

Colectores Solares Térmicos - Análise de desempenho térmico de soluções tecnológicas no mercado

Pedro Nuno Alves Duarte

***Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica
- Energia Térmica -***

Orientador: Professor Doutor Eduardo de Oliveira Fernandes

Co-orientador: Arquitecto Francisco de Almeida



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho de 2012

Resumo

A alteração da consciência política e a crescente sensibilização da sociedade para o problema energético, nos seus variados aspectos, emerge como um ponto de viragem para o uso de energias renováveis. Das diversas formas de obtenção de energia, a energia solar é uma das que causa menos impactos no meio ambiente, além de ser uma das mais abundantes e gratuita.

A presente dissertação apresenta um estudo sobre o potencial de aplicação de painéis solares térmicos em Portugal, tendo em vista o aquecimento de águas no sector doméstico.

O trabalho consiste em cinco partes. Na primeira parte, é feito um enquadramento de Portugal em termos da sua evolução no mercado Solar Térmico à escala Europeia e Mundial.

Na segunda parte, faz-se uma breve abordagem às principais tecnologias de aproveitamento solar para produção de águas quentes sanitárias (AQS) e uma visão sobre seu potencial energético e possível impacto económico-ambiental.

Na terceira parte, foi feito um estudo sócio-económico sobre as famílias portuguesas, onde foram analisadas as suas dimensões, os seus rendimentos, as habitações e a distribuição do consumo energético.

Na quarta parte, é feito um estudo paramétrico tomando como “Caso de Referência” uma instalação unifamiliar representativa do Estado da Arte, onde são observáveis as consequências das modificações relativas aquela instalação ao nível dos ganhos energéticos.

Por fim, é ainda efectuada uma análise económica através da correlação entre a energia poupada no aquecimento de água e o período de recuperação de investimento ou *payback* da instalação solar térmica, tendo como fim último a avaliação da viabilidade financeira do investimento.

Desta forma, este trabalho para além de incluir um estudo teórico, proporciona uma orientação a implementação de uma unidade de produção de águas quentes por via solar térmica com base viabilidade económica da instalação e em critérios de rentabilidade à escala micro e macro-económica.

Abstract

The change in political consciousness and increasing awareness of society to the energy problem in its various aspects, appears as a turning point for the use of renewable energy. Of the several ways of obtaining energy, solar energy is one that causes less impact on the environment, besides being one of the most abundant and free.

This dissertation presents a study on the potential application of solar thermal collectors in Portugal, in order to heat water for households.

This work contains five parts. In the first part, Portugal was positioned in relation to the development of Solar Thermal Market in European and World context.

In the second part, a study was conducted on key technologies for exploitation of the solar resource for production of hot water and also an insight into energetic, economic and environmental potential.

In the third part, has realized a socio-economic study of Portuguese families. The dimensions of these were analyzed, their outlays, housing and distribution of energy consumption.

In the fourth part, a parametric study was done using as a "case study" a single-family installation representative of the State of the Art, which are observable consequences of the installation changes at the level of energy earnings.

Finally, was performed an economic analysis by the correlation between the saved energy for producing of hot water and the payback of investment of solar thermal, with the ultimate assessment of the financial viability of the investment.

This work also includes a theoretical study provides guidance to implement a production of hot water by solar thermal based economic feasibility of installation and cost effectiveness criteria to micro and macro-economic.

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível com o apoio e colaboração de um conjunto de pessoas. A todos os que participaram neste trabalho directamente ou indirectamente, desejo expressar o meu agradecimento.

Ao Professor Doutor Eduardo de Oliveira Fernandes, por me ter proporcionado a oportunidade de realizar este trabalho, pois permitiu-me obter sensibilidade a questões sociais que, muitas vezes, se sobrepõe aos conceitos técnicos e/ou teóricos.

Ao Arquitecto Francisco de Almeida pela sua co-orientação, bem como pela sua disponibilidade e apoio, as quais foram fundamentais para a realização deste trabalho.

De igual forma, quero agradecer aos meus pais e à minha família pelo apoio que sempre me prestaram desde o início do curso.

Agradeço também a todos os meus amigos e colegas que conheci ao longo do curso e que se mostraram disponíveis, contribuindo com conselhos valiosos para a realização deste trabalho.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Introdução | 1 |
| Objectivos | 3 |
| PARTE I - Evolução do Mercado Solar Térmico | 5 |
| Perspectiva Histórica da Energia Solar em Portugal | 7 |
| Mercado do Solar Térmico em Portugal | 10 |
| Evolução do Mercado..... | 11 |
| Contexto Energético Europeu | 13 |
| Capacidade Solar Térmica Mundial | 15 |
| Colectores Planos e de Tubos de Vácuo..... | 16 |
| Colectores sem cobertura | 18 |
| PARTE II - Tecnologias para aproveitamento solar | 21 |
| O Recurso Solar | 23 |
| Movimento Solar Aparente | 26 |
| Principais Tecnologias produção de AQS | 28 |
| Colector Parabólico Composto | 32 |
| Colector de Tubos de Vácuo | 34 |
| Potencial energético do solar térmico | 36 |
| Cenarização de impacto económico e ambiental das AQS | 37 |
| Peso do Solar Térmico no Saldo Importador Nacional..... | 37 |
| Cenário de Impacto Ambiental | 38 |
| PARTE III - Condicionantes à adopção do Solar Térmico | 43 |
| Condicionantes Sócio-Económicas | 45 |
| Enquadramento | 45 |
| Dimensão das famílias..... | 45 |
| Rendimento monetário disponível | 46 |
| Consumo e Despesa com energia do agregado..... | 47 |
| Caracterização da Habitação | 52 |
| Legislação aplicável ao Solar Térmico | 53 |
| Condicionantes Urbanísticas aplicáveis ao Solar Térmico..... | 53 |
| PARTE IV - Caso de Estudo | 55 |
| Metodologia | 57 |

| | |
|---|------------|
| Instalação de Referência | 59 |
| Variáveis em Estudo | 61 |
| Orientação | 61 |
| Área Colectora | 64 |
| Volume de armazenamento | 66 |
| Perfil de consumo | 67 |
| Tecnologia de colectora | 69 |
| Relação entre Rendimento e Fração Solar | 70 |
| PARTE V - Análise Económica | 71 |
| Situação Nacional | 73 |
| Análise sobre as Formas de Energia | 77 |
| Políticas de Incentivo | 80 |
| Curvas de Abatimento de Custos Marginais | 81 |
| Conclusões | 83 |
| Referências | 87 |
| Anexos | 93 |
| Anexo A – Capacidades Eólica e Hídrica instaladas em Portugal | 95 |
| Anexo B – Caracterização Económica, Social e Habitacional | 97 |
| Anexo C – Caracterização do Consumo Energético nos Alojamentos em Portugal | 101 |
| Anexo D – Cálculos | 109 |
| Conceitos | 161 |

Abreviaturas

AQS - Água Quente Sanitária

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

CPC - Concentrador Parabólico Composto

DER - Departamento de Energias Renováveis

DGE - Direcção Geral de Energia

DGGE - Direcção Geral de Energia e Geologia

INETI - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

PAES-P - Plano de Acção para a Energia Sustentável da Cidade do Porto

PIB - Produto Interno Bruto

PNAC - Plano Nacional de Alterações Climáticas

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE - Sistema de Certificação Energética

SPES - Sociedade Portuguesa de Energia Solar

UE - União Europeia

Simbologia

A - área do colector (m^2)

a1 - coeficiente global linear de perdas térmicas ($Wm^{-2}K^{-1}$)

a2 - coeficiente global quadrático de perdas térmicas em ($Wm^{-2}K^{-2}$)

G - intensidade da radiação solar incidente (W/m^2)

h - ângulo de altura solar ($^\circ$)

α - absorvidade da placa absorvora (%)

α_s - o ângulo de azimute solar ($^\circ$)

ΔT - diferença entre a temperatura da placa absorvora e a temperatura ambiente (K)

ϵ - emissividade (%)

η - rendimento do colector (%)

η_0 - rendimento óptico do colector (%)

τ - transmissividade cobertura (%)

Introdução

A avaliação do desempenho térmico de uma instalação solar para produção de AQS com recurso a um Software de simulação oferece resultados para situações ideais de utilização e de instalação, não expondo toda a realidade do colector “no terreno” pois a energia útil que efectivamente é possível captar num colector solar térmico é muito sensível à concepção da instalação, à tecnologia empregue, à sua implementação e ao perfil de uso de AQS em cada caso.

Sabendo que esse desempenho é muito provavelmente inferior aos valores teoricamente calculados e a despeito da falta de informação e de estudos concretos sobre o rendimento das instalações “no terreno” realizou-se um estudo paramétrico recorrendo à alteração das principais variáveis de projecto envolvidas numa instalação solar térmica, tendo em vista a avaliação dos benefícios/prejuízos causados por essa mesmas alterações, procedendo á sua quantificação relativamente uma “situação de referência”.

Portugal, actualmente, ainda tem um baixo nível de aproveitamento do potencial energético renovável, de modo particular no que respeita aos sistemas solares térmicos, mesmo possuindo condições de radiação solar bem acima da grande maioria dos restantes países Europeus.

A redução do consumo de combustíveis fósseis, em especial nos países sem reservas petrolíferas, como Portugal, permite a diminuição da dependência externa destes, contribuindo simultaneamente para uma economia mais sustentável, bem como a redução dos impactos negativos resultantes da sua queima e transformação de energia.

Objectivos

Nesta dissertação pretende-se estudar as soluções existentes no mercado para o aquecimento de águas sanitárias à luz do seu potencial de uso no sector habitacional, em particular no Norte de Portugal, incidindo sobre os aspectos económicos, sociais, de política energética e de política urbana.

Há indícios de que a produtividade do parque de instalações solares para aquecimento de água em habitações em Portugal é significativamente inferior ao que seria de esperar com base no desempenho de cálculo e de ensaio dos componentes dessas instalações. Infelizmente esta questão de grande importância prática não tem recebido a atenção que lhe seria devida por parte das entidades que tutelam a política energética portuguesa, nem tão pouco por parte do mundo académico.

Naturalmente esta questão não pode ser respondida numa simples dissertação de mestrado, visto que é necessário um extenso trabalho de campo que não se coaduna com o calendário e os recursos de um trabalho individual. Contudo, dada a falta de informação e de estudos concretos sobre o rendimento das instalações “no terreno” pretende-se avaliar, através de um estudo paramétrico, os ganhos solares esperados nas instalações solares térmicas relativamente às condições idealmente pretendidas, quantificando deste modo estas perdas energéticas. Posteriormente, o objectivo final será expor o seu potencial energético na substituição de AQS e consequentes impactos económicos no nosso país, às escalas micro e macro.

PARTE I

Evolução do Mercado Solar Térmico

Perspectiva Histórica da Energia Solar em Portugal

Quase um século antes da crise petrolífera de 1973, o cientista português Padre Manuel António Gomes (mais conhecido por “*Padre Himalaya*”) dedicou parte da sua vida à investigação e desenvolvimento de equipamentos para a conversão térmica da energia solar, tendo inventado diversos equipamentos inovadores de concentração solar.

O reconhecimento mundial do seu trabalho surgiu em 1904, com a atribuição do Grand Prix da Exposição Universal de Saint Louis, EUA, ao seu invento Pirelióforo (ver *Figura 1*), um forno solar que atingiria temperaturas na ordem dos 3800 °C. Para este invento encontravam-se previstas diversas aplicações, tais como a produção de água potável em locais desérticos, a produção de vapor em processos industriais, a fusão de materiais ou a produção de fertilizantes.

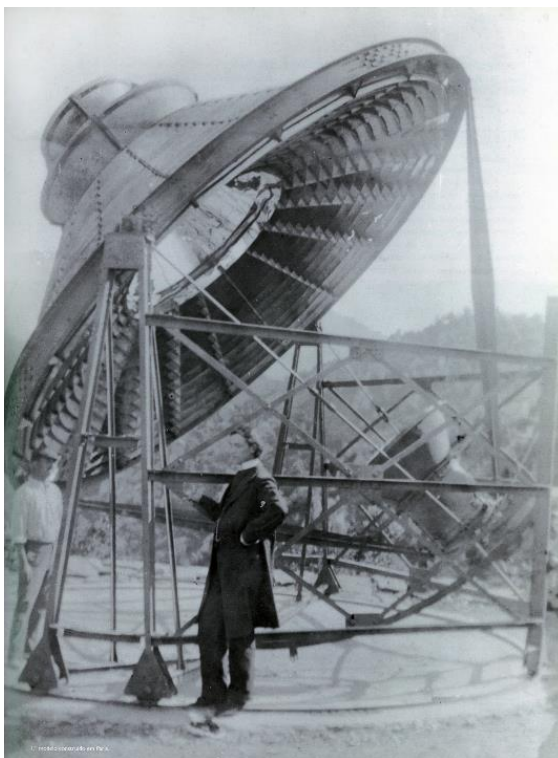


Figura 1 - Retrato do Padre Himalaya junto do seu invento, o Pirelióforo [1]

Depois de uma paragem nos desenvolvimentos nesta área no nosso País, verifica-se um aumento da investigação nesta área na década de 60, através de trabalhos desenvolvidos pelo Doutor Salgado Prata, actual membro da Sociedade Portuguesa da Energia Solar (SPES), no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) nas áreas da destilação solar, aquecimento de água para usos domésticos, cozinhas solares, refrigeração solar, secagem, propriedades de materiais sob a acção da radiação e da arquitectura solar. Ainda nessa década e em sintonia com a política israelita de utilização em larga escala de equipamento solar térmico, assistiu-se à importação de

colectores solares térmicos por parte da primeira empresa portuguesa do sector, FALCONER, Lda., empresa que se encontra ainda em actividade, tendo sido o primeiro sistema solar instalado em Lisboa. [2]

Na década de 70, e à semelhança do ocorrido em muitos outros países, foi dada uma maior atenção à energia solar. Sendo Portugal um dos países da OCDE com maior dependência energética, a crise petrolífera de 1973 teve um enorme impacto em todos os sectores da economia. Neste contexto, a adesão de Portugal à Agência Internacional de Energia foi imediata, tendo sido reiniciados trabalhos de investigação na área da energia solar num novo laboratório do Estado, a partir do esforço conjunto de cientistas e engenheiros do Laboratório de Testes Mecânicos (LEM) da Direcção Geral de Combustíveis.

Com a mudança de regime político, em 1974, abriram-se portas para a discussão pública de temas políticos, económicos, sociais, culturais ou científicos, sendo a dependência energética do País e a abordagem à política a seguir no domínio da energia, um dos temas em discussão. No final dessa década o debate centra-se na energia nuclear e nas questões ambientais.

Os cientistas e engenheiros a desenvolver trabalho na área da energia solar no LEM, juntamente com investigadores doutorados no exterior e entretanto regressados ao nosso país, tiveram a oportunidade de participar nestas discussões, quer a nível nacional quer a nível internacional, abordando o futuro da energia em Portugal em seminários, congressos e artigos, dando especial ênfase aos importantes recursos existentes no nosso país, em contraposição com a enorme dependência de combustíveis fósseis. O desenvolvimento deste trabalho conjunto permitiu reunir agentes e personalidades qualificadas nesta área que foram a base para a fundação, em 1980, da SPES. Ao longo desta década foram desenvolvidos diversos trabalhos neste domínio, realçando-se o papel de destaque do então Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI), através do seu Departamento de Energias Renováveis criado a partir do LEM.



Figura 2 - Logótipo da Sociedade Portuguesa de Energia Solar (SPES) e do Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (INETI) [3][4]

Assim, assistiu-se à construção da Casa Termicamente Optimizada, no Porto, ao arranque da Central Solar de Águas de Moura, à criação de Comissões Técnicas de Normalização, produzindo as primeiras normas portuguesas na área dos equipamentos solares térmicos, ao desenvolvimento da óptica CPC aplicada à construção de colectores solares térmicos, para além da participação em projectos europeus nas áreas do potencial de radiação solar e dos testes de qualificação de colectores solares.

Na década de 90 assiste-se à acreditação do LECS - Laboratório de Ensaio de Colectores Solares, estrutura ligada ao INETI/DER e que se encontra na base da realização de ensaios de avaliação e qualificação de colectores e de sistemas solares térmicos. Nesta década são ainda desenvolvidos projectos a nível europeu e internacional em diversos domínios da energia solar, como sejam a dessalinização, a secagem solar, a alta concentração, a térmica de edifícios, fornos solares, solar fotovoltaico, o arrefecimento solar, entre outros.

Ao nível dos incentivos à adopção deste tipo de tecnologias, destaca-se o aparecimento do Programa VALOREN e, mais tarde, do Programa ENERGIA, visando o financiamento de equipamento para o aproveitamento das energias renováveis e, em particular, da energia solar.

Na viragem para o séc. XXI, assiste-se à realização do FORUM ENERGIAS RENOVÁVEIS, organizado em 2001 pelo INETI e que contou com a colaboração das mais destacadas figuras nacionais na área da energia solar. Como resultado da discussão promovida naquele FORUM em torno da situação presente e das estratégias a seguir para uma maior penetração deste tipo de tecnologias na sociedade, surge em 2001 o Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas e os sub-Programas deles decorrentes, Água Quente Solar para Portugal e P3E – Programa Nacional para a Eficiência Energética nos Edifícios, actualmente considerados na RCM 63/2003.

Como resultado destas iniciativas, assiste-se desde há algum tempo a um esforço conjunto no sentido de criar mecanismos de regulação e incentivos à utilização da energia solar nas suas diferentes vertentes, térmica, fotovoltaica e passiva, com a publicação de novos regulamentos mais exigentes que os anteriores, para a eficiência energética e características térmicas de edifícios, com a implementação de esquemas de certificação de equipamentos e de esquemas de formação de projectistas e instaladores, bem como com a regulamentação da venda de electricidade solar fotovoltaica por pequenos produtores independentes.

Mercado do Solar Térmico em Portugal

Portugal possui excelentes condições para o aproveitamento da radiação solar, sendo dos países que recebe mais energia por m² em toda a Europa. No entanto, apesar das boas condições, Portugal permanece na cauda da Europa no que respeita ao aproveitamento da energia solar, nomeadamente no que se refere ao aquecimento de água.

Este facto deve-se essencialmente aos seguintes factores [5]:

- algumas más experiências no primeiro período de expansão do solar na década de 80, associadas à falta de qualidade dos equipamentos e, sobretudo, das instalações, o que afectou negativamente a sua imagem;
- falta de informação específica sobre as razões do interesse e as possibilidades desta tecnologia junto dos utilizadores;
- custo elevado do investimento inicial, desencorajando a adopção de uma solução que pode competir com as soluções convencionais;
- barreiras técnicas e tecnológicas à inovação ao nível da indústria da construção e da instalação de equipamentos térmicos;
- insuficiência e inadequação das medidas de incentivo.

A área instalada de painéis solares térmicos em Portugal tem vindo a crescer nos últimos anos devido à crescente exposição mediática do solar térmico, e à imposição legal publicada no RCCTE de obrigatoriedade de instalação de colectores solares térmicos para produção de AQS em edifícios residenciais novos. O recurso a colectores solares para aquecimento de água tornou-se uma prioridade da política energética nacional, pelo que representa de potencial de aumento de utilização de recursos renováveis próprios, de redução das emissões de CO₂, de sustentabilidade energética nos edifícios e de redução da dependência externa. [2]

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005 concluiu que, para além das energias renováveis, que podem ser usadas pela via eléctrica, abrem-se também novas oportunidades significativas para usos directos da energia solar, nomeadamente no que diz respeito à produção de água quente sanitária e industrial, dando sequência ao Projecto Água Quente Solar para Portugal com a implementação a cargo da DGE. Desta forma, o Programa Água Quente Solar para Portugal é redinamizado, tirando partido, nomeadamente, da nova legislação sobre essa matéria no âmbito da revisão do RCCTE.

A medida Solar Térmico é compatível com o previsto no Plano Nacional de Alterações Climáticas (PNAC), prevendo inclusive uma antecipação das respectivas metas. [6]

Com as metas definidas no Plano “Portugal Eficiência 2015” para 2015, prevê-se a instalação de 1.385.665 m² (o valor médio para os 14 anos previstos na medida PNAC é aproximadamente de 100.000 m²/ano). A medida consiste na dinamização do solar térmico em Portugal com a criação de um incentivo financeiro que reduza o custo

dos sistemas solares térmicos, que permita ultrapassar a barreira do elevado investimento inicial na sua aquisição.

O objectivo a alcançar com a medida Micro-produção térmica visa a criação de um mercado sustentado de 175.000 m² de colectores instalados por ano, o que conduzirá a um número da ordem de 1,4 milhões de m² de colectores instalados, e operacionais, até 2015, o que representará cerca de 1 em cada 15 edifícios com Solar Térmico. Este programa visa também revitalizar o parque de equipamentos existentes, criando condições favoráveis para a substituição e/ou reparação/manutenção especializada.

Relativamente ao impacto, estima-se que através da implementação da área indicada de solar térmico possam ser alcançadas economias de cerca de 59.000 tep em 2015, nos sectores residencial e serviços. [2]

Evolução do Mercado

O Gráfico 1 é demonstrativo da evolução da capacidade instalada entre 2003 e 2011. Como se constata, o mercado decresceu cerca de 30% em 2011, derivado essencialmente da inexistência de mecanismos de incentivo ao sector solar térmico, que penalizam maioritariamente as vendas de sistemas para o mercado da moradia.

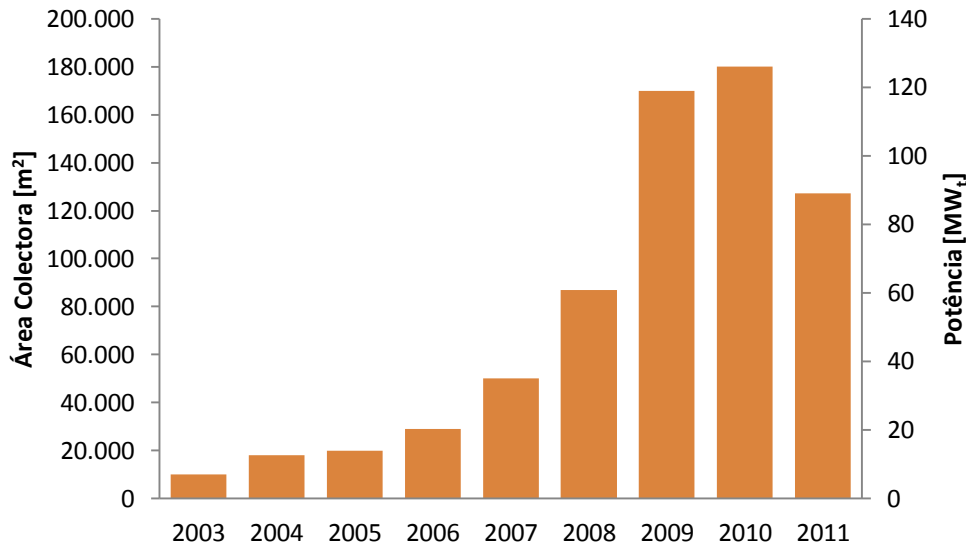


Gráfico 1 - Evolução da capacidade Solar Térmica instalada anualmente em Portugal (m² e MW_t) [7]

Estima-se, com base no enunciado anterior, que em 2011 foram instalados aproximadamente 127.000 m² (89 MW_t).

O Gráfico 2 apresenta a evolução da capacidade acumulada. De acordo com as estimativas, encontram-se instalados até à data cerca de 875.000 m² (613 MW_t). [7]

Relativamente à produção energética nacional, o peso relativo do solar térmico encontra-se ainda abaixo de outras tecnologias renováveis, como a Eólica (cerca de 4,3 GW) e a Hídrica (cerca de 5,3 GW) (ver Anexo A – Capacidades Eólica e Hídrica instaladas em Portugal)

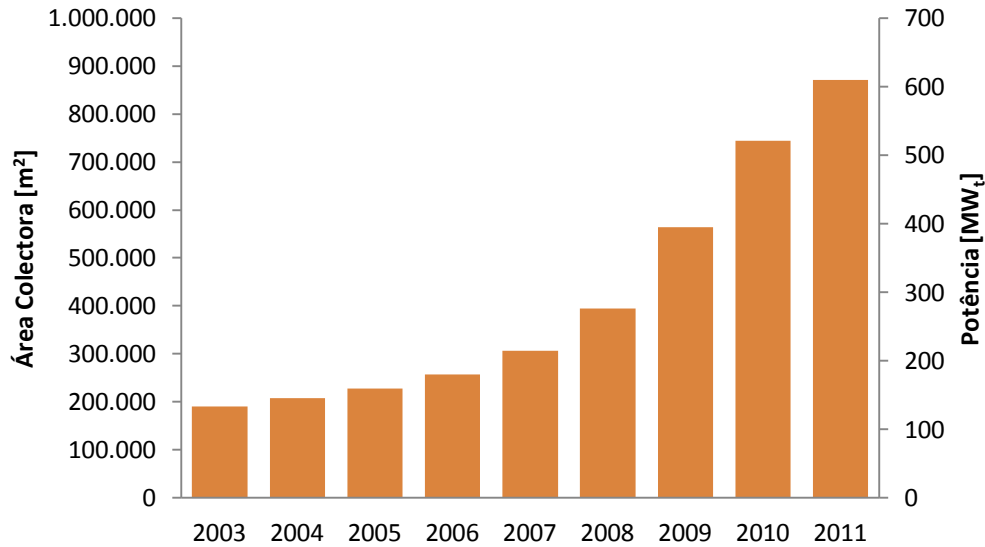


Gráfico 2 - Evolução da capacidade Solar Térmica acumulada anualmente em Portugal (m² e MW_t) [7]

De acordo com o método de cálculo desenvolvido pela ESTIF e pela International Energy Agency - Solar Heating & Cooling (IEA-SHC), estimou-se a produção de 88 MWh (0,1%) por via de colectores sem cobertura, 84.440 MWh (95,3%) por via de sistemas AQS e 4.058 MWh de sistemas combinados (Aquecimento + AQS) (4,6%) instalados em 2011.

Em 2011 e por comparação, tem-se que o consumo de gás natural foi de 55.780.000 tep e o consumo por via solar térmico foi cerca de 19.490 tep. [7]

Tal como se tem verificado nos países europeus, a tendência é de decréscimo da capacidade instalada, principalmente naqueles cuja capacidade instalada anualmente se encontra entre 200.000 m² (140 MW_t) e os 500.000 m² (350 MW_t).

Embora Portugal esteja no grupo dos países europeus com menor capacidade bruta instalada anualmente (> 140 MW_t), em valores per-capita supera a média europeia, com 52W_t/hab contra 47,6W_t/hab. [34]

Contexto Energético Europeu

Grande parte da energia utilizada na União Europeia (UE) provém de combustíveis fósseis, cujas reservas são finitas, e sendo uma das principais causas do aquecimento global do planeta. Uma parte significativa e crescente desta energia é importada de países não pertencentes à UE, tornando-a vulnerável a reduções no aprovisionamento ou a aumentos de preços sucessivos, como acontece actualmente. Até 2030, a dependência das importações de petróleo e de gás, poderá ascender, respectivamente, a 93 e 84%, se não houver uma reformulação do consumo de energia e diversificação das suas fontes. [2]

A política europeia da energia aborda vários vectores, que visam uma economia menos dependente de combustíveis fósseis. Reduzir o consumo de energia e aumentar a eficiência energética são um dos grandes objectivos da UE. Ao proporcionar a melhoria da eficiência energética, é possível contribuir de forma decisiva para a competitividade, a segurança do abastecimento e o respeito dos compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto sobre as alterações climáticas. Existem grandes potenciais de redução, em especial nos sectores que consomem muita energia, como o da construção, das indústrias transformadoras, da conversão da energia, dos transportes e dos edifícios.

Portugal é um país com escassa incorporação de recursos energéticos próprios, nomeadamente, aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos (como o petróleo, o carvão e o gás). Tal situação de escassez conduz a uma elevada dependência energética do exterior, sendo totalmente dependente das importações de fontes primárias de origem fóssil, e com uma contribuição das energias hídrica (fortemente dependente das condições climatéricas), eólica, solar e geotérmica, biogás, lenhas e resíduos, que importa aumentar.

Desde o início da década de noventa, o consumo de energia final cresceu em média 3,2% ao ano, cerca de sete décimas acima da taxa de crescimento média do Produto Interno Bruto (PIB) registada no mesmo período.

Os edifícios residenciais, e de serviços, são hoje responsáveis por mais de 60% do consumo de electricidade, representando uma fração importante das emissões relativas à produção de energia eléctrica com recurso a combustíveis fósseis. Neste sentido, no Plano Portugal Eficiência 2015, a área de Residencial e Serviços integra o programa de eficiência energética denominado “Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios”, que agrupa as medidas que resultam do processo de certificação energética nos edifícios, num programa que inclui diversas medidas de eficiência energética nos edifícios, nomeadamente isolamentos, melhoria de vãos envidraçados e sistemas energéticos. O Programa visa melhorar o desempenho energético dos edifícios, através

da melhoria da classe média de eficiência energética do parque edificado, mediante a implementação das orientações que regulam o Sistema de Certificação Energética (SCE).

O Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios é um dos três pilares sobre os quais assenta a nova legislação relativa à qualidade térmica dos edifícios em Portugal e que se pretende venha a proporcionar economias significativas de energia. Juntamente com os diplomas que vieram rever a regulamentação técnica aplicável neste âmbito aos edifícios de habitação (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios – RCCTE, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril) e aos edifícios de serviços (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios – RSECE, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril), o SCE define regras e métodos para verificação da aplicação efectiva destes regulamentos às novas edificações, bem como, numa fase posterior, aos edifícios já construídos. [2]

A face mais visível deste processo será o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior emitido para cada edifício, ou fração, e no qual estes serão classificados em função do seu desempenho numa escala predefinida de 9 classes (A+ a G). Este programa apresenta um potencial elevado de economias de energia até 2015, perspectivando-se alcançar economias da ordem dos 200.000 tep, pela melhoria do desempenho energético dos novos edifícios a construir, mas também pela inclusão de medidas de reabilitação eficiente no parque edificado existente.



Figura 3 – Escala de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior emitido para cada edifício [8]

O SCE obriga a que as novas edificações ou grandes reabilitações, alcancem quotas mínimas por classes de eficiência. Adicionalmente, em sede de regulamentação específica poderão ser desenvolvidos mecanismos que potenciem a melhoria da classe energética nos edifícios. O objectivo é o de certificar, no âmbito de novos edifícios ou remodelações, 475 mil fogos residenciais até 2015, isto é, alcançar nesse ano uma quota de 10% do parque com classe energética B- ou superior. Anualmente estimam-se que

sejam edificados cerca de 50 mil novos fogos, que naturalmente constituirão a principal base da certificação energética.

