by means of whole-system tests and computer simulation (2007) ^[23]
- iv. Norma ISO 9459-2 – Solar heating – Domestic water heating systems – Part 2: outdoor test methods for system performance characterization and yearly performance prediction of solar-only systems (1995) ^[21]
- v. Norma Portuguesa EN ISO 9488 – Energia Solar – Vocabulário (2005)

É de realçar que as normas mais utilizadas e mais consultadas foram as normas que descrevem a metodologia de ensaio para os colectores solares. Essas normas são a EN ISO 9459-2 e 9459-5. A primeira norma incide na metodologia de cálculo CSTG, sendo que a segunda versa sobre a outra metodologia de cálculo para os sistemas solares – metodologia DST.

Anexo II – Extracto do ficheiro LTP

```

\timestep,3600
\definechannel,t,3600[s],sample,'Time [hrs]'
```

Definechannel, Ta,1[xc],Mean,'Ambient temperature'	Definechannel, It,1[w/m],Mean,'global irradiance in collector plane [w/m-]'
\usechannels,t,Ta,It	
\datamode,Mean	
pre-running still 6 days	
*draw off fraction 1 at 18 unt-11 18.09, draw off rate = 9.96 l/min = 695.8 w/k	
start simulation	
EOF at t=365	
Rewind data file	
Run time = 0.27 [s]	

```

* Auxiliary timer:
*   from | to | Tset[øC] | PauxMax[w]
*   00:00 | 08:00 | 47 | 2E3
*   08:00 | 20:00 | 0 | 0
*   20:00 | 24:00 | 47 | 2E3

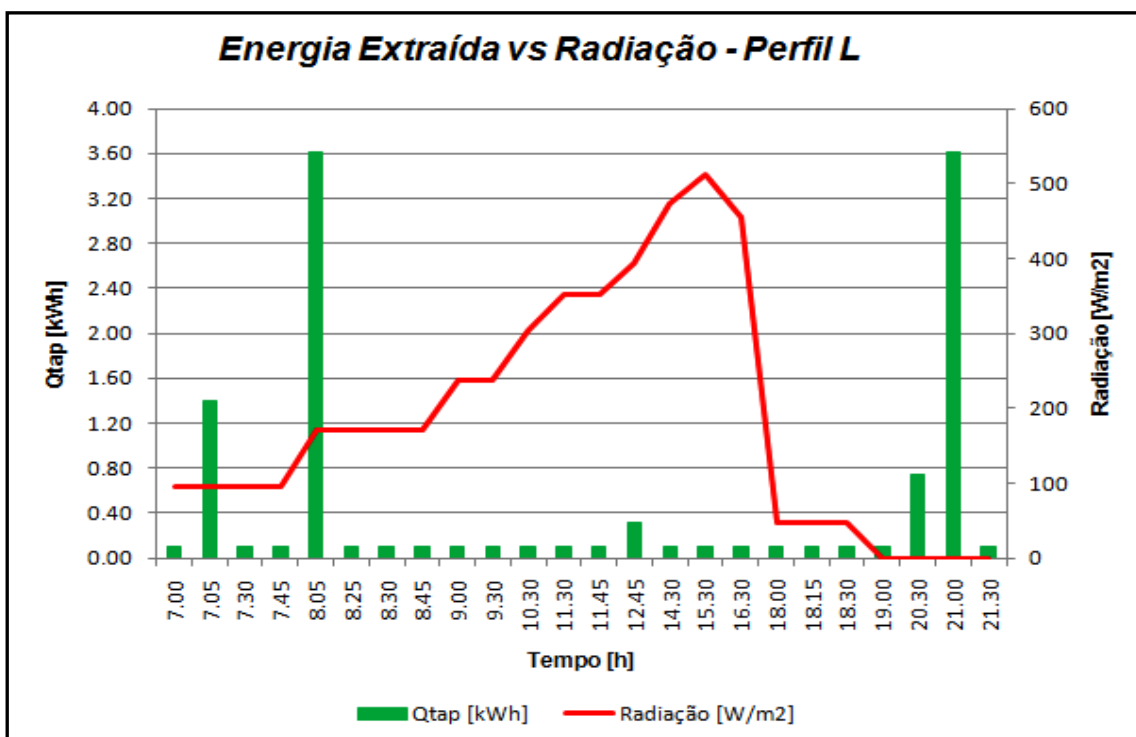
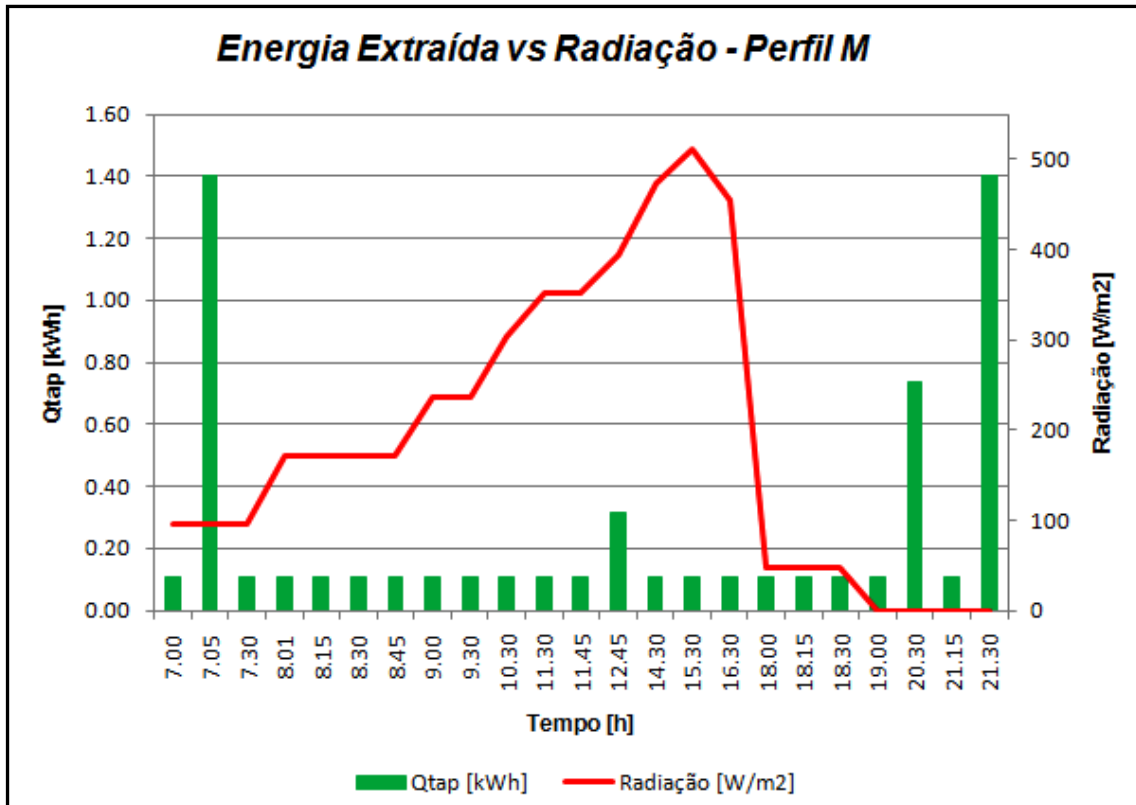
\summary
mains temperature ..... 10..10 [øC]
demanded temperature ..... 47 [øC]
average daily load volume ..... 55 [l]
average load power demanded ..... 98.7 [w]
skip negative load ..... On
maximum set temperature ..... 47 [øC]

simulation time ..... 365 [d]
solar irradiance ..... 202 [w/my]
collector ambient temp. .... 16.3 [øC]
store ambient temp. .... 16.3 [øC]
mean load capacitance rate ..... 2.67 [w/K]

fractional collector loop operation time ..... 0.13 [-]
minimum load temperature ..... 56.7 [øC]

average delivered power ..... 98.7 [w]
system gain ..... 96.9 [w]
fractional system gain ..... 0.982 [-]
auxiliary consumption ..... 1.82 [w]
average effective solar system area ..... 0.48 [my]
mean load temp. diff. .... 37 [K]
detailed results in file C:\EDST\R\Lxa55.DL.
*load profile and auxiliary clock on file C:\EDST\R\LXA55.SQT
```

Anexo III – Gráficos da Energia Extraída vs Radiação para os Perfis de Extracção M e L



Anexo IV – Gráficos dos climas da Directiva EcoDesign