Desta forma, o SCE pode conduzir a economias médias de 30% aos 40% no consumo de energia, resultantes de pelo menos cinco áreas: renováveis, isolamentos, pontes térmicas, superfícies envidraçadas e sombreamentos.

Capacidade Solar Térmica Mundial

Em 2009, a capacidade total de colectores solares térmicos em operação à escala mundial foi cerca de 172 GW_t, correspondente a mais de 246 milhões de metros quadrados. Desse total, cerca de 88% foram devidos aos colectores de placa plana e de tubos de vácuo, sendo a restante capacidade devida a colectores planos sem cobertura e os colectores a ar.

A grande maioria destes estão instalados na China (102 GW_t), Europa (32,5 GW_t), Estados Unidos e Canadá (15 GW_{th}), que juntos respondem a mais de 86% do total instalado (ver *Gráfico 3*).

A restante capacidade instalada é dividida entre Austrália e Nova Zelândia (5,2 GW_t), América do Cento e Sul (4,7 GW_t), os países asiáticos da Índia, Coreia do Sul, Taiwan e Tailândia (4,6 GW_t), Japão (4,3 GW_t), do Oriente Médio representada por Israel e Jordânia (3,5 GW_t) e alguns países africanos (1,1 GW_t). [9]

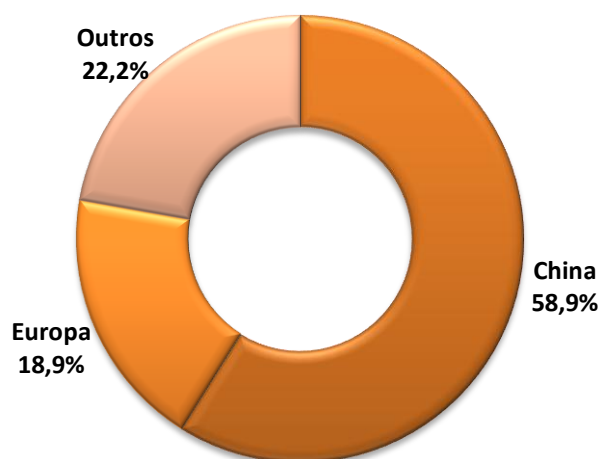


Gráfico 3 - Percentagem da capacidade total instalada em operação por regiões económicas (2009) [9]

O ano de 2009, verificou um aumento de cerca de 25% da área de colectores solares no mundo, e quase triplicando relativamente aos anteriores cinco anos, a uma taxa média de crescimento de cerca de 21% ao ano.

O principal motor de crescimento de mercado foi a China, situando-se bem acima da média dos principais mercados como a Europa, Estados Unidos e outras regiões económicas importantes, como o Japão, onde sector solar térmico sofreu com a crise económica, resultando em estagnação ou diminuição mercados locais. [9]

Colectores Planos e de Tubos de Vácuo

Em 2009, os principais mercados para os colectores do tipo placa plana e de tubos de vácuo situavam-se na China (29,4 GW_{th}; +35%) e Europa (3,6 GW_{th}; -10%), que juntos representaram cerca de 95% do total recém instalado em todo o mundo (ver *Gráfico 5*).

Relativamente a 2008, o mercado mundial de colectores planos cresceu cerca de 27%.

Para além da elevada taxa de crescimento verificada na China, a Austrália aumentou em mais de 78% o número de instalações, devido a um novo esquema de incentivo financeiro. No México, o número total instalações cresceu cerca de 32% e na Europa, em mercados muito pequenos e/ou emergentes (com um volume de menos de 50.000 m²/a) as taxas de crescimento situaram-se entre 50 e 100%. [9]

O Chipre possui aquecimento solar instalado em 50% dos hotéis e em 92 % das habitações particulares, sendo o líder mundial em área de colector per-capita. No continente europeu Áustria e Grécia estão no topo com mais de 0,26 m²/hab (ver *Gráfico 4*).

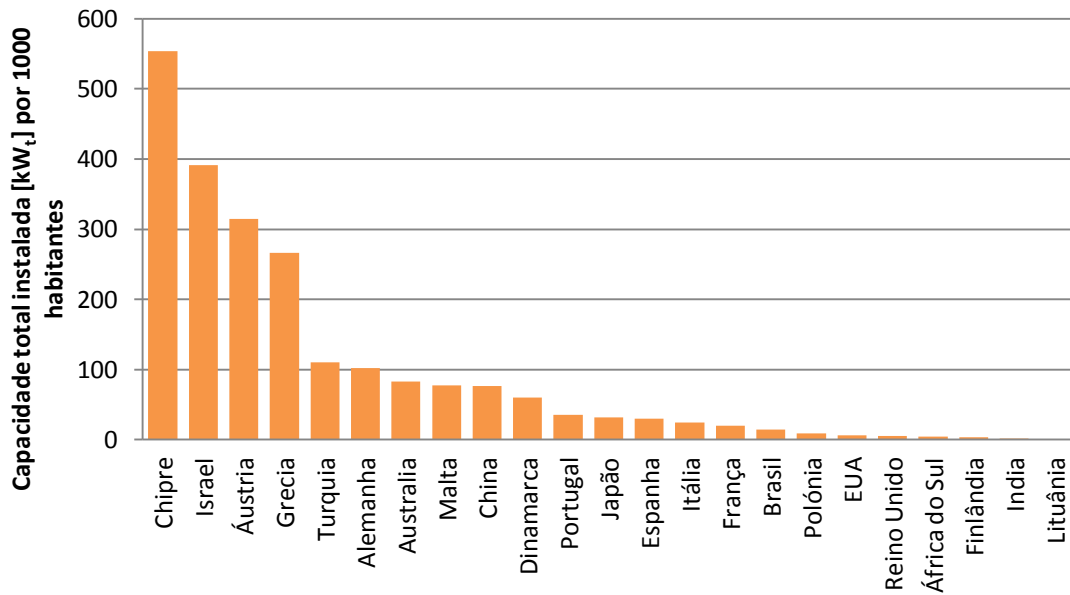


Gráfico 4 - Capacidade total instalada [kW_t] de colectores planos e de tubos de vácuo por 1000 habitantes (2009) [9]

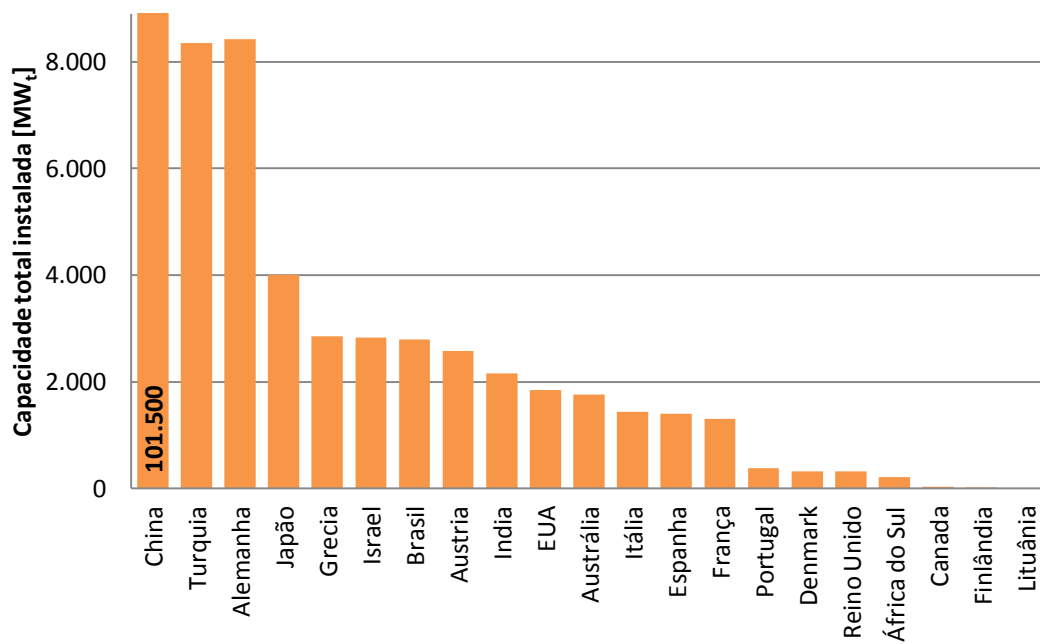


Gráfico 5 - Capacidade total instalada [MW_t] de colectores planos e de tubos de vácuo (2009) [9]

Por outro lado, alguns dos principais mercados em todo o mundo foram duramente atingidos pela recessão económica, como é o caso da Alemanha, com uma queda de 23% na capacidade instalada, o Japão com 32% e os Estados Unidos com 8,5%. [9]

Colectores sem cobertura

O mercado mundial de colectores solares sem cobertura registou, em 2008, um crescimento significativo no Brasil, Canadá e do Sul África, enquanto todos os outros mercados permaneceu bastante estável. Em 2009, foi mais ou menos o Brasil e México, que tiveram uma alta taxa de crescimento, enquanto a tendência geral para os colectores sem cobertura foi de estagnação ou de queda. Tipicamente utilizados para o aquecimento de águas de piscinas, os colectores sem cobertura tiveram uma diminuição de 7,7% do número de sistemas instalados em relação a 2008, contrastando com o aumento de cerca de 14% do ano anterior.

As taxas de crescimento mais notáveis nos mercados mais importantes deste tipo de colectores, foram a Austrália (+ 3,3%), Brasil (+ 46%), México (+ 52%), Portugal (+ 87%) e Suíça (+ 28%). Tendências de queda foram vistos na Áustria (-45%), Canadá (-18%), África do Sul (-46%), Espanha (-65%) e Estados Unidos (-24%). [9]

Distribuição dos sistemas por tipo de colector

A utilização da energia solar térmica varia muito para diferentes regiões do globo (ver *Gráficos 6*). Os colectores de tubos de vácuo são predominantes utilizados na China, enquanto que em outros países asiáticos, do Oriente Médio e da maioria dos países europeus estão equipados com colectores planos. Por contraste, na América do Norte e na Austrália os colectores sem cobertura (para aquecimento de piscinas) são a aplicação dominante.

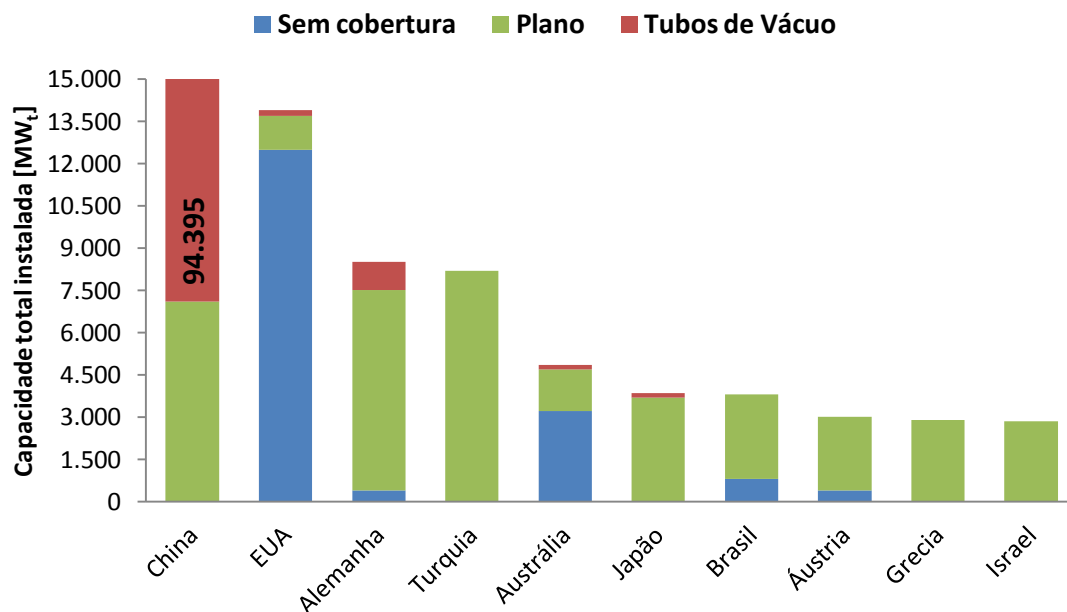


Gráfico 6 - Capacidade total instalada [MW_t] de colectores nos 10 principais países (2009) [10]

No final de 2009, a área de colectores de tubo de vácuo representavam cerca de 56% do total global instalado. Seguidamente, os colectores planos representavam cerca de 32%, os colectores sem cobertura 11% e os colectores a ar 0,7% (ver *Gráfico 7*). [10]

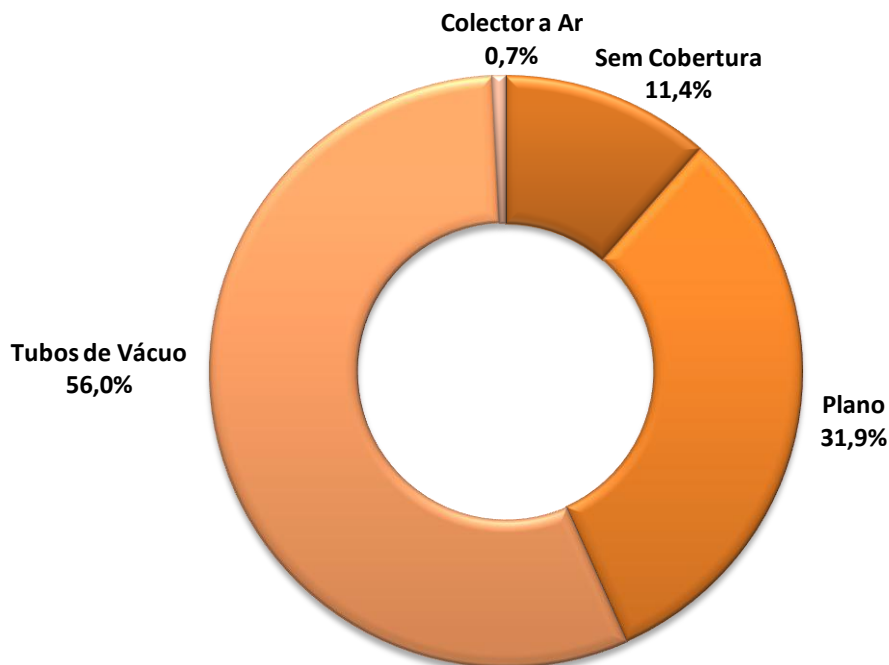


Gráfico 7 - Distribuição mundial dos sistemas por tipo de colector [10]

Há uma tendência notável para uma maior participação dos colectores de tubo de vácuo, que representaram mais de 78% da área colectora instalada em 2009.

O mercado de sistemas do tipo termossifão é mais elevado nos países asiáticos e África, enquanto na Europa, Estados Unidos, Austrália e Nova Zelândia os sistemas de circulação forçada são de longe os mais comuns. Em todo o mundo, 70 a 80% dos sistemas solares térmicos instalados (e mais de 85% dos novos sistemas) foram do tipo termossifão, em 2009.

As tendências, para os sistemas termossifão e para os colectores de tubos de vácuo, são grandemente afectadas pelo mercado chinês que influencia os números em todo o mundo, devido à taxa de crescimento desproporcionalmente elevada, combinada com um mercado dominante dessas tecnologias.

Espanha, Alemanha e Áustria têm os mercados mais sofisticados para diferentes aplicações do solar térmico, os quais incluem sistemas de preparação de AQS, sistemas para aquecimento de ambiente em habitação simples ou multi-familiar e hotéis, grandes instalações de aquecimento e um número crescente de aplicações em sistemas de ar condicionado e produção de frio industrial.

Contribuição para o fornecimento de energia e redução de CO₂

No final de 2009, a poupança energética retribuída pelos sistemas solares térmicos (em operação nos 53 países considerados na referência [10]) foi de 141.775 GWh, correspondendo a cerca de 14,4 milhões de toneladas equivalentes de petróleo e de 46,1 milhões de toneladas de CO₂, onde os colectores planos e de vácuo tiveram um peso de cerca de 92% do total, sendo os restantes 8% atribuídos aos colectores sem cobertura (os colectores a ar não foram contabilizados devido a seu pequeno peso relativo). [10]

PARTE II

Tecnologias para aproveitamento solar

O Recurso Solar

A principal fonte da energia disponível na Terra é o Sol. Esta energia, proveniente de um processo de fusão nuclear no centro do Sol, é radiada para o espaço sob a forma de ondas electromagnéticas.

Tendo em conta que o Sol se encontra a cerca de 143 milhões de quilómetros da Terra apenas uma pequena fração da energia irradiada chega ao nosso planeta. No entanto a energia emitida pelo Sol durante um quarto de hora é superior à energia usada pelo Homem, a nível mundial, durante um ano.

A energia solar é indispensável para a existência de vida na Terra, sendo o ponto de partida para a realização de processos físicos, químicos e biológicos. Os aproveitamentos energéticos da energia Solar tendem a ser das mais “amigas do ambiente”, podendo ser utilizados de diversas maneiras.

A intensidade da radiação solar no limite da exosfera tem um valor médio anual de 1367 W/m^2 . Ao atravessar a atmosfera, num dia de céu relativamente limpo, a radiação solar sofre uma atenuação de cerca de 30%, variando entre 960 e 1.000 W/m^2 na direção normal aos raios solares (ver *Figura 4*). O decréscimo no valor da radiação é devido à absorção por parte da composição atmosférica e da reflexão para o espaço. [3] [11]

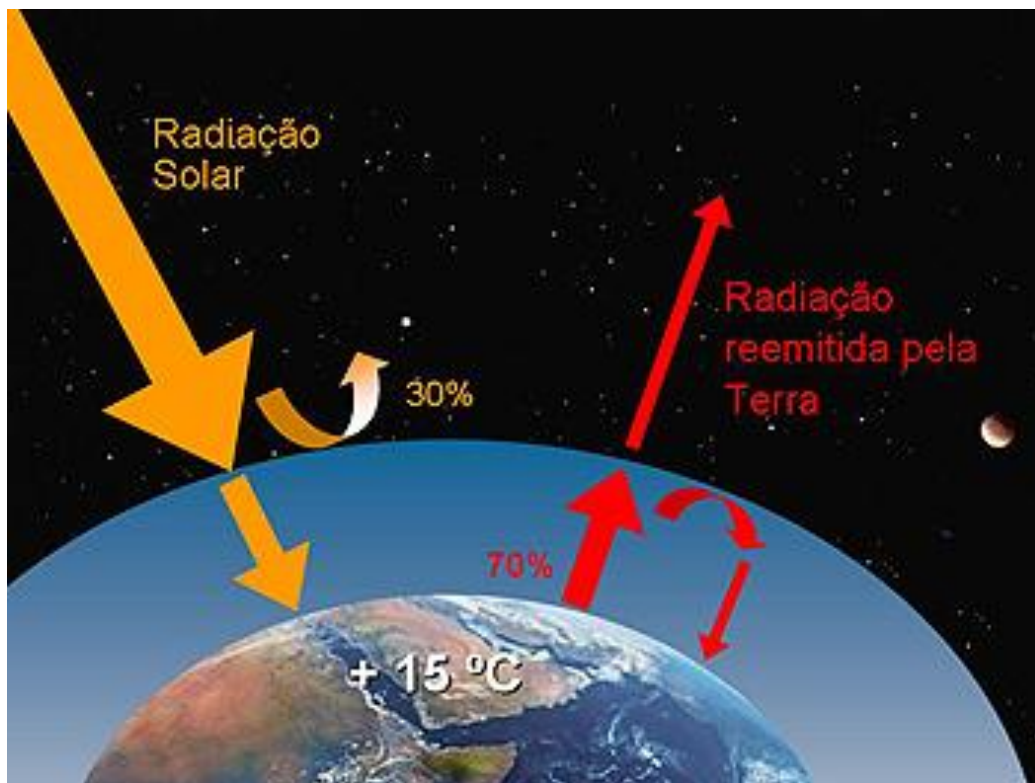


Figura 4 – Representação esquemática simplificada do balanço energético na atmosfera terrestre [12]

Relativamente à radiação solar que atinge a superfície terrestre, tipicamente distinguem-se três componentes:

- a radiação directa, que tal como a definição indica, constitui a parte da radiação do Sol que não foi dispersa, reflectida ou difundida ao atravessar a atmosfera e cujos raios, se encontram colimados na direção do disco solar.
 - radiação difusa, proveniente de toda a abóboda celeste excepto do disco solar. Esta componente da radiação solar resulta da reflexão pelas nuvens, da absorção/reemissão por parte da composição (O_3 , O_2 , H_2O , etc.) e da difusão por partículas (gotas de água, pó em suspensão, aerossóis, etc.).
 - radiação reflectida, é proveniente da reflexão do solo e de superfícies circundantes. A reflectividade do solo designa-se por albedo e depende apenas da sua composição superficial, textura e cor sendo afectada pela existência de neve, água, vegetação, etc.
- [3]

Portugal é um dos países da Europa com melhores condições para o aproveitamento do recurso solar. Os valores anuais da radiação solar global situam-se entre 1400 e 1800 kWh/m² (ver Figura 5) e dispõe de uma média anual de 2.200 a 3.000 horas de Sol no Continente, e de 1.700 e 2.200 horas, respectivamente, para os arquipélagos dos Açores e da Madeira.

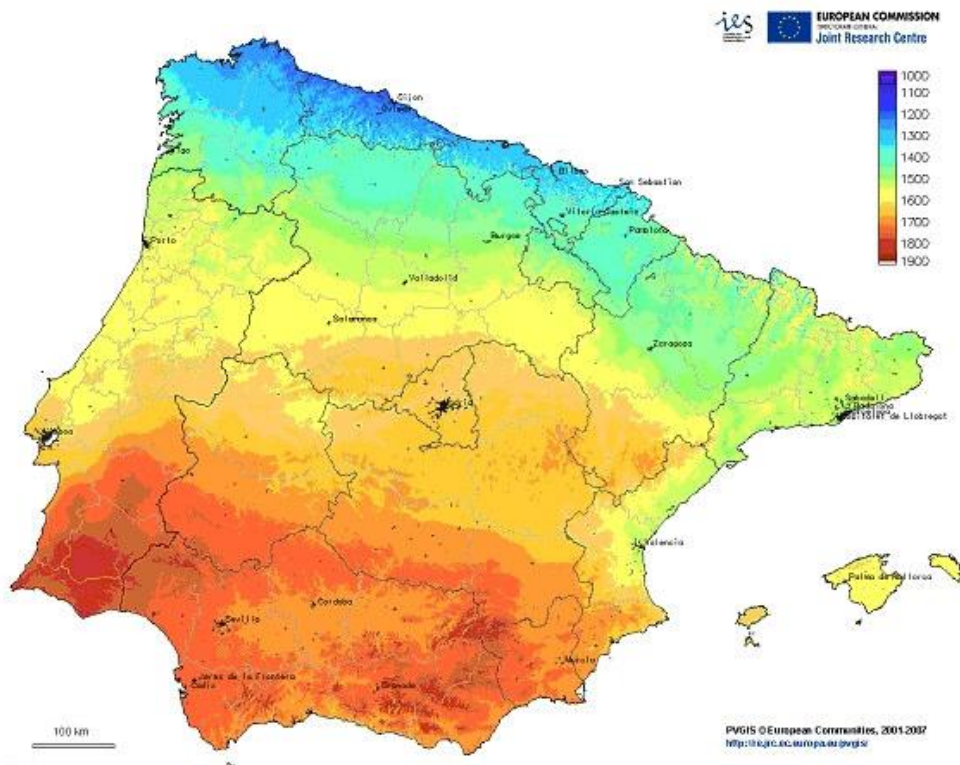


Figura 5 – Representação gráfica da radiação solar global na Península Ibérica (valores anuais em kWh/m²) [13]

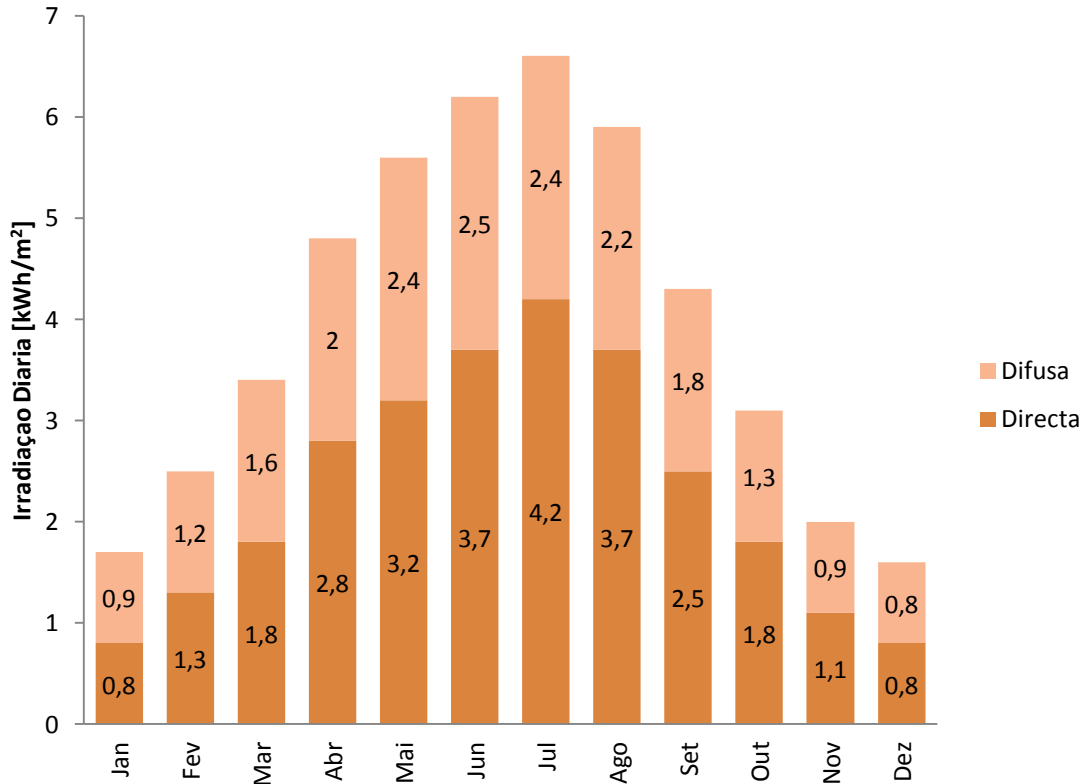


Gráfico 8 – Irradiação diária no concelho do Porto (valores em kWh/m²) [14]

A irradiação diária num dado local varia ao longo do ano, conforme se observa no *Gráfico 8*. Nos meses de Verão a irradiação diária atinge o seu valor máximo, e de Inverno o valor mínimo.

A parcela de radiação difusa tem um contributo significativo, sobretudo nos meses de Inverno onde pode representar cerca de 50% da irradiação diária incidente.

Nem toda a energia solar disponível no local é susceptível de aproveitamento, a quantidade de energia solar que é possível aproveitar dependerá:

- do tipo de tecnologia utilizada (fotovoltaica, térmica, etc.)
- do fim (onde se destacam aspectos como a temperatura que se deseja obter) e
- dos níveis de consumos

Em função dos aspectos atrás referidos deverá ser efectuado um dimensionamento adequado da instalação colectora, o qual permitirá a captação da energia necessária ao consumo em termos diário, sazonal ou anual.

Movimento Solar Aparente

A Terra descreve uma órbita elíptica em torno do Sol com um período de um ano e seis horas, sendo que a excentricidade a órbita terrestre é muito pequena, da ordem dos 4%. A variação da radiação fora da atmosfera é da ordem dos 5%, sendo cerca de 3,3% devido à excentricidade da órbita e de 1,5 % devido à própria actividade solar.

A Terra roda sobre si mesma, completando uma rotação por dia, o eixo de rotação da Terra, denominado eixo polar, forma um ângulo com a normal ao plano da órbita terrestre (denominado plano da Eclíptica) com um valor constante de $23,5^\circ$. Essa inclinação é responsável pelas várias Estações do ano.

Devido à inclinação do eixo da Terra, os dias de Verão são mais longos do que as noites ocorrendo o inverso no Inverno. As alturas solares que o Sol atinge são também mais elevadas nos meses de Verão que nos de Inverno. [15]

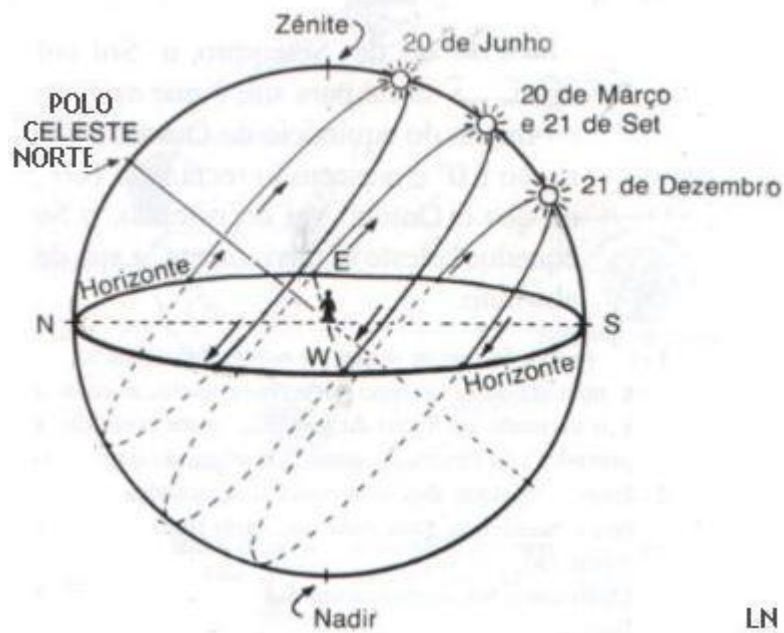


Figura 6 – Esquema do movimento aparente do Sol visto por observador à superfície da Terra [15]

Durante os equinócios da Primavera (21 de Março) e do Outono (22 de Setembro), os dias são iguais às noites, dado que a declinação solar é nula nessas datas. Estes são os únicos dias para os quais está correcta a afirmação: “O Sol nasce a Este e põe-se a Oeste”.



Figura 7 - Ilustração do efeito da inclinação do eixo da Terra em relação ao plano da Eclíptica sobre a insolação da superfície terrestre ao longo do ano [15]

Durante o solstício de Verão (23 de Junho) a declinação solar é de $+23,5^\circ$ e o Sol, encontrando-se sobre o Trópico de Câncer Celeste, nasce aproximadamente a NE e põe-se aproximadamente a NW. No solstício de Inverno (22 de Dezembro), a declinação aparente é igual em módulo mas de valor negativo, o Sol encontra-se sobre o Trópico de Capricórnio Celeste e a duração do dia é inferior à da noite. [3]

Em resultado dos factores acima referidos, a radiação recebida em cada ponto do planeta não é constante, já que depende da época do ano, da latitude geográfica, das condições atmosféricas, da hora do dia e do relevo.

Principais Tecnologias produção de AQS

Os colectores solares térmicos convertem a radiação solar incidente em energia térmica. Existem diversos tipos de colectores térmicos (sem cobertura, planos, selectivos, parabólicos, com tubos de vácuo, etc.) cada um destinado a diferentes aplicações com custos e ganhos energéticos próprios (ver *Gráfico 9*).

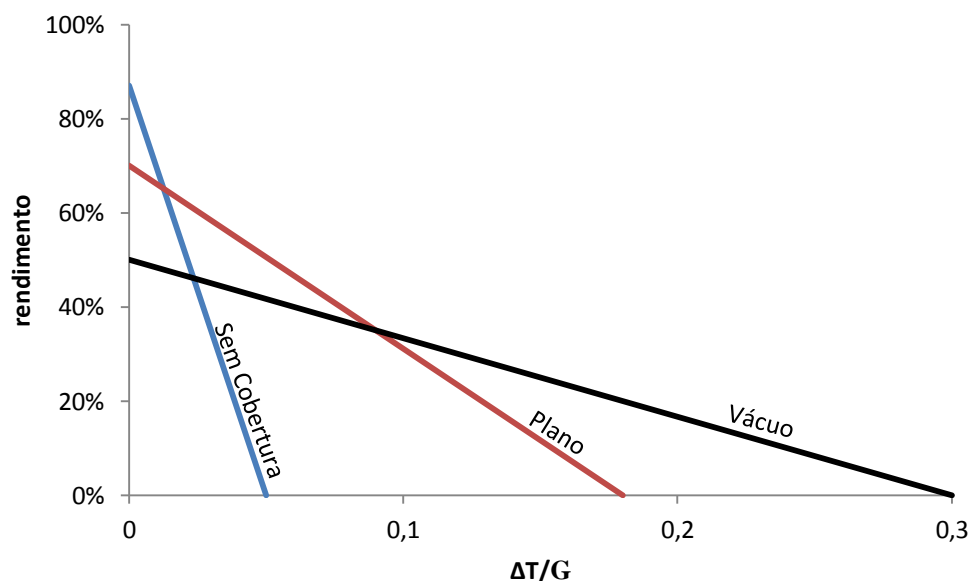


Gráfico 9 - Curvas de rendimento das diversas tecnologias colectoras [16]

O rendimento de um colector solar térmico exprime a percentagem de energia incidente sobre a cobertura do mesmo que é transferida para fluído.

Existem dois factores que terão influência no rendimento de um colector com cobertura que são:

- o coeficiente global de perdas térmicas (a_1 e a_2): que contabilizam as perdas térmicas no colector (condução, convecção, radiação e reflexão)
- a transmissividade: que não será de 100%, dado que passando a existindo uma cobertura, nem toda a radiação solar chegará à placa absorvedora. No entanto as coberturas actuais têm altos valores de transmissividade ($\approx 90\%$), sendo que assim, apenas para ângulos de incidência solar elevados a cobertura passa a ter uma importância relativa, uma vez que o seu índice de reflexão aumenta com o ângulo de incidência. [16]

Existem formas de estimar o rendimento de um colector plano com cobertura sem recorrer aos valores de emissividade e aos coeficientes de perdas térmicas

convectivos e condutivos, utilizando-se coeficientes globais de perdas térmicas. Estes coeficientes são determinados experimentalmente através de ensaios laboratoriais aos colectores. E são normalmente fornecidos pelos fabricantes. A relação entre o rendimento de um colector e estes conceitos pode ser descrita da seguinte forma (ver “Simbologia”):

O rendimento de um colector esta ligado intimamente às suas propriedades materiais e construtivas, que em resultado do uso por parte do utilizador irão ditar os valores da produtividade do colector.

De um modo geral, os colectores sem cobertura obtêm o melhor rendimento até 10°C de diferença de temperatura, ΔT , entre o ambiente e a média no colector, os colectores planos para um ΔT entre 10 e 50°C e os colectores de tubos de vácuo para diferenças acima dos 50°C.

A superfície do coletor afeta directamente o rendimento deste, dado que o vidro, presente nos colectores planos e de vácuo, apresenta-se inicialmente como uma barreira à transmissividade da radiação solar incidente. Por outro lado, o vidro impede que calor escape do interior do compartimento.

Os colectores sem cobertura são os de mais baixa eficiência, uma vez que possuem valores baixos de isolamento térmico. Assim são utilizados em aplicações onde se deseja incrementar em poucos graus a temperatura, por exemplo no aquecimento de águas de piscinas.

Para o caso em estudo foi dado ênfase aos colectores solares térmicos planos. Neste tipo de colector a radiação solar atravessa a cobertura de vidro do colector e é absorvida pela placa absorsora (ver *Figura 8*). Esta consiste numa chapa metálica (em alumínio ou cobre) que apresenta boas características de absorção de radiação solar e de transmissão de calor. Esta pode ser construída num único material ou em camadas de vários materiais. A placa absorsora possui normalmente um revestimento preto-baço ou outro material de propriedades selectivas à radiação. [3]

A placa encontra-se ligada a tubos de transferência de calor, podendo em casos raros ser a própria placa com as suas nervuras a cumprir o papel dos tubos. Quando a radiação solar atinge o absorsor esta é maioritariamente absorvida devido ao revestimento selectivo e o calor resultante é transferido da chapa metálica para os tubos ou canais de escoamento.

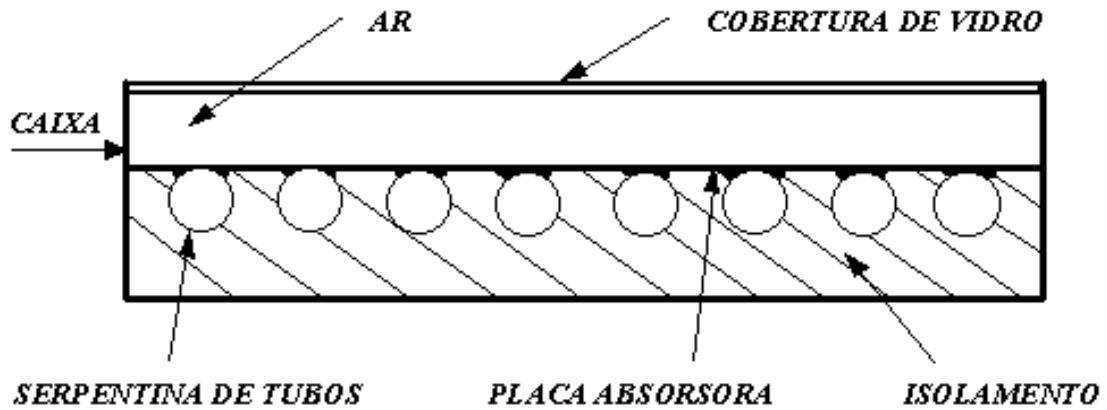


Figura 8 – Corte transversal esquemático de um coletor solar plano [3]

O calor é transferido para o fluido térmico (normalmente uma mistura de água com anti-congelante) que circula pela tubagem no circuito primário (circuito fechado entre os colectores e o depósito acumulador), que por sua vez transfere o calor para o depósito. [3]

A circulação do fluido térmico pode realizar-se de duas formas:

SISTEMA EM CIRCULAÇÃO FORÇADA: utiliza uma bomba circuladora que promove o transporte do fluido térmico entre os colectores e o depósito. O fluido no circuito primário transfere o calor através de um permutador (e.g. serpentina) que pode estar ou não localizado no interior do depósito acumulador da água de consumo. Trata-se de um sistema regulado através de comando diferencial que activa a bomba circuladora sempre que a água estiver mais quente nos colectores do que no depósito (ver *Figura 9*).

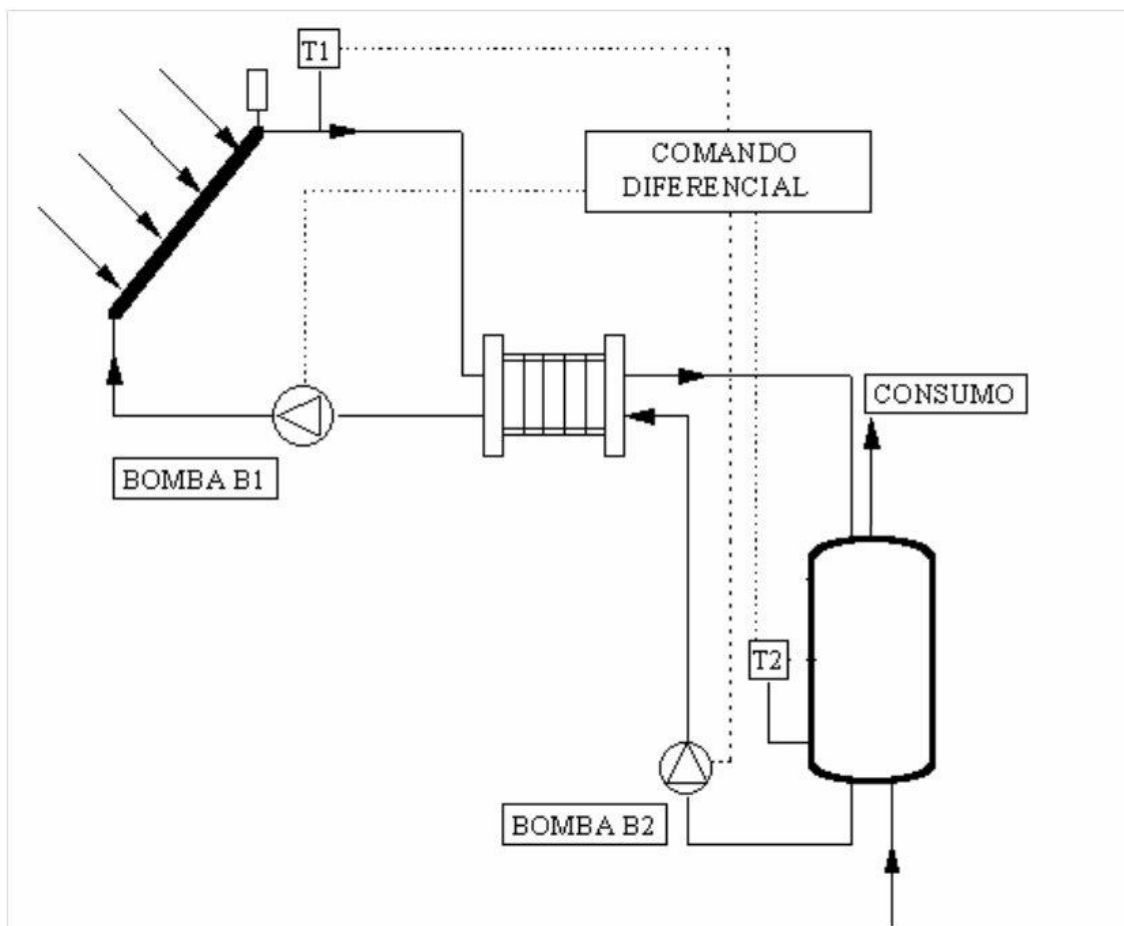


Figura 9 – Esquema de uma instalação solar térmica em circulação forçada [2]

SISTEMA EM TERMOSSIFÃO: dependente da circulação natural do fluido térmico, com base na diferença de densidades e na acção da gravidade. Sempre que exista diferença de temperatura entre o depósito e o colector, a água quente, tendo uma densidade menor, sobe do colector para o depósito sendo reposta por água mais fria que desce e reentra no colector.

Este tipo de sistema é auto-regulado, não possuindo partes mecânicas ou electrónicas. O sistema não consome energia auxiliar para bombagem e tem um custo de instalação mais baixo relativamente aos sistemas de circulação forçada. Pela sua simplicidade não está sujeito a avarias mecânicas associados a motores e bombas, não estando no entanto livre de avarias causadas pela congelação ou por deficiente concepção ou execução do sistema (ver *Figura 10*).

É aconselhável apenas para pequenas instalações pois não admite grandes comprimentos de tubagens devido às perdas de carga.

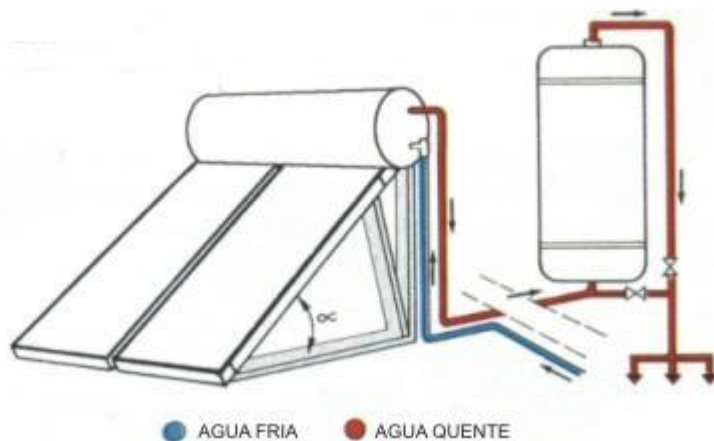


Figura 10 - Esquema de uma instalação solar térmica com circulação por efeito termossifão [6]

Nos sistemas em termossifão, o depósito de armazenamento é colocado a uma cota superior à dos colectores e, tipicamente, colocado no exterior do edifício. Em consequência as perdas térmicas por convecção para o ambiente são relativamente importantes. Em alguns casos, pode até haver inversão do sentido de circulação do fluido durante a noite, o que provoca o arrefecimento do fluido do depósito (problema este que pode ser facilmente ultrapassado introduzindo um desnível da ordem dos 30 cm entre colector e depósito ou instalando válvulas anti-retorno).

Outra limitação a este tipo de sistemas prende-se com a estruturação deste tipo de instalações. Para o depósito poder ficar posicionado numa cota superior, normalmente, este é instalado na horizontal resultando deste modo uma menor estratificação térmica relativamente à posição vertical e a impossibilidade de proteger o depósito da intempérie. [3]

Pelas razões anteriormente expostas, e por questões de impacto visual em ambiente urbano os sistemas com circulação por termossifão não serão considerados na presente dissertação.

Colector Parabólico Composto

Os colectores parabólicos compostos (CPC) distinguem-se dos colectores planos pelo uso de reflectores para concentração da radiação e pela geometria da superfície absorvora. Nos colectores planos existe uma superfície plana à qual estão soldados os tubos. No caso dos CPC's a área absorvora é constituída por duas alhetas unidas a um tubo e colocadas no foco da superfície reflectora (ver *Figura 11*).

Como consequência, a captação solar realiza-se nas duas faces das alhetas, resultando em menores perdas térmicas. Na seguinte ilustração vemos o efeito dos raios solares sobre a superfície.

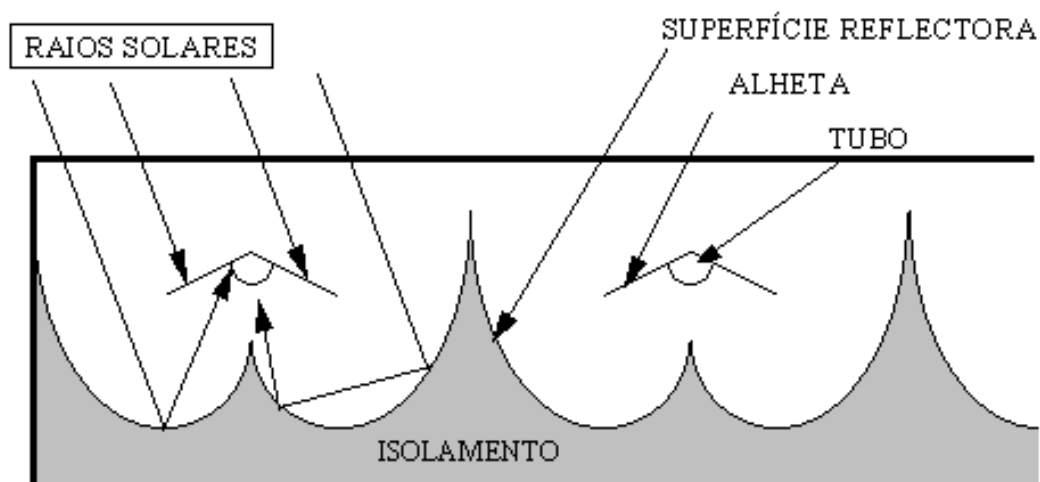


Figura 11 - Corte transversal esquemático de um coletor parabólico composto [2]

O Sol incide na parte superior das alhetas e na superfície parabólica reflectora. Os raios reflectidos incidem na parte inferior das alhetas ou directamente no tubo, contribuindo para o aquecimento do fluido. A área de absorção sendo constituída só pela superfície das alhetas promove menos perdas de calor, melhorando do rendimento térmico. A zona situada entre a superfície reflectora e a caixa é também preenchida com isolamento para evitar as perdas de calor pela parte inferior. [3]

No âmbito desta dissertação foi simulado o colector:

Modelo de colector: CPC AO SOL - Concentração 1,2x

- *Características térmicas: $a1=4,690 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$*
- *Rendimento óptico: $\eta_0=0,749$*

Colector de Tubos de Vácuo

Os colectores solares térmicos de tubos de vácuo são uma alternativa para um aproveitamento energético de maior rendimento. Estes colectores possuem coeficientes de perdas térmicas significativamente mais reduzidos em relação aos colectores planos e CPC's.

Este tipo de colectores são particularmente indicados para aplicações em que se requer um alto rendimento (produção de vapor, processos industriais, etc.), para locais de baixa radiação solar ou onde exista uma menor área disponível para a instalação, e também em lugares relativamente mais frios onde exista uma maior diferença entre a temperatura ambiente e a do colector. Assim sendo, os colectores poderão funcionar com rendimentos aceitáveis em dias frios durante o dia e em dias parcialmente nublados.

A radiação absorvida é transferida para um tubo de cobre no interior de um tubo de vácuo, que tem no seu interior um líquido que vaporiza com o calor. Este sobe até ao ponto mais alto do tubo onde se encontra o condensador. A água fria passa pelos vários condensadores do colector absorvendo assim o calor fornecido por estes (ver *Figura 12*).

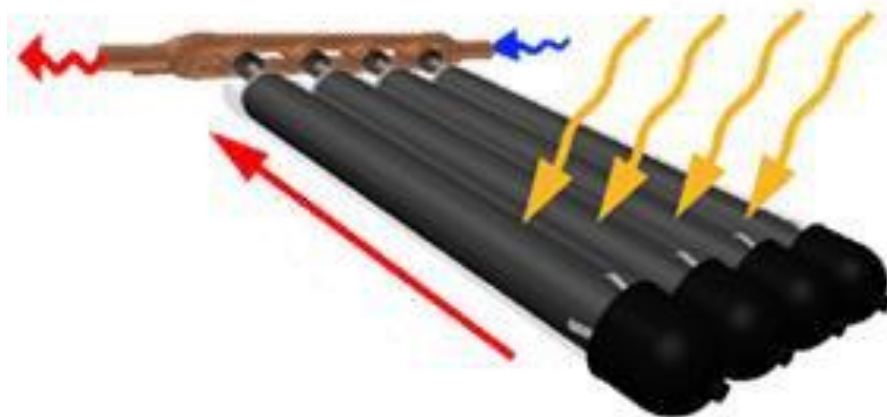


Figura 12 – Esquema de transferência de calor num colector solar de tubos vácuo [18]

As propriedades isolantes do vácuo permitem que o calor não seja perdido para o meio circundante devido à redução do coeficiente de condução. Por exemplo, quando a temperatura do tubo interior está a 150°C, o tubo exterior está a uma temperatura de cerca de 25°C. [19]

No âmbito desta dissertação foi simulado o colectores:

Vitosol 200 SD2 – Tubos de vácuo

- *Características térmicas: $a1=1,740 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ $a2=0,004\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-2}$*
- *Rendimento óptico: $\eta_0=0,775$*

Potencial energético do solar térmico

No final de 2011 existiam cerca de 875.000 m² de colectores instalados em Portugal correspondendo a cerca 600 MW.

Em território nacional, é possível captar anualmente uma fração solar média situada entre os 55% e os 70%, originando produtividade próxima dos 500 kWh/m² de colector. A preços actuais, o custo médio do colector instalado situa-se em 500 euros/m² representando um potencial energético na ordem de 1.000 MWh/M€.

Por outro lado, no mesmo período, a potência eólica instalada representava cerca de 4.300 MW, ou seja, uma potência instalada sete vezes superior relativamente ao potencial solar térmico, fruto das políticas energéticas adoptadas pelo nosso país nos últimos anos.

Admitindo que um aerogerador com 1 MW de potência representa um custo próximo de um milhão de euros e que este anualmente tem cerca de 2.000 horas de funcionamento, verificamos que o potencial energético do sector eólico é na ordem dos 2.000 MWh/M€, ou seja, duas vezes superior ao potencial energético do solar térmico.

No entanto, o aumento do mercado de colectores solares e o aumento do preço dos combustíveis irá certamente permitir diminuir significativamente este custo, que é ainda elevado face aos custos típicos nos mercados Europeus de maior dimensão, pelo que há um potencial elevado para que o aquecimento de água com colectores solares se possa tornar ainda mais atractivo nos anos mais próximos.

Cenarização de impacto económico e ambiental das AQS

Peso do Solar Térmico no Saldo Importador Nacional

No ponto de vista macro-económico, o aumento de instalações solares térmicas para produção de AQS nas habitações portuguesas permitirá reduzir a importação bruta de energia do país e com isso contribuir para a produção de riqueza.

A *Tabela 1* apresenta os preços médios de importação das principais formas de energia [7] para o aquecimento de águas e uma estimativa anual de poupança em importações energéticas, resultantes da adoção ao Solar Térmico por mais 20% de famílias portuguesas (cerca de 794.000 famílias).

| | Preço Médio de Importação [cent.€/kWh] | Energia Final [MWh/família] | Importações Evitadas [M€/ano] |
|-----------------------------------|--|-----------------------------|-------------------------------|
| Electricidade | 4,0 | 1,4 | 1,5 |
| Gás Natural | 4,1 | 2,1 | 19,7 |
| GPL Propano | 6,1 | 2,1 | 10,4 |
| GPL Butano | 6,2 | 2,1 | 43,2 |
| Gasóleo de Aquecimento | 7,0 | 1,7 | 8,2 |
| | | | |
| Total | | | 83,0 |
| Saldo Importador 2011 [M€] | | | 7.100 |

Tabela 1 – Estimativa anual de poupança em importações energéticas (em Milhões de Euros) resultantes da adoção por mais 20% de famílias portuguesas a instalações Solares Térmicas

Observando a tabela anterior verificamos que a adesão de 20% das famílias ao solar térmico permitiria reduzir anualmente mais de 80 milhões de euros em importações energéticas, em grande parte devido à redução das importações de gases.

Cenário de Impacto Ambiental

O uso de combustíveis fósseis tem contribuído para a poluição do meio ambiente e para a alteração do balanço térmico do planeta, provocando o aquecimento global.

O agravamento do efeito de estufa é um dos problemas mais discutidos na actualidade, sobretudo pela queima de combustíveis fósseis para produção de energia eléctrica, originando um elevado volume de emissões de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera.

Em 1997 foi aprovado no âmbito das Nações Unidas o Protocolo de Quioto, onde foram identificados muitos dos gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa, nomeadamente o CO₂, o metano, o óxido nitroso, os clorofluorcarbonetos (CFC's), etc.

O Protocolo de Quioto fixou como principal objectivo a redução da emissão de gases de efeito de estufa em pelo menos 5,2% relativamente aos níveis de 1990, no período entre 2008 e 2012. As metas de redução não são homogéneas para os países e foram colocados níveis diferenciados para os países mais emissores. [20]

O contributo que os sistemas solares térmicos podem ter na redução de emissões de CO₂e¹ pode ser expresso indirectamente pela quantidade de combustível fóssil que se evitou queimar, na produção de AQS.

Na óptica da Primeira Lei da Termodinâmica as energias envolvidas num qualquer processo são equivalentes. Estas têm qualidades diferentes decorrentes dos processos de conversão de energia primária em energia final. Basta atender-se aos custos económicos de uma unidade de energia eléctrica e de uma unidade de energia térmica que são bastante diferentes.

Um método expedito para comparar as diversas formas de energia em jogo, proposto na legislação portuguesa² atribui a cada forma final de energia um coeficiente de conversão em energia primária equivalente. Tal coeficiente de conversão contabiliza em termos médios os desempenhos dos sistemas de conversão energética típicos ou de referência permitindo assim converter todas as energias em jogo nas energias primárias equivalentes. [21]

¹ A unidade "CO₂ equivalente" corresponde a uma média pesada das quantidades emitidas por cada gás, pela sua actividade em termos de aumento do efeito de estufa. Os principais gases com efeito de estufa pertinentes na análise são o dióxido de carbono, o metano e o óxido nitroso, com os respectivos pesos CO₂=1, CH₄=21 e N₂O=310. [14]

² Publicação de nova legislação em 2008, Decreto-Lei nº 71/2008 de 15 de Abril, Portaria nº 519/2008 de 25 de Junho, Despacho nº 17313/2008 e Despacho nº 17449/2008, estes dois últimos da Direcção Geral de Energia e Geologia [21].

Na *Tabela 2* são apresentados os factores de conversão de energia final em energia primária [21], expressos em toneladas equivalentes de petróleo (tep) por unidade de massa (toneladas) ou por unidade de energia (kWh), e os correspondentes factores de emissões (FE) para as diferentes formas de energia utilizadas na produção de AQS.

| | PCI [kWh/kg] | Conversão [tep/ton] | Conversão [tep/kWh] | FE [kgCO ₂ eq/kWh] | FE [kgCO ₂ eq/tep] |
|-----------------------|-----------------|------------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Electricidade | - | - | 0,000215 | 0,470 | 2186,0 |
| GPL Natural | 12,53 | 1,077 | 0,000086 | 0,231 | 2683,7 |
| GPL Butano | 12,87 | 1,099 | 0,000085 | 0,227 | 2637,7 |
| Gás Propano | 13,26 | 1,099 | 0,000083 | 0,227 | 2637,7 |
| Gasóleo Aquec. | 11,85 | 1,022 | 0,000086 | 0,266 | 3089,2 |
| Lenha | 4,42 | 0,352 | 0,000080 | 0 | 0 |

Tabela 2 – Factores de conversão em energia primária e factores de emissões das várias formas de energia

Os factores de conversão atrás mencionados permitem assim calcular os valores das poupanças em energia primária e consequentes reduções em emissões de CO₂ correspondentes à instalação solar térmica de “referência”. Com base no *Gráfico 12* anteriormente visto, são de seguida apresentados na *Tabela 3* esses valores considerando as várias formas de energia final substituídas:

| | Necessidades AQS [kWh] | Energia Final [kWh] | Massa de Combustível [ton] | Energia Final [tep] | Emissões [kgCO ₂ e] |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Electricidade | 1369 | 1369 | - | 0,294 | 643,3 |
| Gás Natural | 1369 | 2106 | 0,168 | 0,181 | 485,9 |
| Gás Butano | 1369 | 2106 | 0,164 | 0,180 | 477,6 |
| Gás Propano | 1369 | 2106 | 0,159 | 0,175 | 477,6 |
| Gasóleo Aquec. | 1369 | 1711 | 0,144 | 0,148 | 455,8 |
| Lenha | 1369 | 2281 | 0,516 | 0,181 | 0 |

Tabela 3 – Quantidades de energia necessárias e empregues na produção anual de AQS e respectivos valores de emissões associados a cada forma de energia

À escala nacional, a extensão da adopção de sistemas solar térmicos para mais 20% das famílias daria origem a uma poupança de energia primária e uma redução de emissões são apresentadas seguidamente nos *Gráficos 10 e 11*.

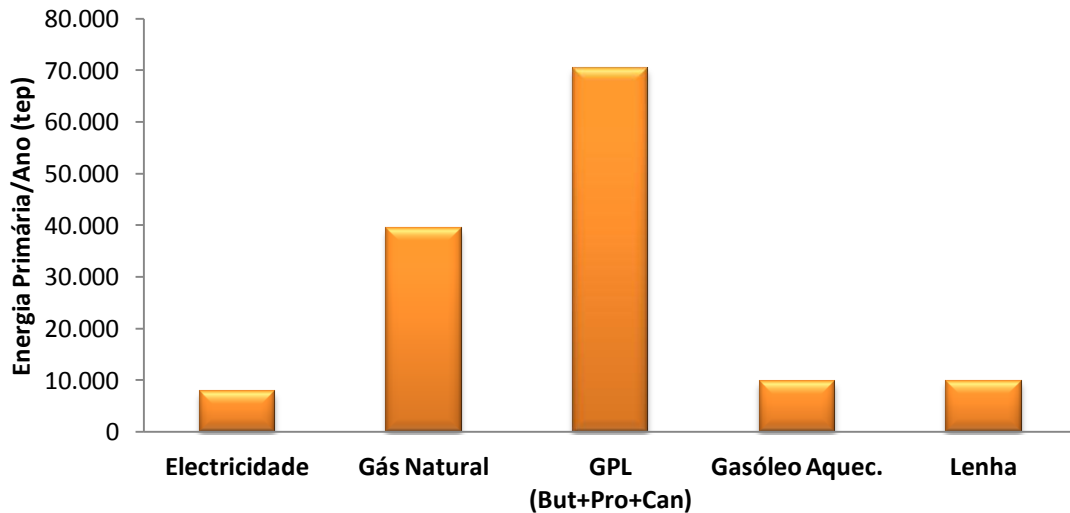


Gráfico 10 – Estimativa de poupança de energia primária na produção de AQS através implementação de instalações solares térmicas em 20% das famílias portuguesas

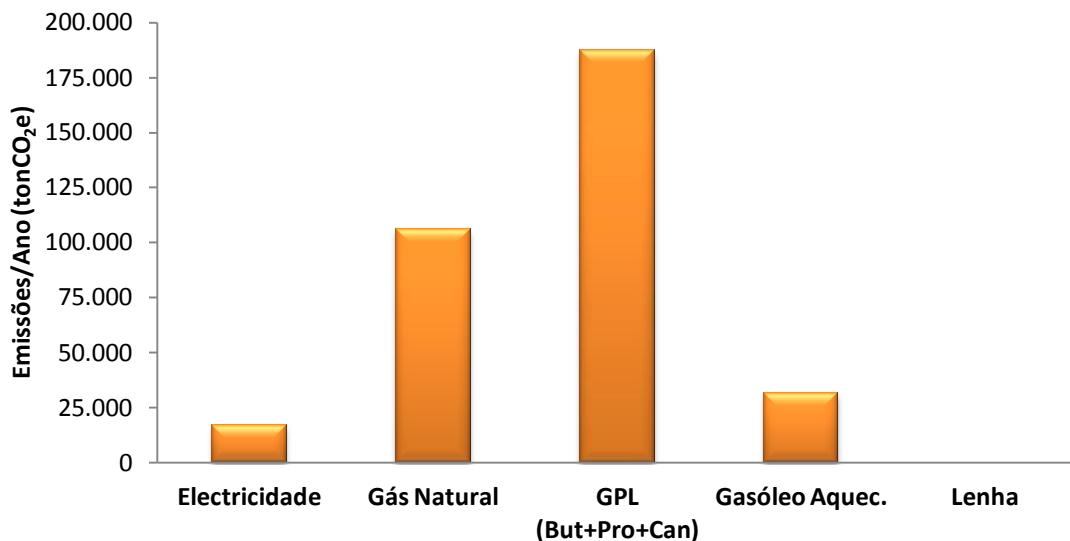


Gráfico 11 - Estimativa de poupança de emissões de CO₂eq na produção de AQS através da implementação de instalações solares térmicas em 20% das famílias portuguesas

Conforme se observou graficamente, poderão ser evitadas cerca de 140 mil toneladas equivalentes de petróleo destinada à produção de AQS, sendo que a maior parcela de energia primária é claramente dominada pelos GPL's (gás de garrafa Butano, Propano e Canalizado) com cerca de 72 mil tep (cerca de metade da energia primária consumida para esse fim) devido sobretudo à grande procura no mercado desta forma de energia. O gás natural, relativamente mais económico, surge em segundo lugar com cerca de 30% do total de energia primária consumida para esse fim.

A redução de emissões segue uma distribuição semelhante à do consumo de energia primária, onde os GPL's são responsáveis por mais de 190 mil toneladas de CO₂eq e o Gás Natural com mais de 107 mil toneladas.

Uma licença de emissão confere às instalações abrangidas Directiva 2003/87/EC o direito de emitir uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) ou qualquer outro gás com efeito de estufa equivalente, durante um determinado período. [22]

Observando a evolução do preço de direitos de emissão de uma tonelada de CO₂eq. (Gráfico 12) e os actuais preços praticados, verificamos que o preço oscila em torno dos 10€.

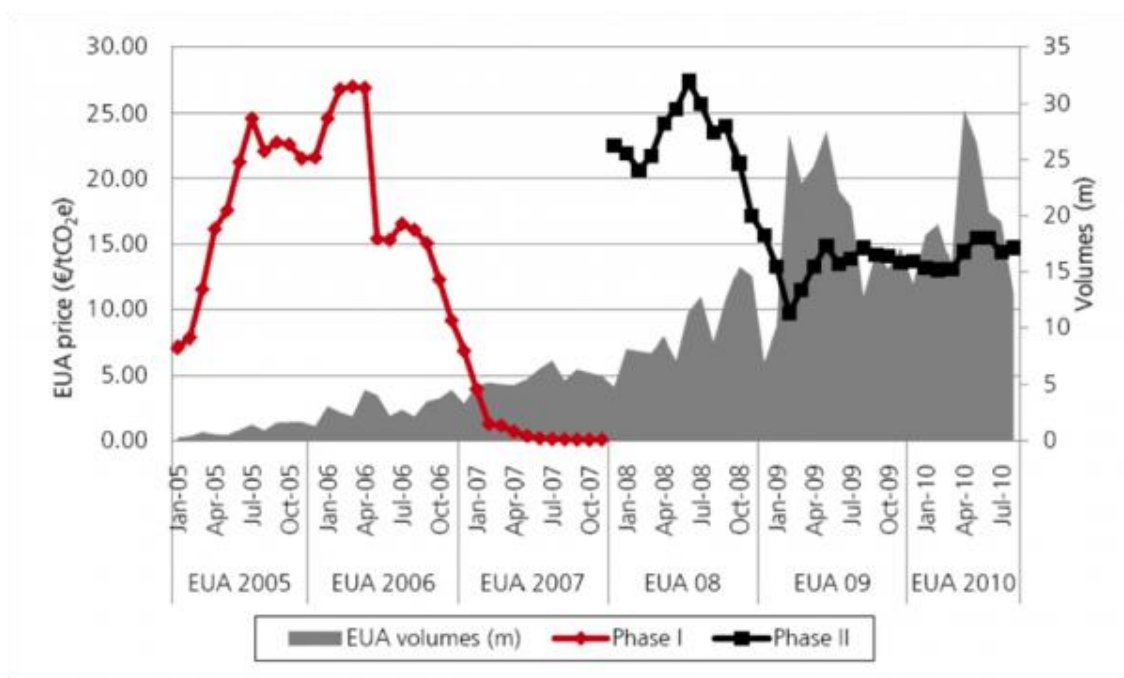


Gráfico 12 - Evolução do volume negociado e do preço de direitos de emissão de CO₂ na Europa [23]

No seguimento da análise anterior e considerando o custo associado ao total de emissões, contabilizado em cerca de 347 mil toneladas de CO₂, a poupança equivalente em licenças/direitos de emissões seria cerca de 3,5 M€/ano.

Caso sejam ultrapassados os limites de emissão fixados na anterior Directiva é aplicada uma coima de 100€ por cada tonelada de CO₂ excedente o que representará um custo 10 vezes superior em emissões (cerca de 35 M€/ano, além da obrigação de devolver o número de licenças de emissão equivalentes às emissões excedentárias). [22]

PARTE III

Condicionantes à adoção do Solar Térmico

Condicionantes Sócio-Económicas

Enquadramento

Tendo em vista identificar o potencial das instalações solares térmicas à escala das famílias e à escala da matriz energética nacional, foi realizado um estudo sócio-económico das famílias residentes na região Norte de Portugal.

Devem ser atentas as possibilidades e as limitações à implementação de instalações solares térmicas, sobretudo nos estratos de população mais carenciados.

Seguidamente serão caracterizados, para o Concelho do Porto, os aspectos sócio-económicos mais relevantes para o estudo, tais como: a dimensão média das famílias, as suas fontes de rendimento e ainda um conjunto de itens relativos à habitação, como o consumo e repartição energética.

Dimensão das famílias

No concelho do Porto a dimensão média das famílias era de 2,3 pessoas, ficando abaixo da média nacional. As famílias com 5 ou mais pessoas representavam 5,5%. As famílias de menor dimensão, com 1 pessoa e 2 pessoas, têm uma representação de respectivamente, 30,6% e 32,4% (ver *Gráfico 13*). [24]

As famílias de maior dimensão têm vindo a perder expressão ao longo das últimas décadas e alterações de índole individual através da adopção de novos estilos de vida tem marcadamente reflexos de âmbito sócio-económico com impacto no desenho das políticas sociais e de sustentabilidade.

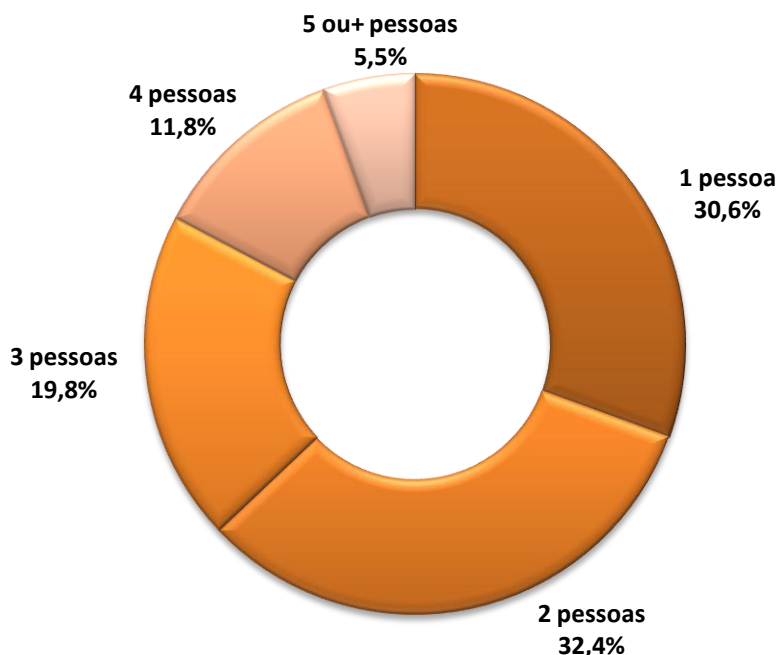


Gráfico 13 – Repartição percentual da dimensão das famílias no concelho do Porto [24]

Rendimento monetário disponível

Segundo os resultados do Inquérito às Condições de Vida e Rendimento 2009, em Portugal o rendimento monetário disponível por adulto equivalente³ correspondia, em média, a 866€/mês (cerca de 10390€/ano).

A importância relativa das despesas em habitação mantém uma tendência crescente, enquanto que as despesas em bens alimentares continua a diminuir.

³ O Rendimento monetário disponível por adulto equivalente (RAE) é obtido pela divisão do rendimento de cada agregado pela sua dimensão em termos de “adultos equivalentes”, utilizando a escala de equivalência modificada da OCDE. “Adultos equivalentes” é uma unidade de medida da dimensão dos agregados que resulta da aplicação da escala modificada da OCDE. A escala de equivalência modificada da OCDE atribui um peso de 1 ao primeiro adulto de um agregado; 0,5 aos restantes adultos e 0,3 a cada criança, dentro de cada agregado. Consideram-se adultos para efeito deste cálculo os indivíduos com 14 e mais anos. A utilização desta escala permite ter em conta as diferenças na dimensão e composição dos agregados. De forma a reflectir as diferenças na dimensão e composição das famílias, o indicador Rendimento monetário disponível é transformado em Rendimento monetário disponível por adulto equivalente. Consideram-se componentes principais do rendimento monetário disponível os rendimentos de trabalho (por conta de outrem e por conta própria), os rendimentos de pensões (de velhice, sobrevivência, doença e invalidez), as outras transferências sociais (desemprego, educação, habitação e outros) e outros rendimentos líquidos (de capital, propriedade e transferências privadas).

A despesa média dos agregados familiares por adulto equivalente é de 987€/mês (11848€/ano) de acordo com Inquérito às Despesas das Famílias 2010/2011, ultrapassando os rendimentos disponíveis. [25]

No contexto europeu, e efectuando um cruzamento directo entre as situações de pobreza, numa perspectiva meramente monetária é possível observar que Portugal apresenta níveis de risco de pobreza acima da média europeia.

Em termos económicos, de um modo geral, as famílias portuguesas vivem no limite das possibilidades para o investimento. [26]

Consumo e Despesa com energia do agregado

À escala nacional, o consumo total de energia no sector doméstico está repartido entre alojamento (49%) e veículos afectos aos indivíduos residentes no alojamento (51%). A despesa correspondente é cerca de 46% no alojamento e 54% no transporte.

Em média, por alojamento, verifica-se uma despesa de 70€/mês com energia consumida no alojamento e 84€/mês com combustíveis utilizados nos veículos (somando um total na despesa de 1843€/ano). [27]

Numa perspectiva global do alojamento (incluindo os veículos), o gasóleo utilizado nos veículos é a forma de energia mais consumida (32%). Segue-se a electricidade, responsável por 21% do consumo global e a gasolina (apenas associada aos veículos), com um peso de 18%. [27]

Formas Energéticas na habitação

À escala nacional a electricidade é a principal e a mais comum forma de energia utilizada no sector doméstico, sendo consumida em 99,9% dos alojamentos.

A electricidade é também a forma de energia que mais pesa na factura energética do sector doméstico em Portugal, dado que cerca de 62% (cerca de 43€/mês) da despesa global nos alojamentos corresponde a gastos com Electricidade, representando cerca de 43% do consumo global (em toneladas equivalentes de petróleo⁴). [27]

⁴ A tonelada equivalente de petróleo (tep) é uma unidade de energia primária definida como a quantidade de calor libertado na combustão de uma tonelada de petróleo cru, aproximadamente 42 GJ. Como o valor calórico do petróleo cru depende de sua exacta composição química, que admite bastante variação, o valor exacto da tep é definido por convenção. [13]

Na cidade do Porto o consumo de energia nos edifícios residenciais é claramente dominado pela electricidade (ver *Gráfico 14*), responsável por cerca de 78% da energia primária (em 2004), bem acima da actual média nacional que é cerca de 60%. Este facto sugere que no Porto há uma situação de sobre-uso da electricidade para fins de calor relativamente a outras formas de energia, tais como o gás natural, ambiental e economicamente mais favorável. Uma das causas é certamente, a herança da situação de privilégio de que o Porto gozou em relação ao tarifário eléctrico durante quase meio século, agravada também pela falta de outras alternativas com distribuição em rede. [28]

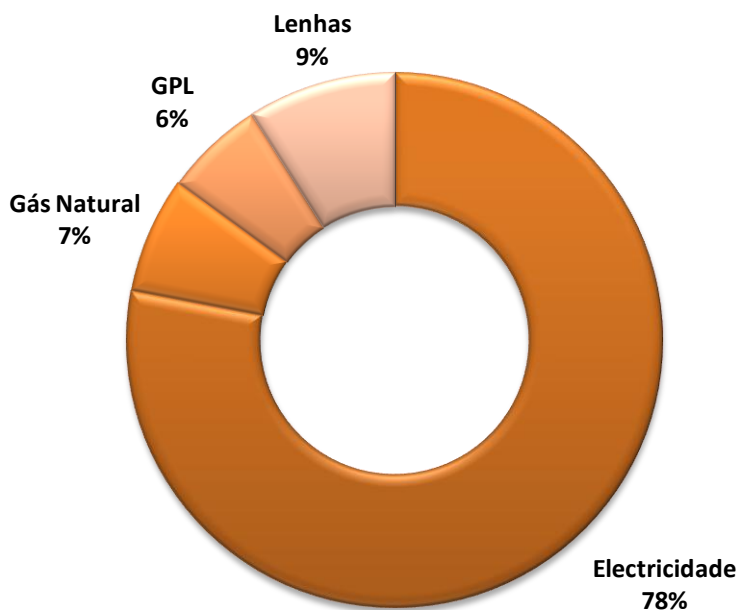


Gráfico 14 – Distribuição do consumo de energia primária nos edifícios residenciais da cidade do Porto [14]

A lenha é a fonte de energia de uso doméstico de mais baixo custo unitário. No entanto devido à sua localização em ambiente urbano, a cidade do Porto tem um consumo de lenha de apenas 9% bastante inferior à média nacional (24%). O consumo de GPL (6%) e de gás natural (7%) têm igualmente um peso relativamente pequeno, ficando também bem abaixo da média de consumo (respectivamente 18% e 9,3%).

À escala nacional, as fontes de energia renováveis (nomeadamente a lenha, o carvão vegetal e o Solar Térmico) correspondem a 25% do consumo de energia no sector doméstico (cerca de 17,50€/mês), sendo a contribuição da Lenha o factor mais relevante.

A energia Solar Térmica apresenta uma reduzida expressão no consumo de energia nos alojamentos, correspondendo a apenas 0,7% do consumo total (cerca de 0,50€/mês).

Tipo de utilização

No que respeita ao consumo de energia no sector doméstico (excluindo a parcela relativa ao consumo de energia nos veículos), consideraram-se seis tipos de utilização de energia, nomeadamente:

- Aquecimento do Ambiente
- Arrefecimento do Ambiente
- Aquecimento de Águas
- Preparação de Refeições
- Equipamentos Eléctricos
- Iluminação.

Na cidade do Porto, para efeitos de calor 71% dos usos de energia primária nos edifícios residenciais são devidos a três utilizações: aquecimentos de água, preparação de refeições e aquecimento ambiente (ver *Gráfico 15*). [28]

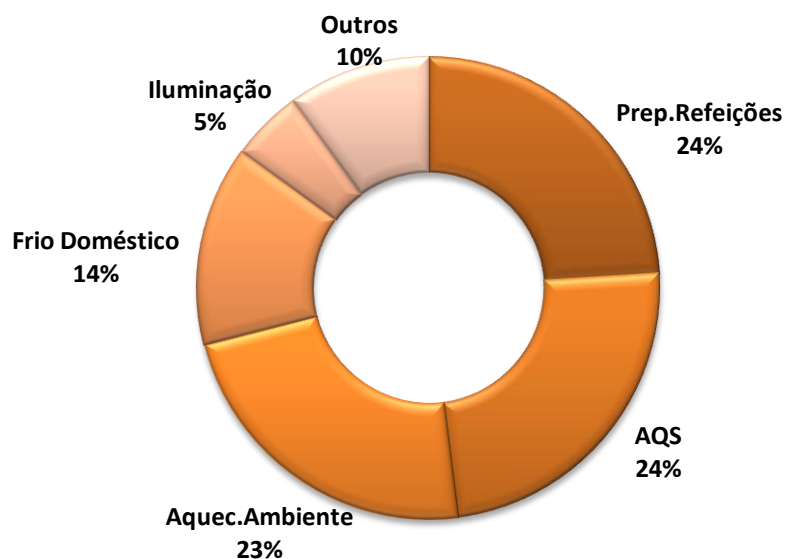


Gráfico 15 – Distribuição do consumo de energia primária no sector residencial pelas diversas utilizações, Cidade do Porto (2004) [28]

A Cozinha é a utilização a que está associada a maior despesa com energia no alojamento, correspondente a 40% do total (cerca de 28€/mês). Segue-se o

Aquecimento de Águas com 27,6% (cerca de 19,3€/mês) e os Equipamento Eléctricos com 15% (cerca de 10,50€/mês).

A Electricidade é a única forma de energia comum a todos os tipos de uso, o que reflecte a crescente electrificação dos alojamentos. A Cozinha e os Equipamentos Eléctricos constituem as duas principais formas do seu uso, que no conjunto representam cerca de 73% do total do consumo de Electricidade no alojamento (cerca de 32€/mês). [27]

Em Portugal utiliza-se essencialmente o Gás Natural e os GPL's para o Aquecimento de Águas, conforme se pode observar no *Gráfico 16*. [27]

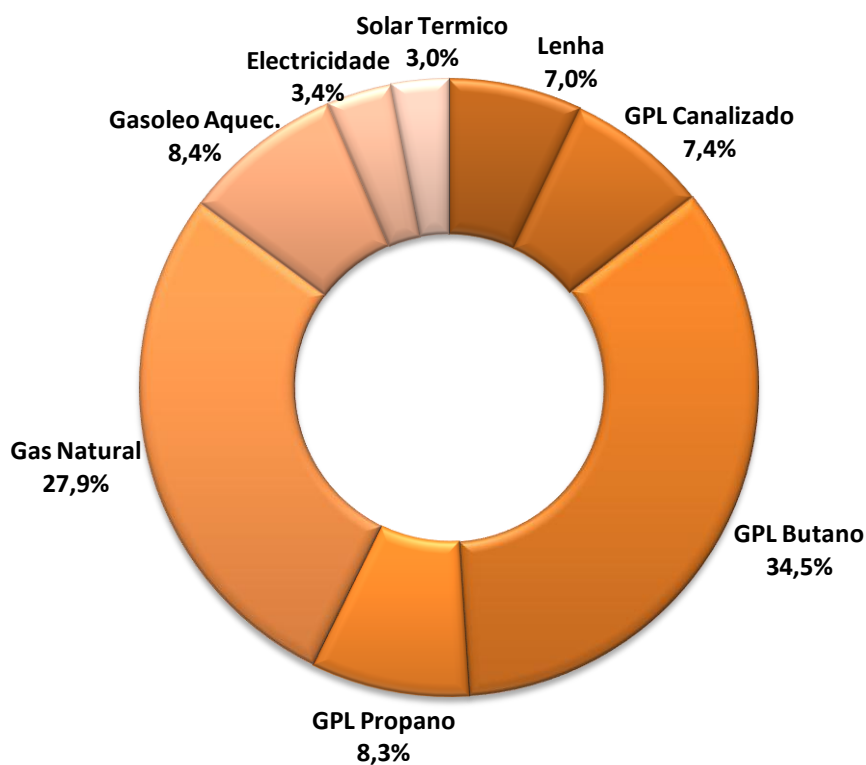


Gráfico 16 – Distribuição do consumo de energia para o Aquecimento de águas por forma de energia em Portugal (2010) [27]

No Aquecimento de Águas é utilizado fundamentalmente o Esquentador, estando presente em 78% dos alojamentos. Seguem-se as Caldeiras e os Termoacumuladores, usados respectivamente por cerca de 12% e 11% dos alojamentos.

O Gasóleo de Aquecimento é principalmente utilizado para o Aquecimento Ambiente (60%) enquanto o restante destina-se ao Aquecimento de Águas.

A Lenha consumida nos alojamentos, destinada principalmente ao Aquecimento do Ambiente e à Cozinha, sendo que apenas cerca de 6% da Lenha é utilizada para o Aquecimento de Águas.

Actualmente, a energia Solar Térmica ainda tem uma reduzida expressão na produção de AQS nos alojamentos, correspondendo a apenas 3% do consumo total dessa energia necessária.

Nota: Para informação pormenorizada das partições energéticas por forma final e tipo de utilização consultar: “*Anexo C – Caracterização do Consumo Energético nos Alojamentos em Portugal*”.

Caracterização da Habitação

A grande maioria dos edifícios no concelho do Porto é destinado ao uso residencial (cerca de 98%), de onde aproximadamente 70% destes foi construído para 1 ou 2 alojamentos familiares. Contudo, na sua generalidade, os edifícios construídos são antigos sendo que 70% destes têm 40 ou mais anos, ou noutra perspectiva, cerca de 17% dos edifícios tem 100 ou mais anos de existência. (ver “Anexo B – Caracterização Económica, Social e Habitacional”)

O edificado têm tido um comportamento de menor eficiência reflectindo alguma menor responsabilidade política e social em termos de energia e ambiente mas também uma maior complexidade na intervenção.

Com efeito, muito embora seja irrecusável o acesso da população a melhores condições de conforto no interior dos edifícios, a exploração da amenidade do clima pelo facilitismo generalizado na qualidade dos projectos e crescente acesso a equipamentos de aquecimento/arrefecimento criou uma situação de desperdício de energia com consumos evitáveis, muito antes de se terem atingido sequer generalizados níveis aceitáveis de conforto. [29]

Na perspectiva da procura, o consumo energético é claramente dominado pelos edifícios (ver *Gráfico 17*), responsáveis por 58% da energia primária, dos quais:

- 26% correspondem a edifícios residenciais
- 32% correspondem a edifícios de serviços [28]

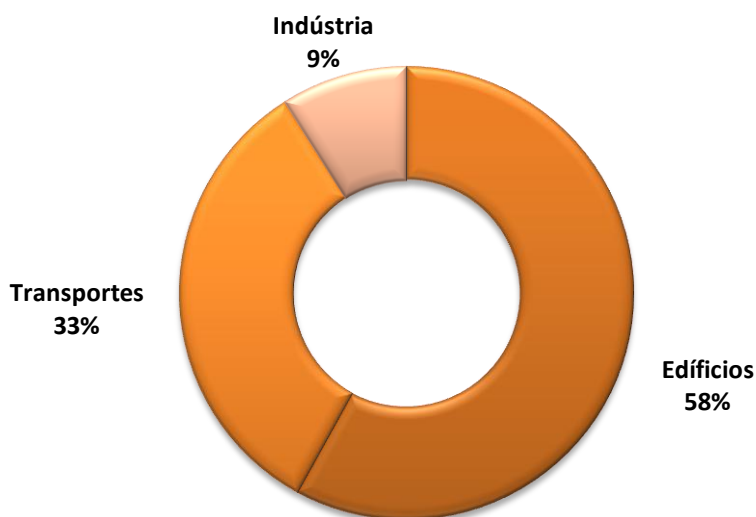


Gráfico 17 – Repartição do consumo de energia primária pelos principais sectores de actividade na cidade do Porto (2004) [28]

Legislação aplicável ao Solar Térmico

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE, Decreto-Lei n.º 80/2006) é um instrumento legal que em Portugal impõe requisitos ao projecto de novos edifícios e de grandes remodelações por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia quer no Inverno quer no Verão.

Este regulamento dá um claro incentivo à utilização de sistemas eficientes e de fontes energéticas com menor impacto em termos de consumo de energia primária. A nova legislação determina também a obrigatoriedade da instalação de colectores solares e valoriza a utilização de outras fontes de energia renováveis para a determinação do desempenho energético do edifício.

O RCCTE torna obrigatório o recurso a sistemas de colectores solares térmicos para aquecimento de água sanitária nos novos edifícios e em grandes reabilitações, na base de 1 m² de colector por ocupante previsto sempre que os edifícios tenham uma exposição solar adequada, podendo este valor ser reduzido de modo a que não seja ultrapassada 50% da área de cobertura total disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante Sul, entre Sudeste e Sudoeste. Entende-se por exposição solar adequada a existência de cobertura em terraço ou uma cobertura inclinada com água cuja normal esteja orientada numa gama de azimutes de 90° entre Sudeste e Sudoeste. As coberturas não deverão ainda ser sombreadas por obstáculos significativos no período que se inicia diariamente duas horas antes do nascer do Sol e termina duas horas antes do ocaso. Na prática, não pode haver obstruções com altura superior a 20°.

[30]

O Regulamento define ainda um consumo de referência de água quente sanitária para utilização em edifícios de habitação é de 40 l de água quente a 60°C por pessoa e por dia.

Condicionantes Urbanísticas aplicáveis ao Solar Térmico

Em ambiente urbano, e em particular em lugares onde se pretende preservar os valores estéticos, históricos ou culturais, emergem por vezes restrições ao nível das instalações solares locais.

No Porto, bem como noutras cidades antigas, as questões de racionalização energética não podem ser separadas do contexto de reabilitação de que muitos edifícios

necessitam. A adequação a padrões de habitabilidade e conforto próprios dos nossos dias, bem como a necessidade de preservação da materialidade dos bens culturais identificados interpela-nos sobre a satisfação das exigências de conforto e qualidade ambiental da população residente e sobre os recursos energéticos que irão ser usados para responder aquelas necessidades.

Podemos observar alguns exemplos dessas restrições no “Guia de Termos de Referência para o Desempenho Energético-Ambiental (Reabilitação de Edifícios do Centro-Histórico do Porto)” [31], tais como:

- limitações na área colectora em relação à área total de cobertura
- instalar os colectores com a mesma inclinação da telha e alinhados pela cumeira
- só instalar os colectores em vertentes orientadas no quadrante Sul (entre Sudeste e Sudoeste)
- não instalar em vertentes de geometria triangular
- não instalar em vertentes de telhado viradas a via pública ou directamente visíveis na via pública
- apenas instalar sistemas de circulação forçada eliminando assim o impacto visual dos sistemas de termosifão

As limitações anteriormente referidas tornam claro que a obrigatoriedade do RCCTE no que respeita à instalação de colectores solares térmicos, excluída a exigência quantitativa de 1 m²/ocupante convencional prevista, só poderá ser dispensada mediante prova de inadequação da exposição solar.



Figura 13 - Capa do Guia de Termos de Referência para o Desempenho Energético-Ambiental (Reabilitação de Edifícios do Centro-Histórico do Porto) [31]

PARTE IV

Caso de Estudo

Metodologia

A avaliação do desempenho térmico de uma instalações solar térmico para produção de AQS com recurso a um Software de simulação oferece resultados para situações ideais de utilização e de instalação, não expondo toda a realidade do colector “no terreno” pois a energia útil que efectivamente é possível captar num colector solar térmico é muito sensível à concepção da instalação, à tecnologia empregue, à sua implementação e ao perfil de uso de AQS em cada caso.

Sabendo que esse desempenho é muito provavelmente inferior aos valores teoricamente calculados e a despeito da falta de informação e de estudos concretos sobre o rendimento das instalações “no terreno” optou-se por realizar um estudo paramétrico recorrendo à alteração das principais variáveis de projecto envolvidas numa instalação solar térmica, tendo em vista a avaliação dos benefícios/prejuízos causados por essa mesmas alterações, procedendo á sua quantificação relativamente uma “situação de referência”.

Para a análise de desempenho dos sistemas solares térmicos foi utilizado o programa *SolTerm 5.0*, desenvolvido e distribuído pelo Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), e especialmente ajustado às condições climáticas e técnicas de Portugal. Associado a este programa está uma base de dados Meteorológicos de Referência, para cada Concelho de Portugal, apropriados para simulação de sistemas solares, bem como bancos de dados de colectores solares térmicos e kits solares térmicos certificados.

O programa *SolTerm 5.0* permite calcular a quantidade de energia útil mensal, e consecutivamente anual, fornecida pelo Sol, assim como a fração solar para todos os concelhos de Portugal.

A fração solar é a relação entre a energia fornecida pelo Sol e a energia total (carga) necessária para aquecer a água desde a temperatura da rede até às condições pretendidas (60°C). Uma fração solar anual de 50%, significa que metade da energia térmica necessária para aquecimento das águas sanitárias é fornecida pelo Sol, a restante terá que ser dada por uma energia de apoio, que pode ser eléctrica ou através de gás.

Instalação de Referência

Antes de se proceder ao estudo paramétrico das principais variáveis envolvidas numa instalação solar térmica, será definida uma “*Instalação de Referência*”.

A “*Instalação de Referência*” foi projectada tendo como suporte as estatísticas médias das famílias portuguesas juntamente com a legislação actual aplicável ao solar térmico. A finalidade desta instalação tem como intuito uma base de comparação para as alterações efectuadas relativamente à nova instalação simulada.

Em consequência do anteriormente referido, em termos de dimensão, a área colectora da “*Instalação de Referência*” quantificou-se em 3 m², tendo por base o 1m²/ocupante estabelecido no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e também os Censos 2011, onde uma família portuguesa é constituída em média por cerca de 3 pessoas.

De acordo com o estabelecido no RCCTE definiu-se o consumo diário de referência de AQS de 40l de água quente a 60°C por pessoa, e o correspondente volume de armazenamento igual ao volume de AQS consumida, ou seja, 120l.

O perfil de consumo diário “de referência” de AQS foi distribuído da seguinte forma (ver *Gráfico 52 – Distribuição percentual do consumo diário AQS de “Referência” – consumo nº1 em ANEXO D – Cálculos*):

- 40% do total diário de AQS entre 6h-10h
- 60% do total diário de AQS entre 18h-23h

O tipo de colector utilizado na “*Instalação de Referência*” é do tipo plano, dado ser uma tecnologia colectora menos dispendiosa em termos de investimento inicial (comparativamente aos colectores de tubos de vácuo) e onde, por sua vez, se obtém frações solares “proporcionais” ao investimento feito, situado-se o valor entre 50 a 60%

- Modelo de colector: *IMMOSOLAR - IS PRO 1Q*
- Coeficientes de perdas térmicas: $a1 = 5,900 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ $a2 = 0,011 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-2}$
- Rendimento óptico: $\eta_0 = 0,758$

Tendo em vista a implementação da instalação solar térmica em ambiente urbano, o ângulo médio das obstruções no horizonte considerado foi de 10°.

Variáveis em Estudo

Orientação

Nos estudos sobre Energia Solar é conveniente adotar como referencial o observador do movimento aparente do Sol. A posição aparente do Sol num determinado instante é, em relação a um determinado local, definida por duas coordenadas:

- o ângulo de altura solar (h), formado pela direcção dos raios solares em relação ao plano horizontal;
- o ângulo de azimute solar (α_s), constituído pelo ângulo formado entre a projecção horizontal dos raios solares e a direcção Norte-Sul (ver *Figura 14*)

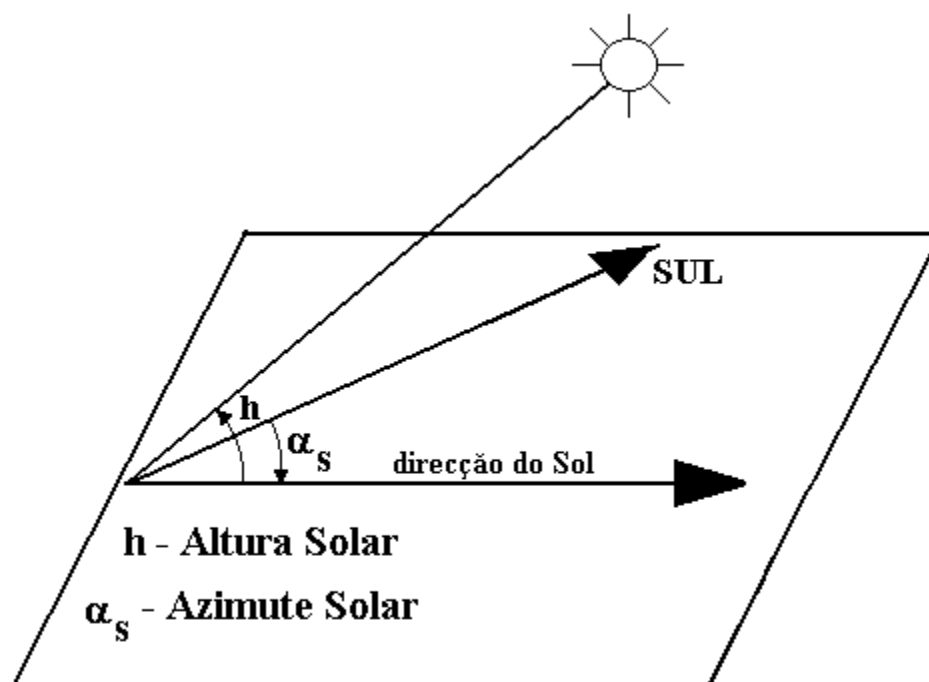


Figura 14 – Esquema de coordenadas aparentes do Sol, h-altura solar, α_s -azimute solar [3]

É possível adoptar várias convenções relativas ao zero e ao sentido positivo e negativo do ângulo azimutal. Nesta dissertação adopta-se a convenção de medir o azimute a partir do Sul, com sinal positivo para ângulos a Oeste e negativo a Este.

Azimute do Colector

O azimute de um colector é o ângulo formado pela projecção horizontal da sua orientação com a direcção Norte-Sul.

Analisando o *Gráfico 18* conclui-se que variações pequenas do azimute num colector solar térmico não penalizam significativamente o valor da fração solar obtida, sendo a penalidade tanto menor quanto menos inclinado o colector estiver.

Por exemplo, um colector com 40° de inclinação pode sofrer um desvio de azimute até cerca de 45° não prejudicando mais do que 5% da fração solar obtida.

Azimuthes no quadrante Norte (entre Nordeste e Noroeste) são muito prejudiciais ao desempenho do sistema. O prejuízo será tanto maior quanto mais inclinado estiver o colector, sendo preferível a sua colocação na posição horizontal nestes casos.

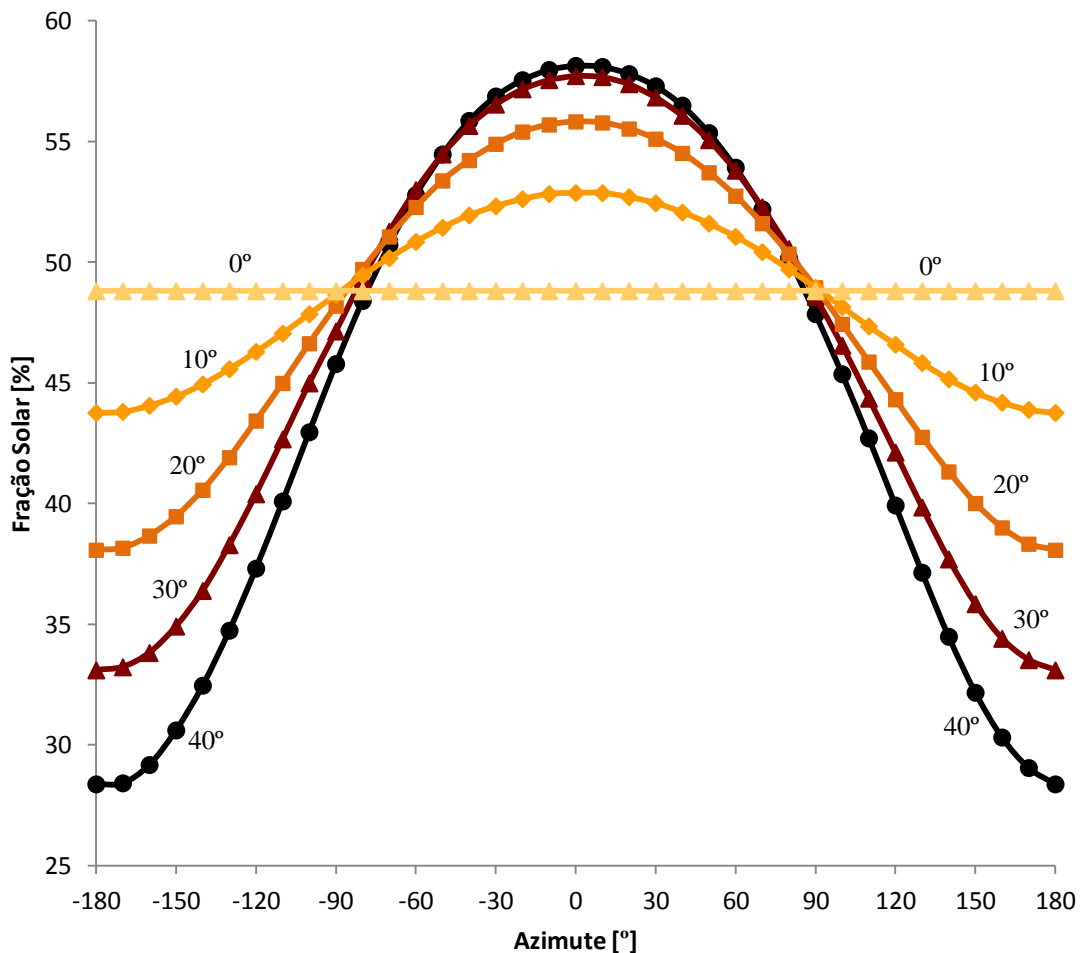


Gráfico 18 – Fração solar em função do azimute de um colector plano, para diversas inclinações

Inclinação do Colector

A inclinação de um colector solar é formado pelo ângulo entre o plano do colector e o plano horizontal.

Analisando o *Gráfico 19* conclui-se que as variações de inclinação penalizam mais a fração solar obtida do que pelas variações do azimute.

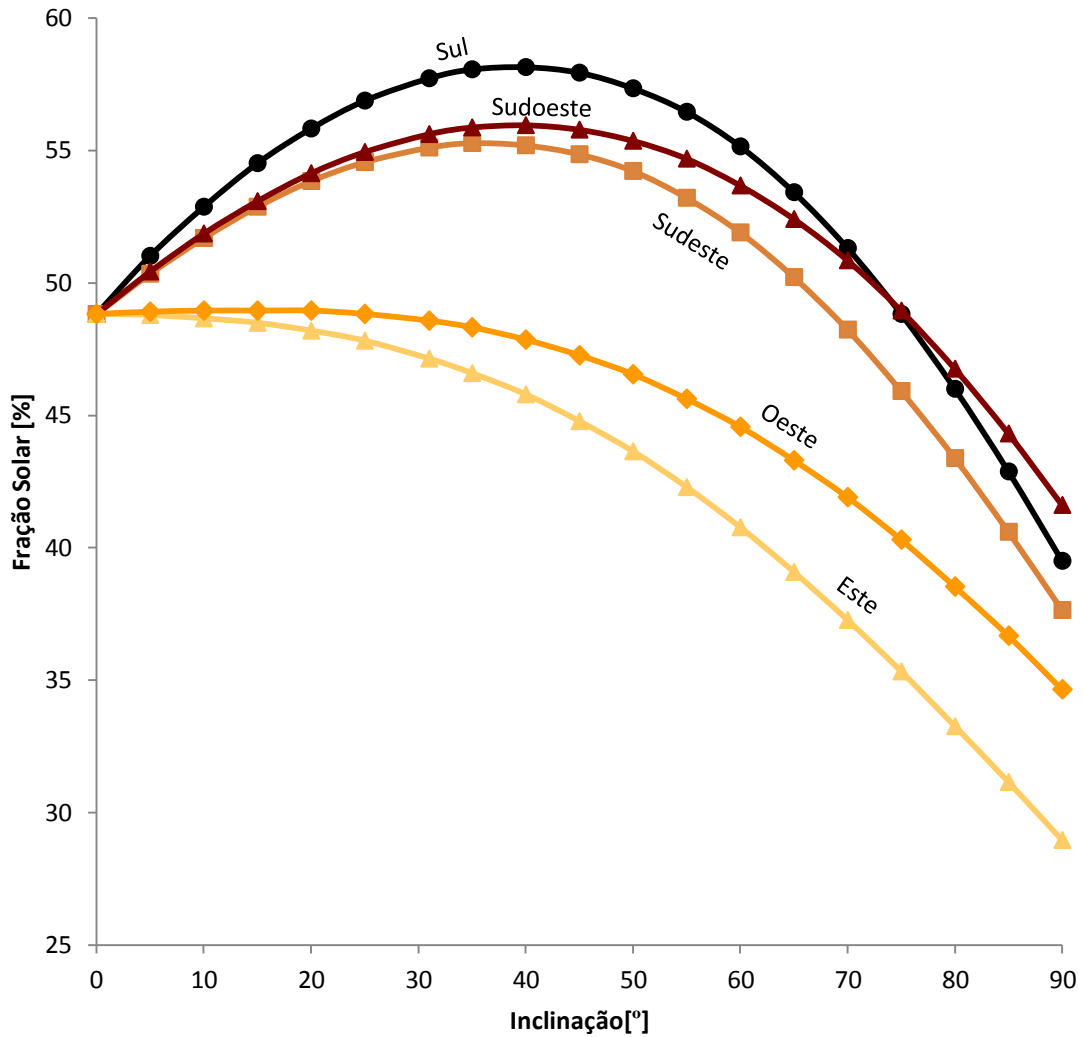


Gráfico 19 - Fração solar em função da inclinação de um colector plano para diferentes valores de azimute

Por exemplo, para uma redução de 5% na fração solar obtida pelo sistema, um colector orientado a:

- Sudoeste pode ser desviado até 25° na sua inclinação
- Sul pode ser desviado até 15° na sua inclinação

Novamente verifica-se que quanto maior for o desvio do azimute em relação a Sul mais prejudicados são os ganhos do sistema, sendo progressivamente preferível a colocação do colector na posição horizontal.

De salientar que o perfil de consumo de “referência” implícito na simulação tem maior peso ao final do dia (40% entre as 7h e as 11h, e 60% entre as 18h e as 24h) razão pelo qual as orientações a Este são mais desfavoráveis do que a Oeste.

Tal como se verificou nos Gráficos 14 e 15 a fração solar no concelho do Porto não chega a ultrapassar os 60% (mesmo com 41° de latitude) devendo-se ao facto do concelho se situar junto da zona costeira e conseqüentemente ficando sujeito a mais dias de céu nublado.

Área Colectora

A fração solar obtida num sistema solar térmico será tanto maior quanto mais área colectora for instalada. Contudo, os ganhos solares não aumentam proporcionalmente com a área instalada, tornando-se necessário equacionar os custos de um maior dispêndio económico e dos benefícios energéticos daí resultantes.

A evolução da fração solar obtida em função da razão de área colectora por habitante pode ser observada nos *Gráfico 20* e *Gráfico 21*, onde, respectivamente, se distingue a influência do azimute e da inclinação do colector.

Conforme se observa graficamente, para se manter um determinado nível de fração solar, existe uma maior necessidade de área colectora adicional de modo a suprimir os desvios relativamente à inclinação desejável.

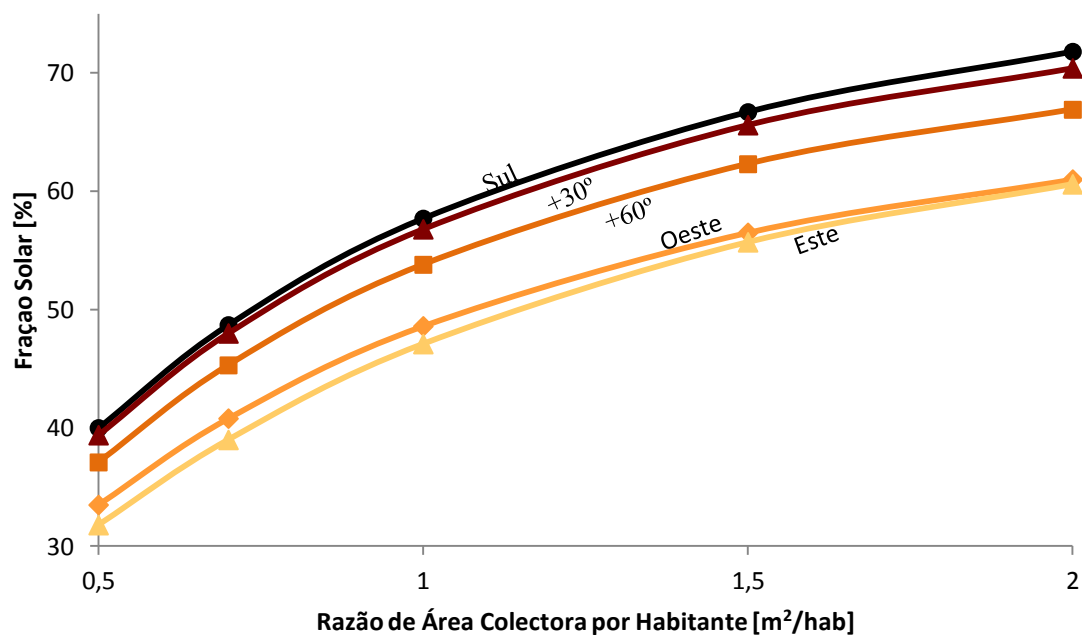


Gráfico 20 - Fração solar em função da razão de área colectora por habitante num colector plano, para diferentes valores de azimute

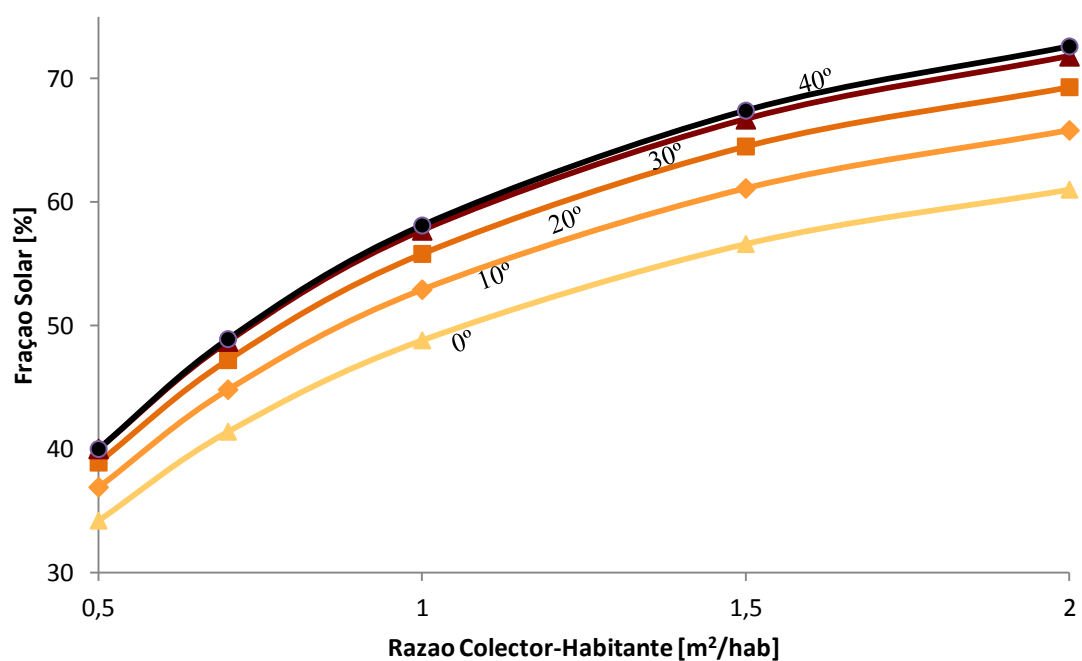


Gráfico 21 - Fração solar em função da razão de área colectora por habitante num colector plano, para diferentes valores de inclinação

Volume de armazenamento

Numa instalação solar térmica o volume de armazenamento (depósito) de água quente proveniente dos colectores é um elemento essencial para assegurar que a água quente estará disponível no momento do consumo. O correcto dimensionamento do depósito de água quente depende essencialmente de dois factores: a área de colectores instalada e, conforme veremos mais adiante, o perfil diário de consumo.

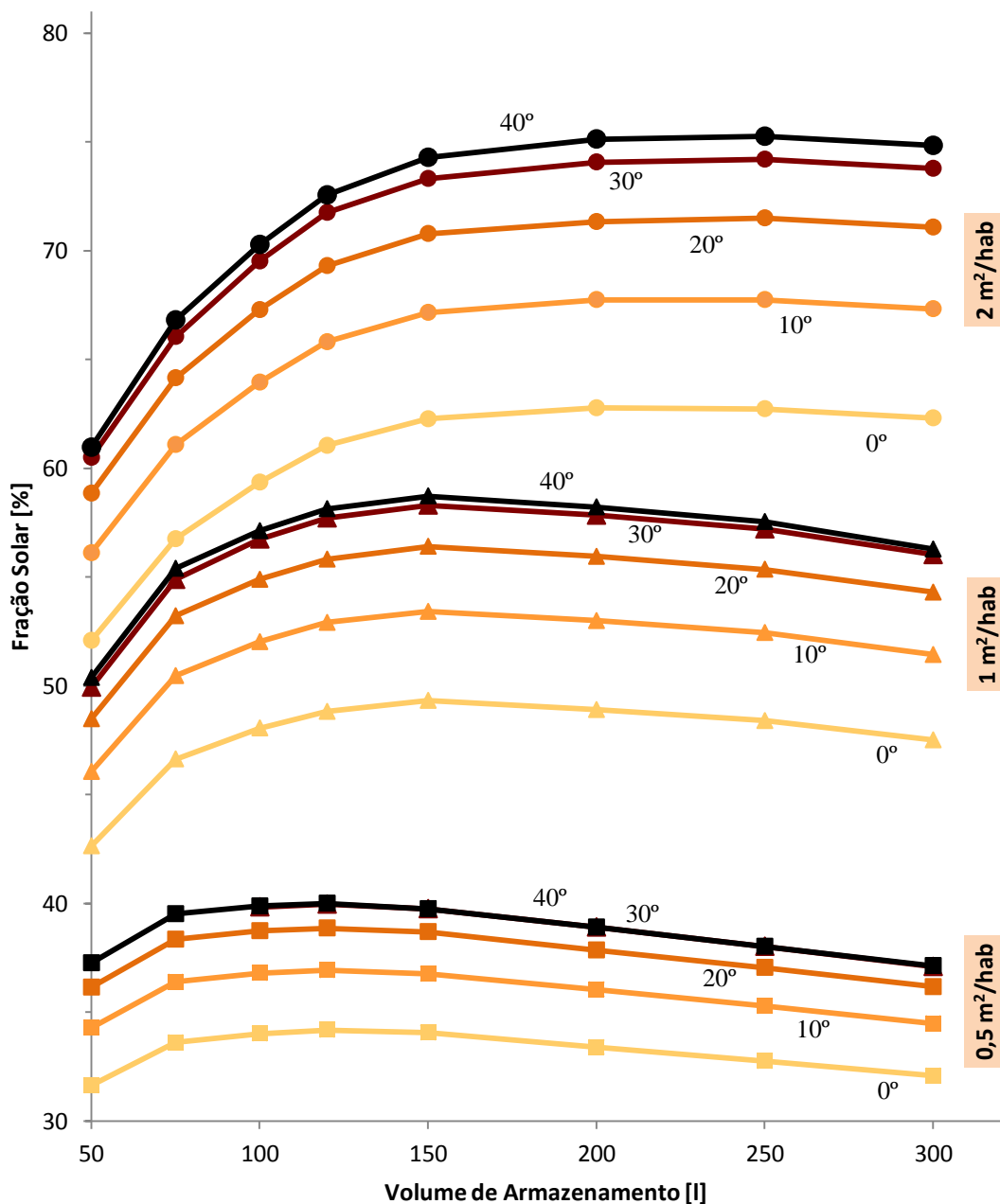


Gráfico 22 - Fração solar em função do volume de armazenamento, para diferentes valores de inclinação do colector plano

No *Gráfico 22* observa-se que o sub-dimensionamento do volume de armazenamento dá origem a perdas significativas nos ganhos solares, sendo estas perdas mais acentuadas a respeito de uma maior área de colectores presente na instalação.

A evolução do volume óptimo de armazenamento que maximiza a fração solar estende-se por um intervalo alargado de valores. Variando o volume da “instalação de referência” verificamos que um depósito de 150l aporta um incremento de apenas 1% a 2% de contribuição solar relativamente aos 120l, recomendados pelo RCCTE.

Aumentando a área de colectores instalada verifica-se que o volume óptimo de armazenamento também aumenta, relativamente aos 120l. Contudo, o acréscimo no volume de armazenamento poderá significar um maior consumo de energia auxiliar no aquecimento de águas, dado que as famílias, mantendo o mesmo consumo, terão apenas um maior volume de água aquecida disponível mas a uma temperatura inferior para utilização.

Perfil de consumo

O perfil diário de consumo de AQS adoptado por uma família condiciona directamente o desempenho do sistema solar térmico através do seu rendimento, influenciando a fração solar resultante.

Se uma família puder adequar, diariamente, as suas necessidades de água quente em função do recurso solar disponível esta terá ganhos solares superiores a uma família que utilize a água quente em em horas menos favoráveis, como seja em período nocturno.

Seguidamente serão definidos três perfis diários de consumo:

- “favorável” – perfil com uma distribuição horária semelhante à da radiação solar em período diurno (*ver perfil de consumo nº12 em Anexo D-Cálculos*)
- “referência” – perfil analisado para a ‘instalação de referência’ (*ver perfil de consumo nº1 em Anexo D-Cálculos*)
- “desfavorável” – perfil totalmente desadequado ao aproveitamento do recurso solar (*ver perfil de consumo nº13 em Anexo D-Cálculos*)

No caso da “instalação de referência” o respectivo consumo dá origem a uma fração solar de cerca de 58%. Caso o consumo de água quente esteja bem correlacionado com o perfil de produção de AQS, poderemos elevar o valor da fração solar para 64%. Pelo contrário um consumo desfasado do recurso solar fará com que este valor seja de apenas 55% (*ver Gráfico 23*)

Mudar de um perfil de consumo “desfavorável” para um “favorável” poderá significar um aumento de 16% nos ganhos solares obtidos, ou seja, uma poupança de cerca de 20kWh/mês em energia final.

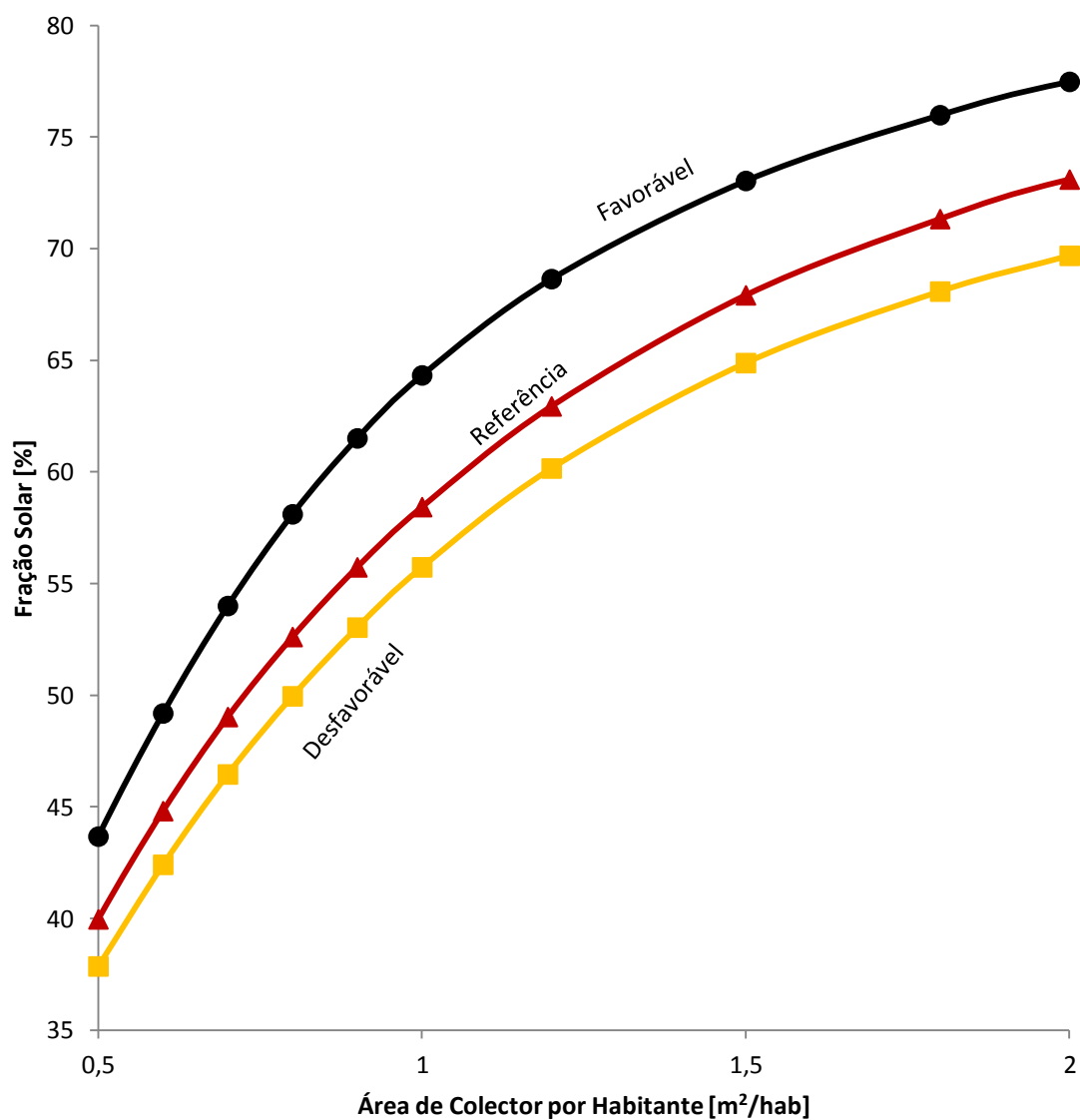


Gráfico 23 - Fração solar em função da razão de área colectora por habitante, para diferentes perfis de consumo

Em termos de ordem de grandeza, o perfil de consumo adoptado pelo utilizador é por conseguinte tão importante quanto a orientação dada ao colector solar para a produtividade do sistema.

Tecnologia de colector

O tipo de tecnologia de colector presente na instalação solar pode ser uma alternativa para lugares onde exista uma menor área disponível de insolação, e também em lugares relativamente mais frios onde exista uma maior diferença entre a temperatura ambiente e a do colector.

Conforme se observa no *Gráfico 24* os ganhos solares numa instalação com colectores de tubos de vácuo são superiores aos ganhos obtidos por colectores planos.

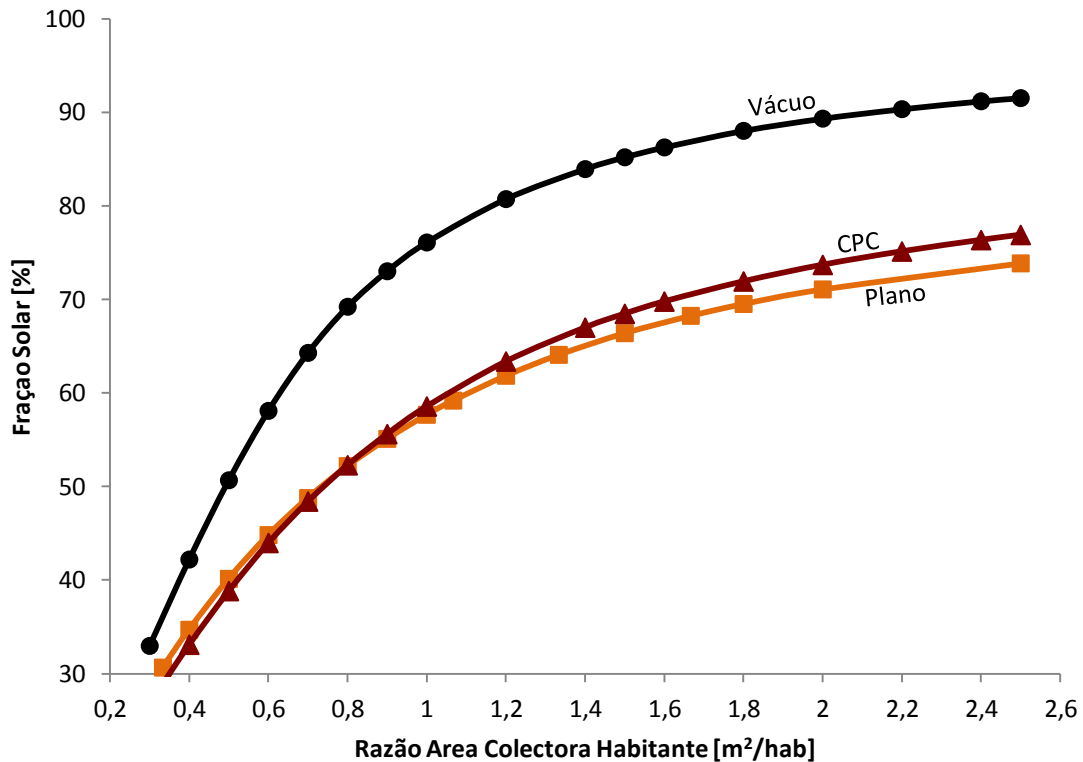


Gráfico 24 - Fração solar em função da razão de área colectora por habitante, para diferentes tecnologias colectoras

Por exemplo, para uma razão área colectora de 1 m²/hab obtém-se aproximadamente 58% de fração solar anual em colectores planos, enquanto que com colectores de tubos de vácuo esse valor aumenta para cerca de 76%. Na prática representa um ganho adicional de mais de 30% na fração solar.

Noutra perspectiva, podemos observar que para obter uma fração solar de 50% será necessária uma razão de:

- 0,50m²/hab para instalações com colectores de tubos de vácuo
- 0,75m²/hab para instalações com colectores planos

Os colectores CPC, tal como os colectores planos, são bastante sensíveis à qualidade e características de fabrico, onde consequentemente a variabilidade na produtividade alcançada faz com que, na prática, estas duas tecnologias não apresentem uma distinção apreciável.

Relação entre Rendimento e Fração Solar

Nos sistemas solares térmicos a fração solar obtida pode ser considerado, em termos práticos, o parâmetro mais valorizado do que propriamente o rendimento do sistema. Isto deve-se ao facto da fração solar estar directamente relacionada à energia útil passível de captação.

O rendimento do sistema está indirectamente relacionado com a útil, sendo pois uma consequência do aproveitamento energético que o utilizador faz da instalação, pois quanto maior for a temperatura de entrada da água no colector mais baixo será o seu rendimento.

A relação “inversa” entre rendimento e fração solar pode ser observada no *Gráfico 25*, onde se verifica que uma maior captação de energia útil, resultante de uma maior área instalada, faz com que o rendimento dos colectores seja inferior no conjunto, devido ao facto da temperatura de entrada da água se encontrar a um nível superior, sendo nessas situações preferível um maior volume de armazenamento.

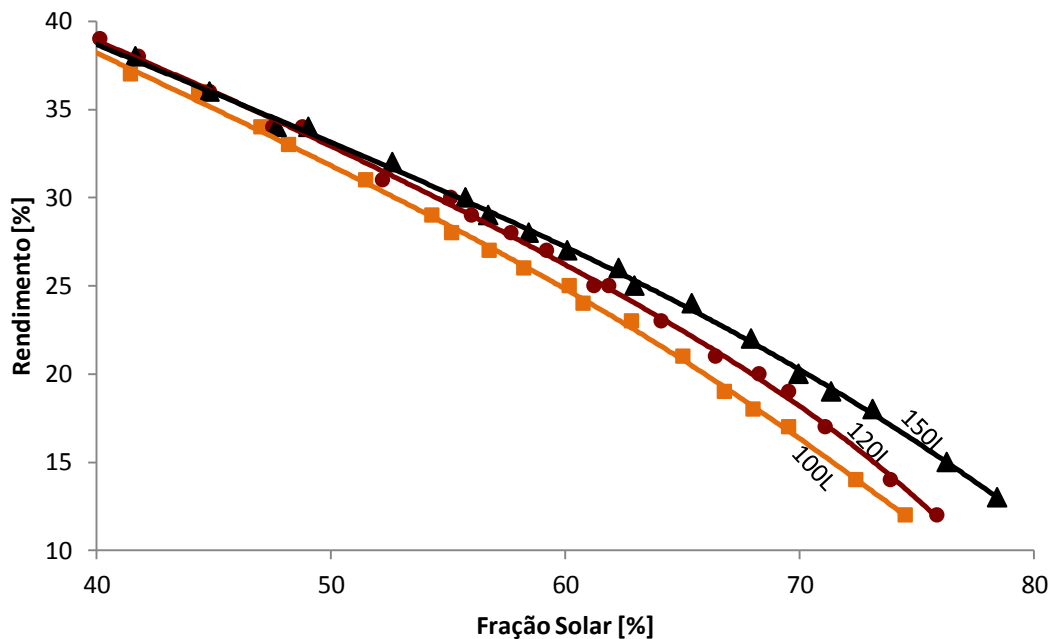


Gráfico 25 – Relação entre rendimento e fração solar num colector plano, para diferentes volumes de armazenamento

PARTE V

Análise Económica

Situação Nacional

O contexto nacional em termos da Energia é caracterizado por elevadas dependência externa e intensidade carbónica e por baixos índices de eficiência na sua utilização.

Em 2011, o Saldo Importador de Produtos Energéticos cifrou-se em 7.100 M€, representando um aumento de cerca de +28% face ao ano anterior (ver *Tabela 4*). [7]

Os dois factores exógenos que afectaram negativamente este saldo importador, foram o aumento generalizado dos preços de importação de todos os produtos energéticos nos mercados internacionais, na ordem dos +30%, face a 2010, e a desvalorização do euro face ao dólar, na ordem dos +5%.

Com exceção para o ano 2009, as cotações médias do Brent têm vindo a apresentar uma tendência de crescimento anual em cerca de 10 dólares por barril (ver *Gráfico 26*).

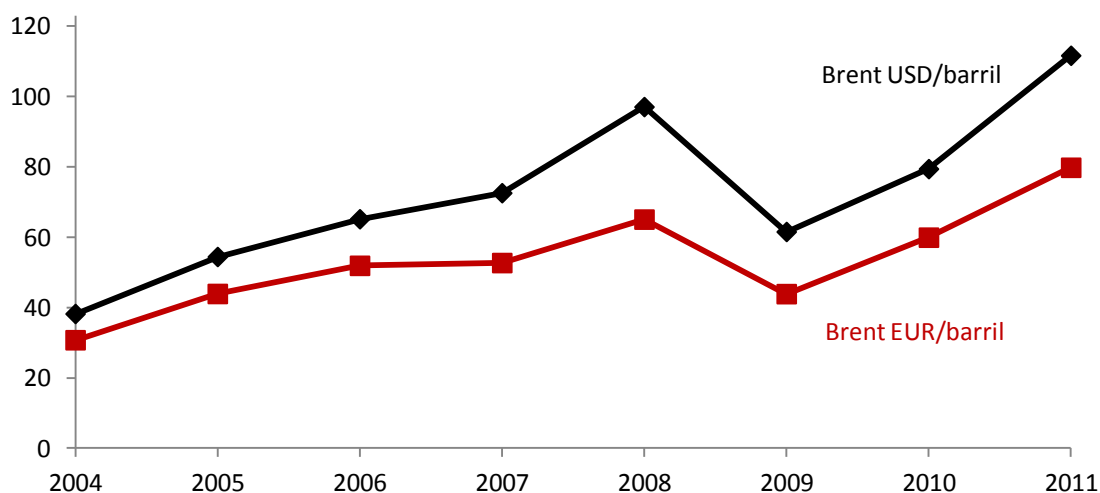


Gráfico 26 - Evolução das cotações médias anuais do Brent [34]

Dependência Externa

Portugal importa cerca de 80% da energia primária (ver *Gráfico 27*), correspondente essencialmente a combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural, ver *Gráfico 29*). O petróleo bruto é importado de países africanos (Argélia, Nigéria, Líbia) e da Arábia Saudita. A Nigéria e a Argélia também são importantes fornecedores de gás natural. Os combustíveis sólidos (carvão) são originários sobretudo da Colômbia e da África do Sul.

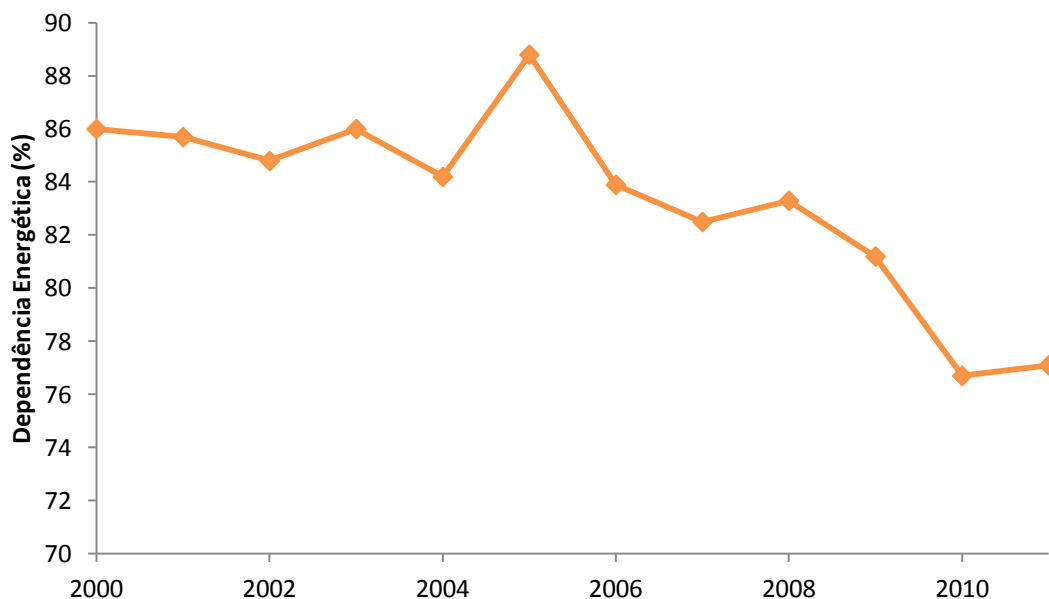


Gráfico 27 – Evolução da dependência energética nacional entre 2000/2009 [7] [32]

| | Saldo Importador [M€] | | |
|-----------------------------|-----------------------|--------|--------|
| | 2009 | 2010 | 2011 |
| Energia Total | 4.888 | 5.561 | 7.100 |
| | 28,5% | 31,8% | 47,4% |
| Total de Mercadorias | 17.181 | 17.469 | 14.978 |

Tabela 4 – Peso da Energia na balança de mercadorias FOB-2011 (valores em Milhões de Euros) [7]

Por sua vez os mercados internacionais deste tipo de combustíveis têm vindo a apresentar elevada volatilidade evidenciando tendência para uma subida sustentada dos preços.

A pressão sobre os preços virá, agora, porventura mais da procura de gigantescos mercados emergentes como a China do que de restrições dos países produtores, mas é sabido que a situação tão pouco é clara em termos da estabilidade política e das tensões geoestratégicas. Daí o não ser espectável uma descida significativa nos preços do petróleo. Os mercados do gás natural e do carvão, com quanto sejam menos globalizados do que o petróleo, sofrem as mesmas tendências.

Elevada intensidade carbónica

As fontes energéticas dominantes são combustíveis fósseis, cuja conversão/combustão na utilização directa como na produção de electricidade, produz gases poluentes ao nível local e da meso-escala (NO_x, SO₂, partículas) e, CO₂ e outros, à escala global, geradores do chamado efeito de estufa.

Portugal comprometeu-se a respeitar uma quota de emissão de CO₂ equivalente no período 2008-2010, no quadro do compromisso da EU no âmbito do protocolo de Quioto, que há muito foi excedida. As quotas de emissão de CO₂ para a indústria em Portugal são controladas através do Plano Nacional de Licenças de Emissão (PNALE), perspectivando-se um défice nas licenças atribuídas e a necessidade de adquirir licenças de emissão adicionais no mercado internacional (mecanismo do mercado do CO₂) com custos de externalidades negativas provavelmente evitáveis.

Trata-se, portanto, de uma questão ambiental com potenciais reflexos negativos na atracção de investimento e na competitividade da economia e das empresas portuguesas. É facto que estas condicionantes ambientais contribuem para criar condições mais favoráveis à promoção das energias renováveis. E que estas, para além de representarem recursos energéticos ‘limpos’, constituem, por sua vez, novas oportunidades tecnológicas para o sistema produtivo nacional. Dito isto, é bom deixar claro que Portugal responde pelos seus compromissos em termos de todas as emissões de gases de efeito de estufa no seu território e que, de facto, têm sido poucas e de pequeno efeito as medidas eficazes para controlar as emissões associadas aos transportes. [33]

Baixo índice de eficiência energética

A intensidade da utilização de energia (em toneladas equivalentes de petróleo por unidade do PIB) é superior à média dos países Europeus da OCDE (220 vs 180 tep/M€ respectivamente, em 2005). É comum a interpretação que pretende que isso é assim porque o PIB português tem valores muito baixos. O facto é que, ao contrário do que se passa na média da UE, a taxa de aumento de consumo de energia tem superado consistentemente o aumento do PIB, traduzindo-se portanto numa perda de eficiência económica da utilização da energia (ver *Gráfico 28*). [33]

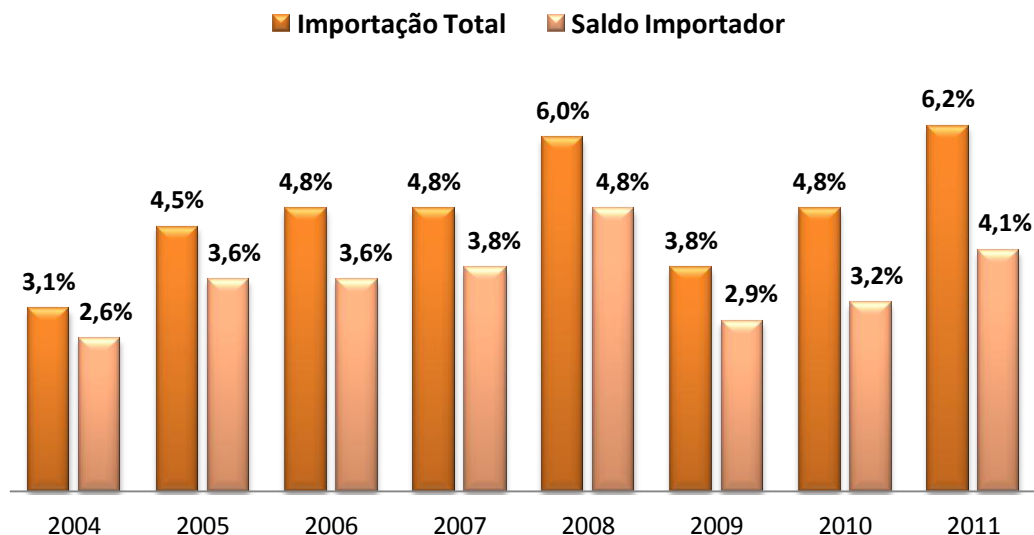


Gráfico 28 - Peso da importação dos produtos energéticos no PIB português entre 2004/2011 [7]

A importação bruta de energia em 2011 superou os 10.000M€, e com isso o aumento da utilização de energia está a crescer a um ritmo superior ao da produção de riqueza. Este facto poderá traduzir uma menor eficiência energética da produção de bens e serviços, identificável em vários sectores mas, o que significa é que implica sobretudo o crescimento de usos não-produtivos ao nível do consumo dos cidadãos. Poder-se-á invocar que isso ocorre em resposta ao acesso progressivo de cada vez mais portugueses a condições de bem-estar. [7]

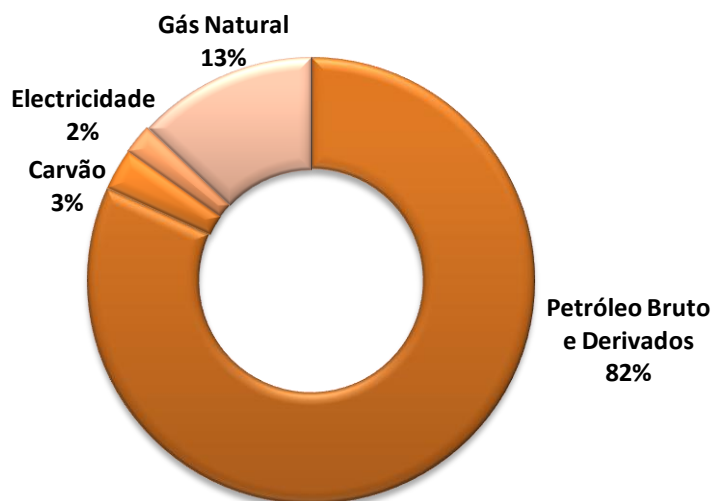


Gráfico 29 - Estrutura da importação de produtos energéticos em Portugal (2011) [7]

Análise sobre as Formas de Energia

Uma das formas de avaliar, do ponto de vista económico, os benefícios obtidos com a aquisição de um sistema solar é o tempo de retorno do investimento, isto é, a relação entre o custo do sistema (investimento inicial) e as poupanças médias anuais esperadas. Estas são calculadas considerando que a factura de energia convencional é reduzida anualmente num valor médio equivalente à energia fornecida pelo sistema solar e que este equipamento certificado e com boa manutenção, pode durar 25 ou mais anos, em boas condições de funcionamento.

A poupança económica anual retribuída pelo sistema solar será tanto quanto maior for a área colectora instalada (ver *Gráfico 30*). No entanto, os benefícios associados a esta poupança têm como consequência um maior investimento inicial. Portanto, a análise custo/benefício deve ser ponderada, dado que os benefícios económicos marginais são progressivamente decrescentes.

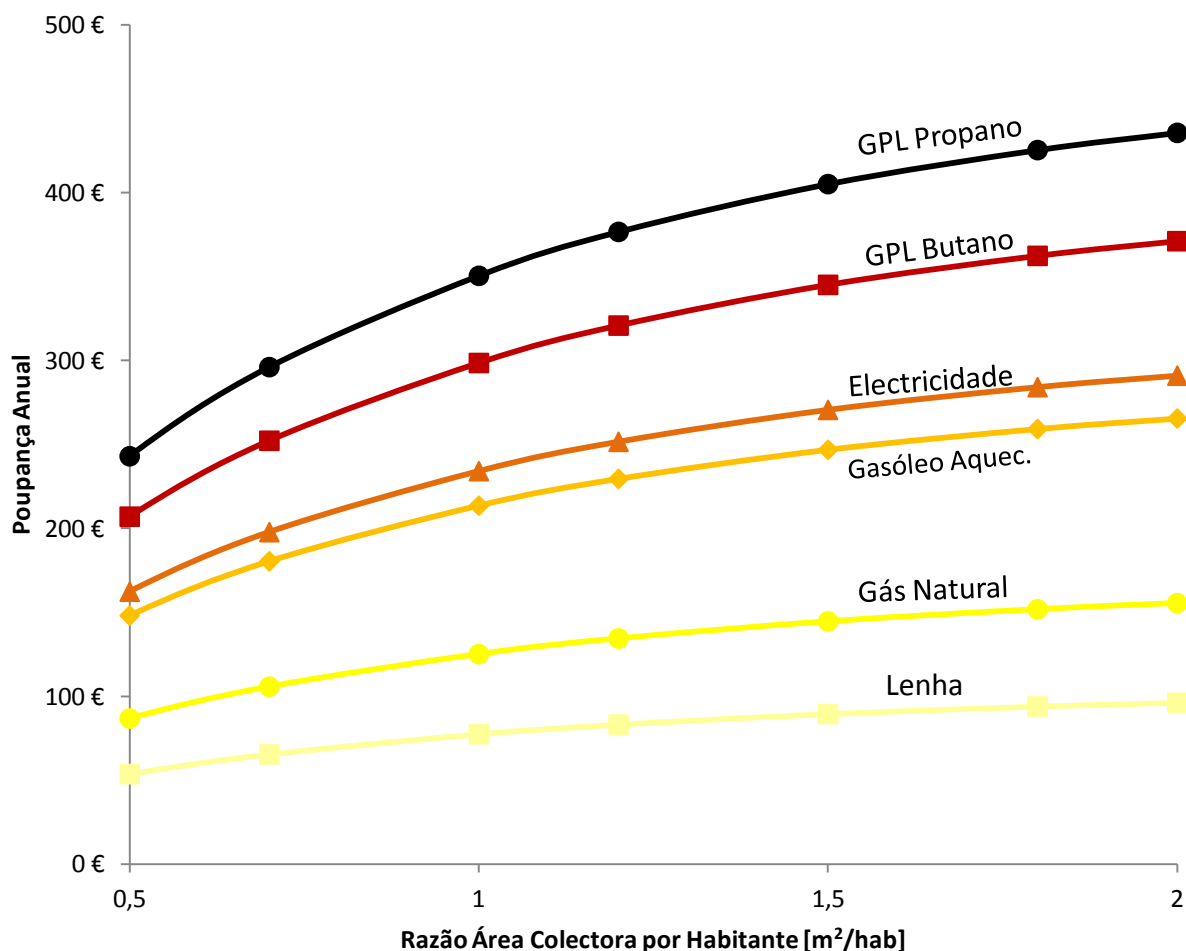


Gráfico 30 – Poupança anual para diferentes razões de área colectora por habitante, para diferentes formas de energia substituída (euros)

A análise económica apresentada de seguida parte do pressuposto que o custo da energia final no consumidor, nas suas várias formas, terá tendência para subir no futuro, por via da escassez e pela incorporação de factores externos. O interesse pelos sistemas solares térmicos será gradualmente crescente, pois os períodos de retorno económico tornar-se-ão mais interessantes à medida que aumenta o custo da energia convencional.

No presente trabalho considerou-se que o preço das várias formas de energia empregues na produção de AQS segue uma tendência crescente de 2% ao ano, e de acordo com os actuais preços em vigor para instalações solares térmicas, o custo da “instalação de referência”, incluindo outras despesas (mão-de-obra local, IVA, etc.) rondará um valor de 500€/m² instalado.

Conforme se constata no *Gráfico 31*, para diferentes formas de energia substituída (e diferentes custos desta), o tempo de retorno “simples” do investimento num sistema solar térmico, gerados pela economia energética, resultam em cerca de:

- 3 anos para as famílias que utilizam o GPL Propano
- 4 anos para as famílias que utilizam o GPL Butano
- 5 anos para as famílias que utilizam Electricidade
- 6 anos para as famílias que utilizam o Gasóleo de Aquecimento
- 9 anos para as famílias que utilizam Gás Natural
- 14 anos para as famílias que utilizam Lenha

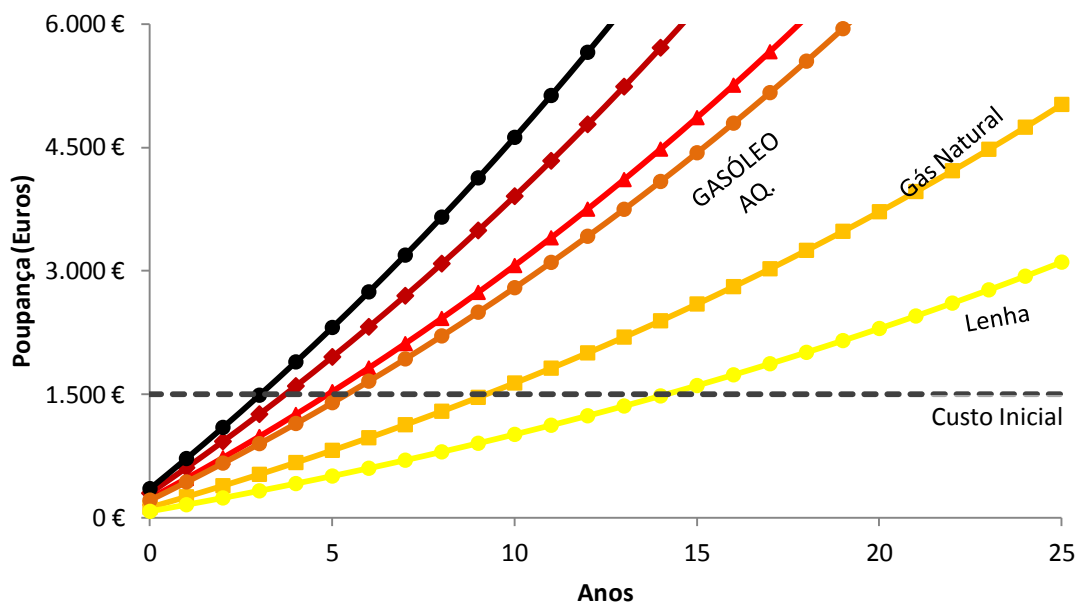


Gráfico 31 - Poupança esperada para o tempo médio de duração de uma instalação solar térmica, para diferentes formas de energia substituída (euros)

De salientar que, na presente análise económica, considerou-se que o aquecimento de águas com recurso à queima de um gás (natural, butano, propano, etc.) é feito através de um esquentador, dado que este é o equipamento presente em 78% dos alojamentos.[25] Há uma diferença significativa entre uma caldeira mural, cujo rendimento de queima pode ser de cerca de 90%, e um esquentador simples, cujo rendimento não ultrapassa os 65% (ver *Tabela 5*). [34]

| | Electricidade | Lenha | Gasóleo de Aquec. | GPL Propano | GPL Butano | Gás Natural |
|-----------------------|---------------|--------|-------------------|-------------|------------|-------------|
| Rendimento [%] | 100 | 60 | 80 | 65 | 65 | 65 |
| PCI [kWh/kg] | - | 4,42 | 11,85 | 13,26 | 12,87 | 12,53 |
| Preço [€/kg] | - | 0,150 | 1,482 | 2,211 | 1,828 | 0,746 |
| Preço [€/kWh] | 0,1393 | 0,0340 | 0,1250 | 0,1670 | 0,1420 | 0,0595 |

Tabela 5 - Rendimento de queima, poder calorífico inferior e preço de diferentes formas de energia [35][36][37]

Observa-se que, para produção de AQS, a substituição do gás de “garrafa” (propano ou butano) por um sistema solar térmico oferece retornos económicos mais atractivos. Isto deve-se sobretudo ao elevado preço de mercado desta forma de energia, associado ao baixo rendimento de queima dos esquentadores tradicionais.

Relativamente ao uso da electricidade, observa-se graficamente que o tempo de retorno do investimento é superior àquele do gás de “garrafa”. É de salientar que o custo energético considerado neste estudo apenas contabiliza o custo relativo ao “consumo medido”, não estando contabilizada a componente fixa referente à “potência contratada a 6,9kVA” (0,3308€ por dia de utilização) que, actualmente, tem um peso significativo na facturação eléctrica total.

Em contraste com as anteriores formas de energia, a substituição do gás natural e da lenha pelo solar térmico não é, actualmente, uma alternativa muito atractiva economicamente, dado o baixo custo unitário destas formas de energia.

Políticas de Incentivo

O Ministério da Economia e Inovação lançou em anos anteriores programas de incentivo à utilização de energias renováveis, existindo um protocolo assinado, com condições vantajosas em alguns bancos, para quem decidisse investir em painéis solares.

As condições de financiamento previam crédito até 72 meses (84 meses para habitações com gás natural) e taxa de juro indexada *Euribor* a 3 meses, acrescida de um *Spread* de 1,5%. O montante financiado incluía o valor do equipamento, ao qual era deduzida a comparticipação do Estado, instalação, garantia e manutenção.

Com as medidas de austeridade implementadas pelo Governo Português, as deduções à colecta de IRS anteriormente aplicadas às Energias Renováveis, deixaram de existir dando apenas lugar a benefícios fiscais.

Em teoria continua a ser possível abater no IRS 30% das despesas com equipamentos de energias renováveis, até ao limite de 803€. Na prática não é assim porque este tipo de gasto que antes era considerado dedução à colecta, passou para a categoria dos benefícios fiscais, cujo valor global foi reduzido. [33]

De um modo geral, o tempo médio de retorno de um investimento numa instalação solar térmica pode ser reduzido na mesma proporção de um incentivo económico.

Curvas de Abatimento de Custos Marginais

As curvas de abatimento de custos marginais, aplicadas ao mercado do carbono, permitem comparar a relação custo/benefício por acção ou por medida de intervenção. Numa perspectiva global as medidas que apresentem uma razão custo/benefício inferior ao valor da tonelada de CO₂ no mercado de emissões devem ser tidas como medidas de implementação prioritária. A curva de abatimento de custos marginais é constituída por barras, em que a altura exprime o custo marginal de investimento ou custo de oportunidade por tonelada de CO₂ e a largura reflete o impacto correspondente na redução de emissões.

Este modelo de comparação de custo/benefício foi usado para as acções do Plano de Acção para a Energia Sustentável da Cidade do Porto (PAES-P) tendo sido considerado um tempo médio de vida útil de 20 anos e analisado o custo de investimento da acção, a poupança energética e o impacto na redução de CO₂. Se o desenvolvimento da barra, que corresponde a uma determinada acção do PAES-P, for abaixo do eixo das abcissas, significa que a acção proposta produz ganhos directos e o investimento é recuperado. Numa perspectiva global dever-se-á comparar com o valor da tonelada de CO₂ conforme se expôs acima. Os resultados colocam em evidência que as acções com maior impacto na redução de emissões de CO₂ referenciadas no PAES-P são as acções de melhoria da eficiência energética no edificado e nos transportes. [29]



Figura 15 – Capa do Plano de Acção para a Energia Sustentável da Cidade do Porto (PAES-P) [29]

Analisando a curva de abatimento de custos marginais presente no Plano de Acção para a Energia Sustentável da Cidade do Porto (PAES-P) [29], observamos que a adopção de medidas a favor da melhoria da eficiência de veículos ligeiros representa um benefício directo de cerca de 117 €/tonCO₂. Por sua vez, a instalação de colectores solares térmicos representa uma medida com um custo associado de 5 €/tonCO₂. Embora o peso deste investimento se encontre numa posição intermédia relativamente ao “leque” de possíveis intervenções referidas à escala regional, a “largura” do investimento (correspondente à redução de emissões na curva de abatimento) irá ter uma maior amplitude quando alargada ao restante território nacional.

Prosseguindo a análise do impacto ambiental anteriormente vista, verificamos que a extensão da adopção de sistemas solar térmicos para mais 20% das famílias daria origem a uma redução de emissões contabilizada em cerca de 347.000 tonCO₂ à escala nacional. O montante deste investimento seria, portanto, estimado em cerca de 1,7M€.

Conclusões

O mercado de colectores solares térmicos em Portugal, mesmo estando próximo do 1.000.000 m² instalados tem uma dimensão inferior à de outros países economicamente comparáveis como Grécia e Áustria, e de outros países com um recurso energético inferior ao nosso.

Investir num sistema solar poderá ser, por vezes, resultado de considerações de natureza ambiental, dada a consciencialização crescente dos cidadãos, por via de uma maior divulgação da informação associada aos impactos negativos para o ambiente que resultam do uso dos combustíveis de origem fóssil. Porém, associada a essa consciencialização existe a expectativa por parte dos potenciais compradores em obter reduções nas facturas da electricidade, gás ou de outro tipo de combustível tradicionalmente utilizado na produção de AQS, como forma de amortização do investimento numa instalação solar térmica. Contudo, o elevado investimento inicial, a reputação inconsistente, o pouco conhecimento por parte da população e os constrangimentos a nível da instalação nos edifícios apresentam-se como principais barreiras à difusão dos colectores solares térmicos para o aquecimento de águas no nosso país. Numa população maioritariamente carente como a nossa, os incentivos económicos tornam-se determinantes no momento da decisão em fazer um investimento numa instalação solar térmica.

No sector residencial nacional as AQS representam cerca de 25% dos usos finais de energia pelo que é importante apoiar e fomentar a penetração do solar térmico que faz a conversão da energia solar térmica para temperaturas adequadas à utilização comum de água quente. É uma forma descentralizada e limpa de beneficiar a própria casa com uma energia de proximidade que apenas requer um pequeno apoio a gás ou, no limite, mesmo eléctrico.

A despeito da falta de informação sobre o rendimento das instalações “no terreno”, é possível concluir-se que as expectativas de produtividade do solar térmico para AQS devem ser auditadas e, seguramente, revistas. Conforme se provou, as instalações sofrem penalizações no seu possível potencial desde o seu projecto e dimensionamento, passando pela fase de instalação e, finalmente, pelo próprio uso inadequado do utilizador, dado que um perfil de uso bem informado pode aumentar entre 10 e 15% a energia útil captada por uma instalação.

Investir numa instalação solar térmica permite às famílias diminuir o uso do GPL's e de electricidade na produção de AQS, tendo actualmente períodos de retorno (“*payback*” simples) de um investimento a oscilar entre os 3 e os 5 anos, podendo ser substancialmente reduzidos através de incentivos económicos externos (de uma entidade pública ou outra), e com tendência a tornarem-se cada vez mais atractivos, dada a tendência do constante aumento dos preços dos combustíveis. Por outro lado, em

ambiente urbano, no que se refere à energia de apoio deve-se privilegiar a substituição daquelas formas de energia pelo gás natural, economicamente mais atractivo, tal como sugerem as actuais políticas energéticas indicadas para a Cidade do Porto.

Verificou-se que, actualmente, o potencial energético do sector eólico é cerca de duas vezes superior ao potencial energético do solar térmico. No entanto, o aumento do mercado de colectores solares e o aumento do preço dos combustíveis irá certamente permitir diminuir significativamente este custo, que é ainda elevado face aos custos típicos nos mercados Europeus de maior dimensão, pelo que há um potencial elevado para que o aquecimento de água com colectores solares se possa tornar ainda mais atractivo nos anos mais próximos.

Actualmente vive-se uma situação de crise financeira às escalas nacional e global e sempre que o mundo assistiu a uma crise energética, houve uma grande evolução na alteração de comportamentos, o que conduziu a uma redução do consumo e ao aumento da eficiência na utilização. Os constrangimentos de origem económica se vistos na perspectiva da promoção da utilização de fontes energéticas endógenas e melhoria da eficiência, podem ser vistos como oportunidades.

Compete, portanto, às autoridades nacionais e locais o desenvolvimento ou a resposta a programas de incentivo a projectos que promovam uma redução efectiva das emissões de CO₂ e que sejam sustentáveis do ponto de vista financeiro. Os programas devem ser divulgados e monitorizados, apresentando o seu balanço custo/benefício pois somente com a informação aos cidadãos se pode efectivamente ter sucesso na implementação de tais medidas.

Para um país ser mais sustentável do ponto de vista energético têm que existir políticas e vontades integradas e consolidadas num plano estratégico. Para que as medidas preconizadas tenham impacto efectivo, todas as acções devem ser acompanhadas e validadas, uma vez que, a execução de um plano de acções para a sustentabilidade energética tem um período de aplicação, durante o qual existem evoluções tecnológicas, económicas e políticas. Estas alterações podem originar constrangimentos e mesmo atrasar ou limitar as acções estratégicas que se pretendem implementar.

As curvas de abatimento de custos marginais, aplicadas ao mercado do carbono, permitem comparar a relação custo/benefício por acção ou por medida de intervenção. As acções com maior impacto na redução de emissões de CO₂ são as acções de melhoria da eficiência energética nos edifícios e nos transportes, produzindo ganhos directos e o investimento é recuperado em menor tempo relativamente a outras acções. A adopção de medidas a favor da instalação de colectores solares térmicos surge com uma razão custo/benefício relativamente menor do que a medida anteriormente referida. Porém, a implementação solar térmico tem a particularidade do poder de decisão não se encontrar à escala “macro”, mas sim à escala do cidadão particular, sendo este directamente interventivo na dependência energética do país.

A difusão generalizada do solar térmico com colectores solares para AQS poderá ser uma realidade no futuro de Portugal como o foi na Grécia, Chipre e Israel há 20 anos e na Áustria e Alemanha há 10 anos. Trata-se de tecnologias maduras e amplamente testadas, onde a sua difusão carece de programas consequentes que assegurem preços acessíveis dos equipamentos e qualidade técnica na instalação e manutenção bem como incentivos nacionais à ‘descarbonização’ do país.

A investigação com vista à redução do consumo energético não se cinge apenas aos equipamentos solares, tem existido igualmente uma grande evolução do lado do estudo e conhecimento em várias áreas, nomeadamente na simulação térmica dos edifícios, na criação de modelos de mobilidade nas cidades, na implementação e gestão de redes urbanas térmicas, nas técnicas de construção, etc.

Novas opções de política urbana, nomeadamente, no âmbito nacional ou da UE, podem conduzir a novas promoções de sistemas de apoio e incentivos, a novas regulamentações ou novos investimentos. A energia enquanto recurso essencial à vida, ao bem-estar, à criação de riqueza, é uma condição sócio-económica muito forte. Tal deve inspirar, desde logo, condições de racionalidade, de responsabilidade social e de perspectiva cultural favorável ao privilégio da ‘suficiência’ antes da própria ‘eficiência’.

Referências

- [1] <http://totalblog.clod5.com/2012/01/quem-foi-o-padre-himalaya/> - Consulta em Junho de 2012
- [2] Borges, Duarte de Bragança – “Avaliação do impacto do solar térmico para produção de AQS e apoio à Climatização no âmbito da nova Regulamentação” - Relatório do Projecto Final do MIEM - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Julho 2008)
- [3] Lebeña, Eduardo Perez & Costa, Jorge Cruz – “Curso de Instaladores de Equipamentos Solares Térmicos - Conversão Térmica da Energia Solar” - Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, INETI (2004)
- [4] <http://www.spes.pt/> - Consulta em Junho de 2012
- [5] Água Quente Solar para Portugal - ADENE/Direção Geral de Energia, DGE/ Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, INETI (2001)
- [6] S. Camelo & C. Pina dos Santos & A. Ramalho & C. Horta & H. Gonçalves & E. Maldonado – “Manual de Apoio à aplicação do RCCTE” - Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, INETI (2006).
- [7] Direção Geral de Energia e Geologia, DGEG – “A Factura Energética Portuguesa 2011” (Abril de 2012)
- [8] <http://www.certificacaoenergetica.com/> - Consulta em Junho de 2012

- [9] Weiss, Werner & Mauthner, Franz - “Solar Heat Worldwide - Markets and Contribution to the Energy Supply 2009” - (Edition 2011) – AEE, INTEC- Institute for Sustainable Technologies; IEA, International Energie Agency Solar Heating & Cooling Programme
- [10] APISOLAR, Associação Portuguesa da Indústria Solar “Observatório Solar Térmico” - Relatório & Estatísticas Solar Térmico 2011 - Resumo (2011)
- [11] www.aguaquentesolar.com - AQSpP - Perguntas frequentes - Consulta em Março 2012
- [12] <http://eshn-ph-agua8.wikispaces.com/F5> - Consulta em Março de 2012
- [13] <http://www.solarfeedintariff.net/spainmap.html> - Consulta em Março de 2012
- [14] Aguiar, Ricardo & Coelho, Ricardo Encarnação & Carvalho, Maria João – “Manual de Instalação e Utilização do Software SolTerm” Versão: 1.9 - Laboratório Nacional de Energia e Geologia, I.P. & Unidade de Análise Energética e Alterações Climáticas (2010)
- [15] Miranda, Marco António Cunha – “Optimização de Sistemas Solares Térmicos” - Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Junho de 2008
- [16] Campaniço, Hugo Miguel Gil – “Sistemas Solares Térmicos Centralizados: Aplicação em habitação Social” – Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia (2010)
- [17] <http://alvarenov.blogspot.pt/> - Consulta em Abril de 2012

- [18] <http://www.dern.pt/index.php?pg=21> - Consulta em Abril de 2012
- [19] <http://www.fotener.pt/tvacuo.html> - Consulta em Abril de 2012
- [20] Pereira, Pedro Tiago Sousa – “Energia Solar Térmica: Perspectivas do Presente e do Futuro” - Dissertação realizada no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2010)
- [21] Tavares de Pinho, Carlos Manuel Coutinho – “Gestão de Energia Térmica” - Departamento de Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (2011)
- [22] Fernandes, Maria Eduarda da Silva Teixeira – “O Mercado de Direitos de Emissão de CO₂: um estudo experimental” - Tese de Doutoramento em Ciências Económicas - Área de conhecimento - Teoria e Política Económica (2009)
- [23] <http://infopetro.wordpress.com/2011/07/11/novas-diretrizes-para-o-setor-eletrico-o-debate-europeu-e-a-situacao-brasileira/> - Consulta em Maio de 2012
- [24] Instituto Nacional de Estatística, I.P – “Censos 2011” (2011)
- [25] Instituto Nacional de Estatística, IP – “Inquérito às Despesas das Famílias” 2010/2011
- [26] Instituto Nacional de Estatística, IP – “Sobre a Pobreza, as Desigualdades e a Privação Material em Portugal” (2010)
- [27] Instituto Nacional de Estatística, I.P & Direcção Geral de Energia e Geologia, DGEG – “Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico 2010” (2011)

[28] Agência de Energia do Porto, AdEPORTO & Edifícios Saudáveis Consultores Lda. & TRENMO-Engenharia Lda. – “Matriz Energética do Porto” (2004)

[29] Câmara Municipal do Porto & Agência de Energia do Porto, AdEPorto – “Plano de Acção para a Energia Sustentável da Cidade do Porto” (2010)

[30] Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, RCCTE - Decreto-Lei nº80/2006, de 4 de Abril

[31] Agência de Energia do Porto, AdEPORTO & Laboratório de Física das Construções, LFC & Instituto da Construção, IC – “Reabilitação de Edifícios do Centro Histórico do Porto - Guia de Termos de Referência para o Desempenho Energético-Ambiental” – Porto Vivo, SRU-Sociedade de Reabilitação Urbana da Baixa Portuense, S.A.(2010)

[32] Direção Geral de Energia e Geologia, DGEG / Ministério da Economia e do Emprego - "Balanço Energético Sintético" (2011)

[33] http://www.oa.pt/Conteudos/Artigos/detalhe_artigo.aspx?idc=31623&idsc=31624&ida=116619 - Consulta em Maio de 2012

[34] Portal Energia, Energias Renováveis - “Energia Solar Térmica - Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação” (2004) – disponível em www.portal-energia.com

[35] Direcção Geral de Energia e Geologia, DGEG & Divisão de Planeamento e Estatística - “Evolução dos Preços dos Combustíveis Gasosos em Portugal Continental” (2012)

[36] <http://www.galpennergia.com/PT/ProdutosServicos/GasNatural/Mercado-Regulado/Tarifario/Paginas/Tarifario.aspx?tipoUtilizacao=1> - Consulta em Maio de 2012

[37] http://www.alojadogas.com/index.php?page=shop.browse&category_id=6&option=com_virtuemart&Itemid=34 - Consulta em Maio de 2012

[38] Coelho, Mário Rui Ferreira Abreu de Lobo - "Estudo da Viabilidade Técnico-Económica de um Sistema para Orientação Automática de Colectores Solares Planos" - Relatório do Projecto Final / Dissertação do MIEM - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (Fevereiro 2009)

[39] Fernandes, Eduardo de Oliveira & Fundação Gomes Teixeira – Universidade do Porto: Plano Regional de Ordenamento do Território do Oeste e Vale do Tejo, PROT-OVT – “Energia: Diagnóstico/Visão e OEBT” - Documento de Trabalho (2006)

Anexos

Anexo A – Capacidades Eólica e Hídrica instaladas em Portugal

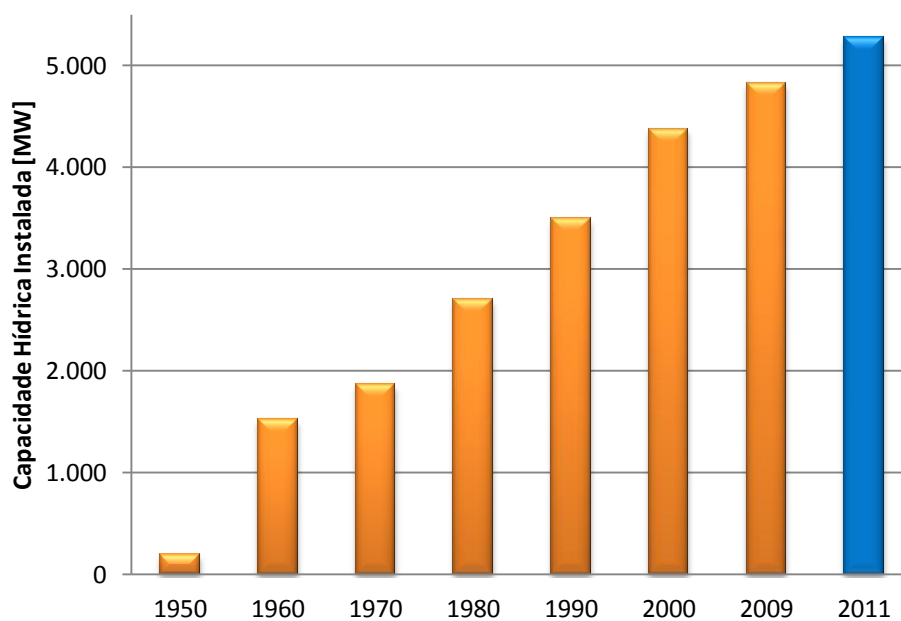


Gráfico 33 – Evolução da capacidade Hídrica instalada em Portugal, em MW [36][37]

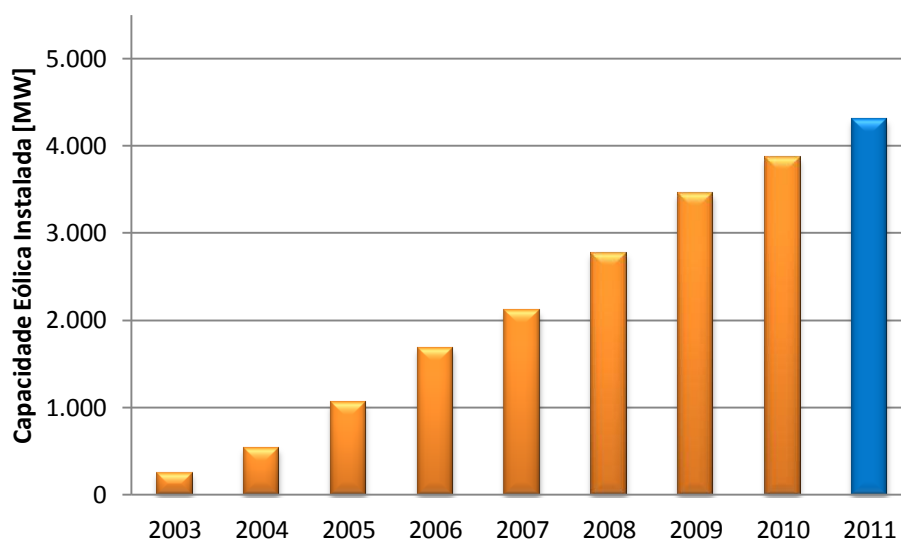


Gráfico 34 - Evolução da capacidade Eólica instalada em Portugal, em MW [36][37]

Anexo B – Caracterização Económica, Social e Habitacional

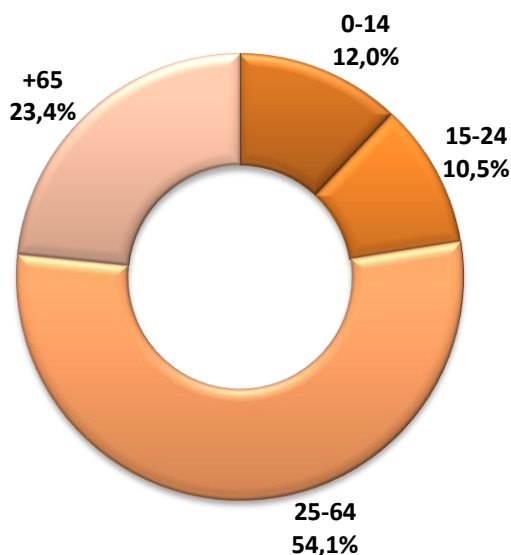


Gráfico 35 - Distribuição da população por idades no Concelho do Porto [9]

| ZONA GEOGRÁFICA | Total | Tipo de alojamento | | | | | | |
|-----------------|--------------|--------------------|----------|--------------|-------------------|-------|-------|-----------|
| | | Familiar | | | | | | Colectivo |
| | | Total | Clássico | Não Clássico | Forma de Ocupação | | | |
| R.Habitual | R.Secundária | | | | Vago | | | |
| PORTO | 137879 | 137359 | 137224 | 135 | 98799 | 12734 | 25826 | 520 |
| | 100% | 99,6% | 99,5% | 0,1% | 71,7% | 9,2% | 18,7% | 0,4% |

Tabela 1 - Distribuição dos alojamentos familiares do Concelho do Porto segundo tipo e forma de ocupação [9]

| ZONA GEOGRÁFICA | Utilização do Edifício | | | Tipo de Edifício | | |
|-----------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------|
| | Exclusivamente Residencial | Principalmente Residencial | Principalmente Não Residencial | Clássicos construídos para | | |
| | | | | 1 ou 2 alojamentos familiares | 3 ou mais alojamentos familiares | Outro tipo |
| PORTO | 38102 | 5643 | 569 | 30638 | 12680 | 996 |
| | 86% | 12,7% | 1,3% | 69,1% | 28,6% | 2,2% |

Tabela 2 - Distribuição dos edifícios do Concelho do Porto segundo tipo e forma utilização [9]

| ZONA GEOGRÁFICA | Total | Época de Construção | | | | |
|-----------------|-------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | Antes de 1919 | 1919 a 1945 | 1946 a 1970 | 1971 a 1990 | 1991 a 2011 |
| PORTO | 44314 | 7557 | 9284 | 15597 | 7114 | 4762 |
| | 100% | 17,1% | 21% | 35,2% | 16,1% | 10,7% |

Tabela 3 - Distribuição dos edifícios do Concelho do Porto segundo a época de construção [9]

| ZONA GEOGRÁFICA | Total | Número de Alojamentos | | | |
|-----------------|-------|-----------------------|-------|--------|------------|
| | | 1 | 2 a 6 | 7 a 12 | 13 ou mais |
| PORTO | 44314 | 28462 | 10170 | 3995 | 1687 |
| | 100% | 64,2% | 22,9% | 9% | 3,8% |

Tabela 4 - Distribuição dos edifícios do Concelho do Porto segundo número de alojamentos [9]

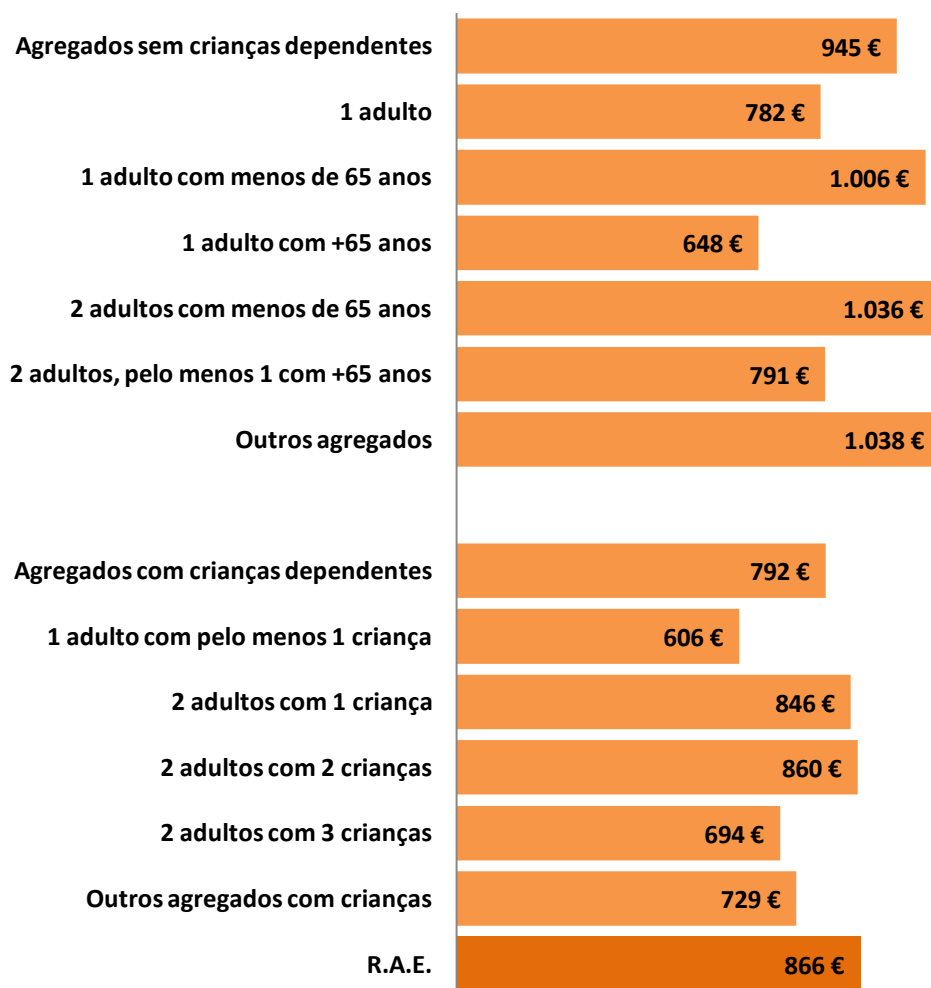


Gráfico 36 - Distribuição do rendimento monetário disponível por agregado familiar [11]

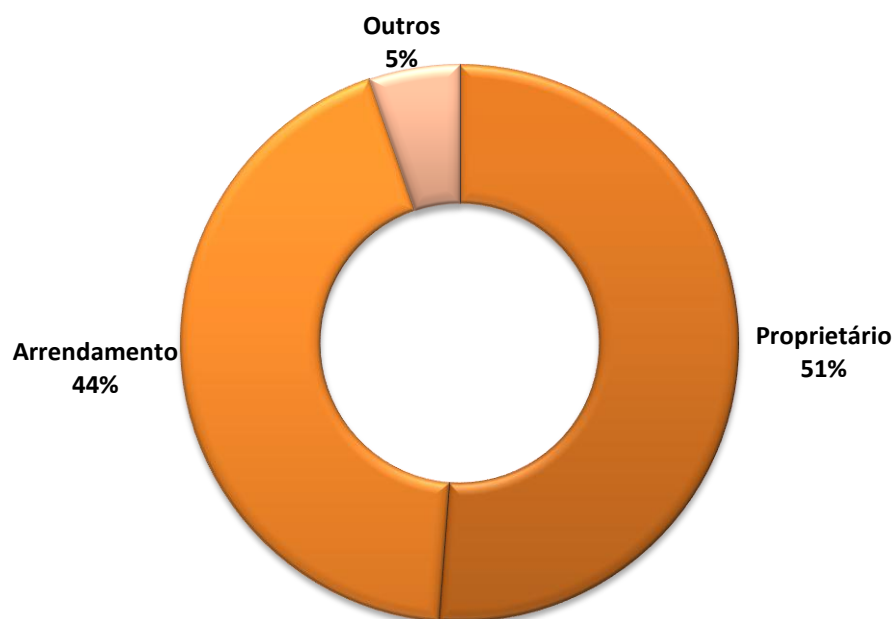


Gráfico 37 - Regime de propriedade dos alojamentos familiares no Concelho do Porto [9]

Anexo C – Caracterização do Consumo Energético nos Alojamentos em Portugal

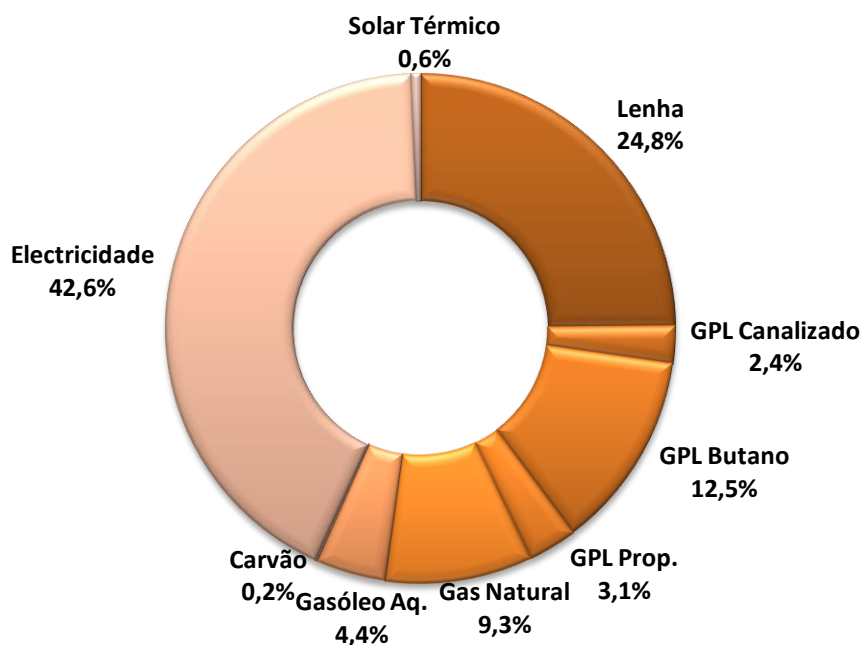


Gráfico 38 - Distribuição do consumo de energia no alojamento em Portugal Continental [12]

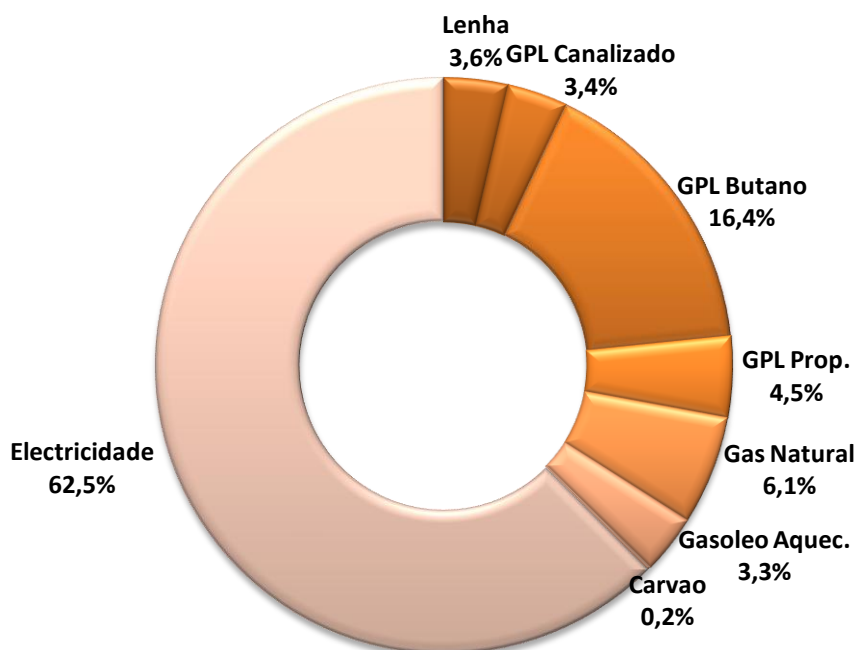


Gráfico 39 - Distribuição da despesa com energia no alojamento em Portugal Continental [12]

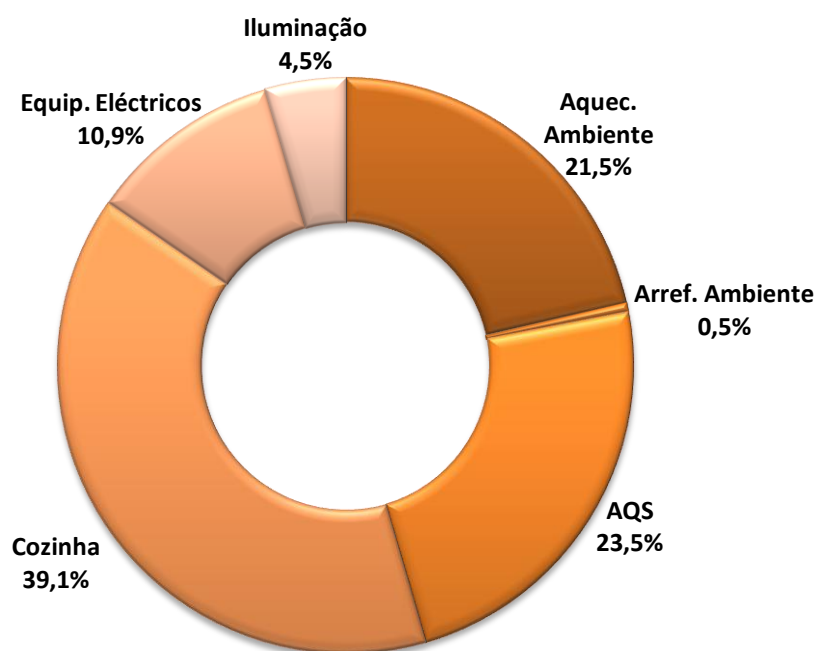


Gráfico 40 - Distribuição do consumo de energia no alojamento por tipo de energia e tipo de utilização em Portugal Continental [12]

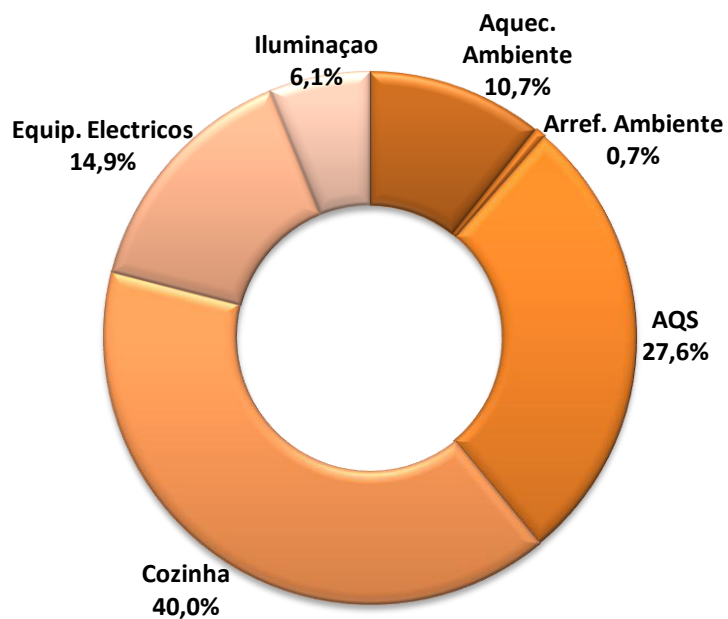


Gráfico 41 - Distribuição da despesa com energia no alojamento por tipo de utilização em Portugal Continental [12]

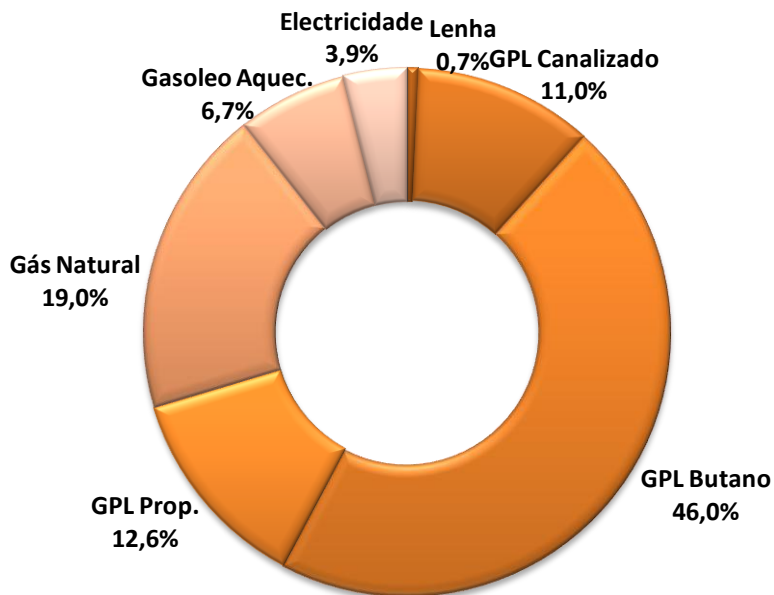


Gráfico 42 - Distribuição da despesa com energia para Aquecimento de águas por tipo de fonte em Portugal Continental [12]

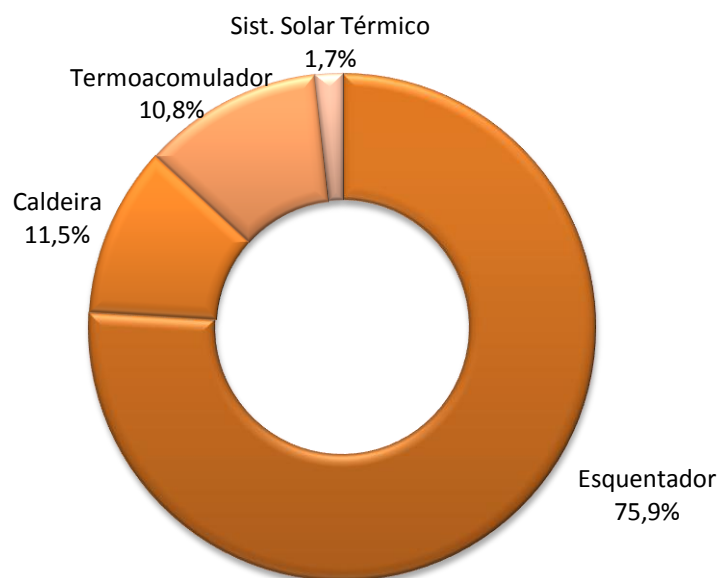


Gráfico 43 - Caracterização dos equipamentos utilizados para Aquecimento de águas por tipo de equipamento em Portugal Continental (o rácio teve por base o número total de alojamentos que têm água quente canalizada) [12]

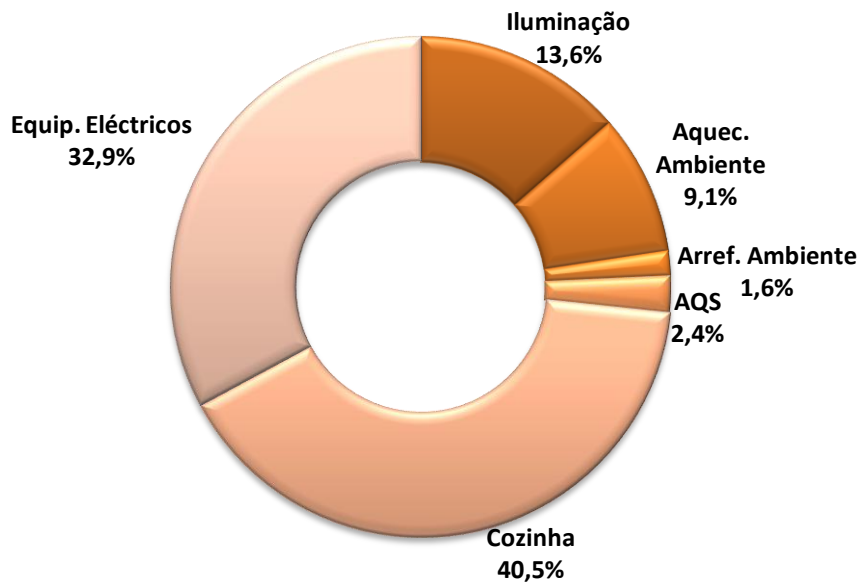


Gráfico 44 - Distribuição do consumo de Electricidade por tipo de utilização em Portugal Continental [12]

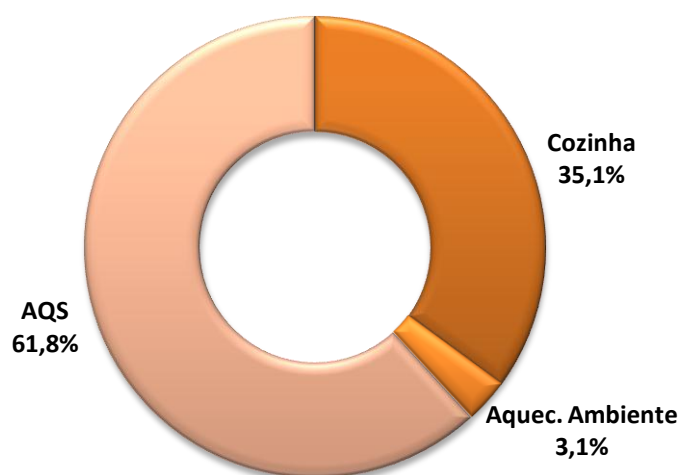


Gráfico 45 - Distribuição do consumo de Gás Natural por tipo de utilização em Portugal Continental [12]

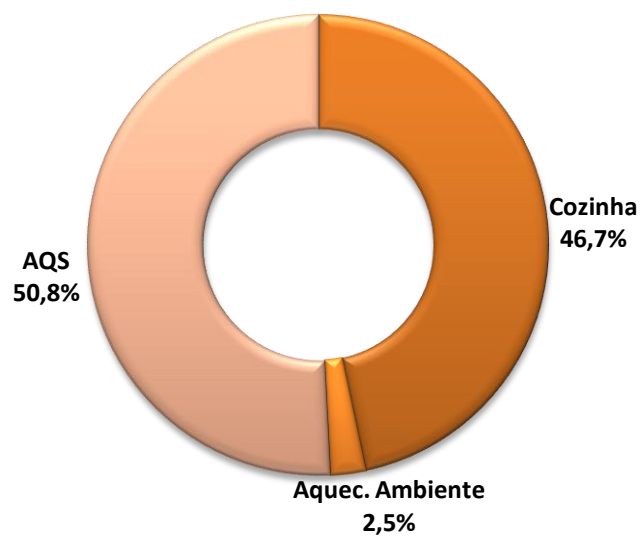


Gráfico 46 - Distribuição do consumo de GPL Garrafa Butano por tipo de utilização em Portugal Continental [12]

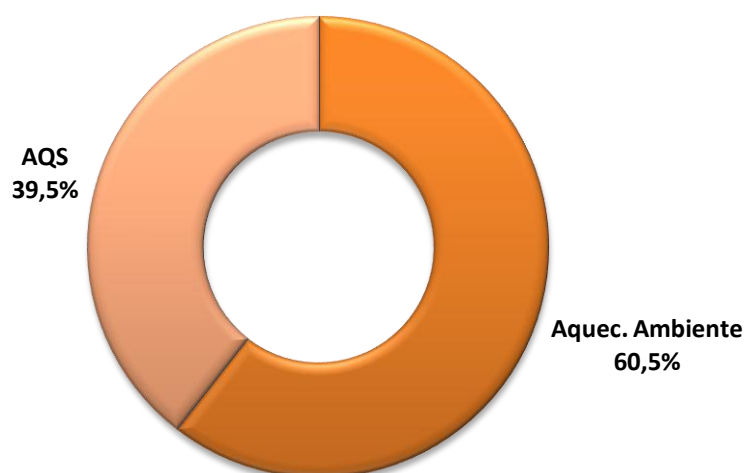


Gráfico 47 - Distribuição do consumo de Gasóleo de Aquecimento por tipo de utilização em Portugal Continental [12]

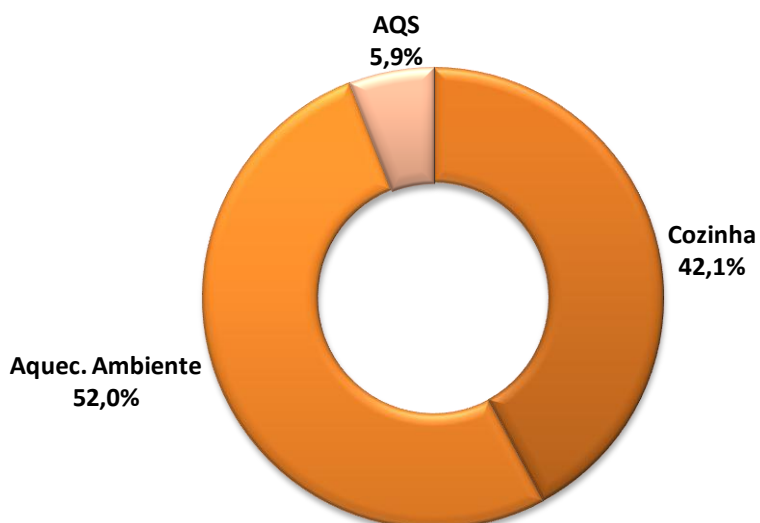


Gráfico 48 - Distribuição do consumo de Lenha por tipo de utilização em Portugal Continental [12]

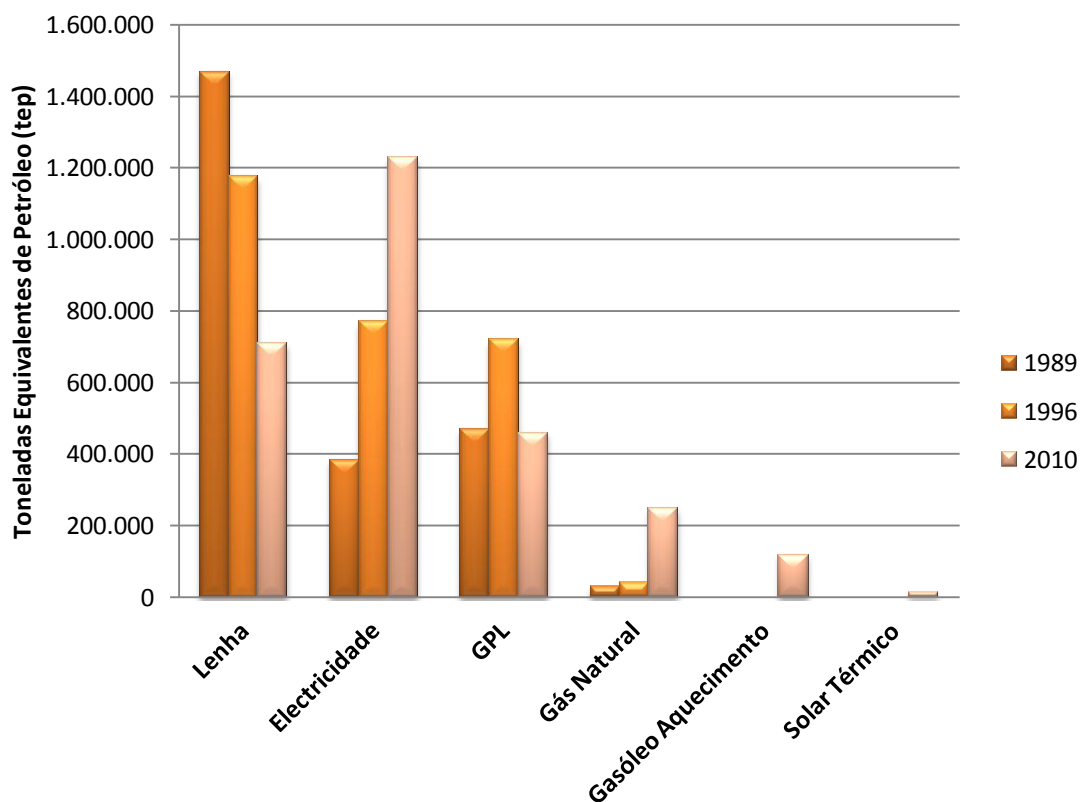


Gráfico 49 - Evolução do consumo de energia nos alojamentos por tipo de fonte de energia em Portugal, 1989, 1996 e 2010 [12]

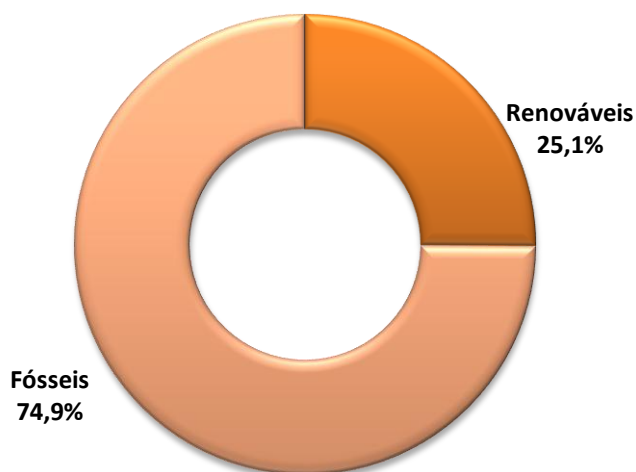


Gráfico 50 – Distribuição do consumo de energias renováveis e fósseis no alojamento em Portugal Continental [12]

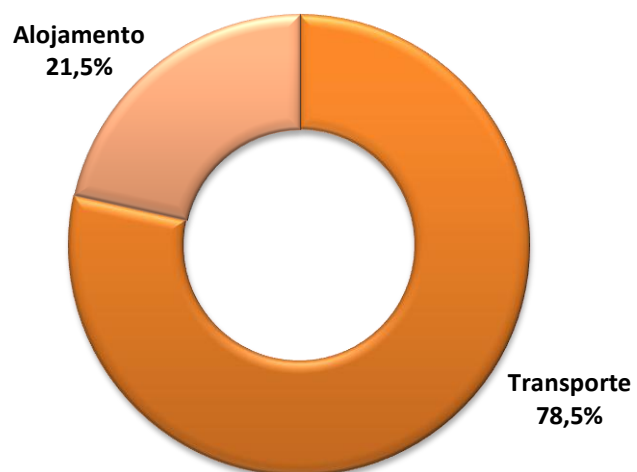


Gráfico 51 - Distribuição das emissões totais de CO₂ em Portugal Continental [12]

Anexo D – Cálculos

| Azimute [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|-------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 180 | 2372 | 673 | 1699 | 28,4 | 26 | 224 |
| 170 | 2372 | 689 | 1683 | 29,0 | 26 | 230 |
| 160 | 2372 | 719 | 1653 | 30,3 | 27 | 240 |
| 150 | 2372 | 763 | 1609 | 32,2 | 27 | 254 |
| 140 | 2372 | 818 | 1554 | 34,5 | 28 | 273 |
| 130 | 2372 | 881 | 1491 | 37,1 | 29 | 294 |
| 120 | 2372 | 947 | 1425 | 39,9 | 29 | 316 |
| 110 | 2372 | 1013 | 1359 | 42,7 | 29 | 338 |
| 100 | 2372 | 1076 | 1296 | 45,4 | 30 | 359 |
| 90 | 2372 | 1135 | 1237 | 47,8 | 30 | 378 |
| 80 | 2372 | 1190 | 1182 | 50,2 | 30 | 397 |
| 70 | 2372 | 1238 | 1134 | 52,2 | 29 | 413 |
| 60 | 2372 | 1279 | 1093 | 53,9 | 29 | 426 |
| 50 | 2372 | 1313 | 1059 | 55,4 | 29 | 438 |
| 40 | 2372 | 1340 | 1032 | 56,5 | 29 | 447 |
| 30 | 2372 | 1359 | 1013 | 57,3 | 29 | 453 |
| 20 | 2372 | 1371 | 1001 | 57,8 | 28 | 457 |
| 10 | 2372 | 1378 | 994 | 58,1 | 28 | 459 |
| 0 | 2372 | 1379 | 993 | 58,1 | 28 | 460 |
| -10 | 2372 | 1375 | 997 | 58,0 | 28 | 458 |
| -20 | 2372 | 1365 | 1007 | 57,5 | 28 | 455 |
| -30 | 2372 | 1349 | 1023 | 56,9 | 28 | 450 |
| -40 | 2372 | 1325 | 1047 | 55,9 | 28 | 442 |
| -50 | 2372 | 1292 | 1080 | 54,5 | 29 | 431 |
| -60 | 2372 | 1252 | 1120 | 52,8 | 29 | 417 |
| -70 | 2372 | 1203 | 1169 | 50,7 | 29 | 401 |
| -80 | 2372 | 1148 | 1224 | 48,4 | 28 | 383 |
| -90 | 2372 | 1086 | 1286 | 45,8 | 28 | 362 |
| -100 | 2372 | 1019 | 1353 | 43,0 | 28 | 340 |
| -110 | 2372 | 951 | 1421 | 40,1 | 28 | 317 |
| -120 | 2372 | 885 | 1487 | 37,3 | 27 | 295 |
| -130 | 2372 | 824 | 1548 | 34,7 | 27 | 275 |
| -140 | 2372 | 770 | 1602 | 32,5 | 27 | 257 |
| -150 | 2372 | 726 | 1646 | 30,6 | 26 | 242 |
| -160 | 2372 | 692 | 1680 | 29,2 | 26 | 231 |
| -170 | 2372 | 674 | 1698 | 28,4 | 26 | 225 |
| -180 | 2372 | 673 | 1699 | 28,4 | 26 | 224 |

Tabela 5 – Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” com 40º de inclinação, alterando o azimute do colector

| Azimute [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|-------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 180 | 2372 | 785 | 1587 | 33,1 | 26 | 262 |
| 170 | 2372 | 795 | 1577 | 33,5 | 26 | 265 |
| 160 | 2372 | 816 | 1556 | 34,4 | 27 | 272 |
| 150 | 2372 | 850 | 1522 | 35,8 | 27 | 283 |
| 140 | 2372 | 894 | 1478 | 37,7 | 27 | 298 |
| 130 | 2372 | 945 | 1427 | 39,8 | 28 | 315 |
| 120 | 2372 | 999 | 1373 | 42,1 | 28 | 333 |
| 110 | 2372 | 1052 | 1320 | 44,4 | 28 | 351 |
| 100 | 2372 | 1104 | 1268 | 46,5 | 29 | 368 |
| 90 | 2372 | 1152 | 1220 | 48,6 | 29 | 384 |
| 80 | 2372 | 1199 | 1173 | 50,5 | 29 | 400 |
| 70 | 2372 | 1240 | 1132 | 52,3 | 29 | 413 |
| 60 | 2372 | 1276 | 1096 | 53,8 | 29 | 425 |
| 50 | 2372 | 1306 | 1066 | 55,1 | 28 | 435 |
| 40 | 2372 | 1330 | 1042 | 56,1 | 28 | 443 |
| 30 | 2372 | 1348 | 1024 | 56,8 | 28 | 449 |
| 20 | 2372 | 1361 | 1011 | 57,4 | 28 | 454 |
| 10 | 2372 | 1368 | 1004 | 57,7 | 28 | 456 |
| 0 | 2372 | 1369 | 1003 | 57,7 | 28 | 456 |
| -10 | 2372 | 1365 | 1007 | 57,5 | 28 | 455 |
| -20 | 2372 | 1356 | 1016 | 57,2 | 28 | 452 |
| -30 | 2372 | 1341 | 1031 | 56,5 | 28 | 447 |
| -40 | 2372 | 1320 | 1052 | 55,6 | 28 | 440 |
| -50 | 2372 | 1292 | 1080 | 54,5 | 28 | 431 |
| -60 | 2372 | 1257 | 1115 | 53,0 | 28 | 419 |
| -70 | 2372 | 1216 | 1156 | 51,3 | 28 | 405 |
| -80 | 2372 | 1170 | 1202 | 49,3 | 28 | 390 |
| -90 | 2372 | 1118 | 1254 | 47,1 | 28 | 373 |
| -100 | 2372 | 1067 | 1305 | 45,0 | 28 | 356 |
| -110 | 2372 | 1012 | 1360 | 42,7 | 28 | 337 |
| -120 | 2372 | 958 | 1414 | 40,4 | 27 | 319 |
| -130 | 2372 | 908 | 1464 | 38,3 | 27 | 303 |
| -140 | 2372 | 863 | 1509 | 36,4 | 26 | 288 |
| -150 | 2372 | 828 | 1544 | 34,9 | 26 | 276 |
| -160 | 2372 | 802 | 1570 | 33,8 | 26 | 267 |
| -170 | 2372 | 788 | 1584 | 33,2 | 26 | 263 |
| -180 | 2372 | 785 | 1587 | 33,1 | 26 | 262 |

Tabela 6 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a "Instalação de Referência" com 30° de inclinação, alterando o azimute do colecter

| Azimute [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|-------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 180 | 2372 | 903 | 1469 | 38,1 | 26 | 301 |
| 170 | 2372 | 909 | 1463 | 38,3 | 26 | 303 |
| 160 | 2372 | 925 | 1447 | 39,0 | 26 | 308 |
| 150 | 2372 | 949 | 1423 | 40,0 | 26 | 316 |
| 140 | 2372 | 980 | 1392 | 41,3 | 26 | 327 |
| 130 | 2372 | 1014 | 1358 | 42,7 | 27 | 338 |
| 120 | 2372 | 1051 | 1321 | 44,3 | 27 | 350 |
| 110 | 2372 | 1088 | 1284 | 45,9 | 28 | 363 |
| 100 | 2372 | 1125 | 1247 | 47,4 | 28 | 375 |
| 90 | 2372 | 1161 | 1211 | 48,9 | 28 | 387 |
| 80 | 2372 | 1194 | 1178 | 50,3 | 28 | 398 |
| 70 | 2372 | 1224 | 1148 | 51,6 | 28 | 408 |
| 60 | 2372 | 1251 | 1121 | 52,7 | 28 | 417 |
| 50 | 2372 | 1274 | 1098 | 53,7 | 28 | 425 |
| 40 | 2372 | 1293 | 1079 | 54,5 | 28 | 431 |
| 30 | 2372 | 1307 | 1065 | 55,1 | 28 | 436 |
| 20 | 2372 | 1317 | 1055 | 55,5 | 28 | 439 |
| 10 | 2372 | 1323 | 1049 | 55,8 | 28 | 441 |
| 0 | 2372 | 1324 | 1048 | 55,8 | 27 | 441 |
| -10 | 2372 | 1321 | 1051 | 55,7 | 27 | 440 |
| -20 | 2372 | 1314 | 1058 | 55,4 | 28 | 438 |
| -30 | 2372 | 1302 | 1070 | 54,9 | 28 | 434 |
| -40 | 2372 | 1286 | 1086 | 54,2 | 28 | 429 |
| -50 | 2372 | 1266 | 1106 | 53,4 | 28 | 422 |
| -60 | 2372 | 1240 | 1132 | 52,3 | 28 | 413 |
| -70 | 2372 | 1211 | 1161 | 51,1 | 28 | 404 |
| -80 | 2372 | 1179 | 1193 | 49,7 | 28 | 393 |
| -90 | 2372 | 1143 | 1229 | 48,2 | 27 | 381 |
| -100 | 2372 | 1106 | 1266 | 46,6 | 27 | 369 |
| -110 | 2372 | 1067 | 1305 | 45,0 | 27 | 356 |
| -120 | 2372 | 1030 | 1342 | 43,4 | 27 | 343 |
| -130 | 2372 | 994 | 1378 | 41,9 | 27 | 331 |
| -140 | 2372 | 962 | 1410 | 40,6 | 26 | 321 |
| -150 | 2372 | 936 | 1436 | 39,5 | 26 | 312 |
| -160 | 2372 | 917 | 1455 | 38,7 | 26 | 306 |
| -170 | 2372 | 905 | 1467 | 38,2 | 26 | 302 |
| -180 | 2372 | 903 | 1469 | 38,1 | 26 | 301 |

Tabela 7 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” com 20º de inclinação, alterando o azimute do colector

| Azimute [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|-------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 180 | 2372 | 1038 | 1334 | 43,8 | 26 | 346 |
| 170 | 2372 | 1041 | 1331 | 43,9 | 26 | 347 |
| 160 | 2372 | 1048 | 1324 | 44,2 | 27 | 349 |
| 150 | 2372 | 1058 | 1314 | 44,6 | 27 | 353 |
| 140 | 2372 | 1071 | 1301 | 45,2 | 27 | 357 |
| 130 | 2372 | 1087 | 1285 | 45,8 | 27 | 362 |
| 120 | 2372 | 1105 | 1267 | 46,6 | 27 | 368 |
| 110 | 2372 | 1123 | 1249 | 47,3 | 27 | 374 |
| 100 | 2372 | 1142 | 1230 | 48,1 | 27 | 381 |
| 90 | 2372 | 1161 | 1211 | 48,9 | 27 | 387 |
| 80 | 2372 | 1179 | 1193 | 49,7 | 27 | 393 |
| 70 | 2372 | 1196 | 1176 | 50,4 | 27 | 399 |
| 60 | 2372 | 1211 | 1161 | 51,1 | 27 | 404 |
| 50 | 2372 | 1224 | 1148 | 51,6 | 27 | 408 |
| 40 | 2372 | 1235 | 1137 | 52,1 | 27 | 412 |
| 30 | 2372 | 1244 | 1128 | 52,4 | 27 | 415 |
| 20 | 2372 | 1250 | 1122 | 52,7 | 27 | 417 |
| 10 | 2372 | 1254 | 1118 | 52,9 | 27 | 418 |
| 0 | 2372 | 1254 | 1118 | 52,9 | 27 | 418 |
| -10 | 2372 | 1253 | 1119 | 52,8 | 27 | 418 |
| -20 | 2372 | 1248 | 1124 | 52,6 | 27 | 416 |
| -30 | 2372 | 1241 | 1131 | 52,3 | 27 | 414 |
| -40 | 2372 | 1232 | 1140 | 51,9 | 27 | 411 |
| -50 | 2372 | 1220 | 1152 | 51,4 | 27 | 407 |
| -60 | 2372 | 1206 | 1166 | 50,8 | 27 | 402 |
| -70 | 2372 | 1190 | 1182 | 50,2 | 27 | 397 |
| -80 | 2372 | 1173 | 1199 | 49,5 | 27 | 391 |
| -90 | 2372 | 1154 | 1218 | 48,7 | 27 | 385 |
| -100 | 2372 | 1135 | 1237 | 47,8 | 27 | 378 |
| -110 | 2372 | 1116 | 1256 | 47,0 | 27 | 372 |
| -120 | 2372 | 1098 | 1274 | 46,3 | 27 | 366 |
| -130 | 2372 | 1081 | 1291 | 45,6 | 27 | 360 |
| -140 | 2372 | 1066 | 1306 | 44,9 | 27 | 355 |
| -150 | 2372 | 1054 | 1318 | 44,4 | 27 | 351 |
| -160 | 2372 | 1045 | 1327 | 44,1 | 26 | 348 |
| -170 | 2372 | 1039 | 1333 | 43,8 | 26 | 346 |
| -180 | 2372 | 1038 | 1334 | 43,8 | 26 | 346 |

Tabela 8 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” com 10° de inclinação, alterando o azimute do colector

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 937 | 1435 | 39,5 | 29 | 312 |
| 85 | 2372 | 1017 | 1355 | 42,9 | 29 | 339 |
| 80 | 2372 | 1091 | 1281 | 46,0 | 29 | 364 |
| 75 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 29 | 386 |
| 70 | 2372 | 1217 | 1155 | 51,3 | 29 | 406 |
| 65 | 2372 | 1267 | 1105 | 53,4 | 29 | 422 |
| 60 | 2372 | 1308 | 1064 | 55,1 | 29 | 436 |
| 55 | 2372 | 1339 | 1033 | 56,5 | 29 | 446 |
| 50 | 2372 | 1360 | 1012 | 57,3 | 28 | 453 |
| 45 | 2372 | 1374 | 998 | 57,9 | 28 | 458 |
| 40 | 2372 | 1379 | 993 | 58,1 | 28 | 460 |
| 35 | 2372 | 1377 | 995 | 58,1 | 28 | 459 |
| 30 | 2372 | 1369 | 1003 | 57,7 | 28 | 456 |
| 25 | 2372 | 1349 | 1023 | 56,9 | 28 | 450 |
| 20 | 2372 | 1324 | 1048 | 55,8 | 27 | 441 |
| 15 | 2372 | 1293 | 1079 | 54,5 | 27 | 431 |
| 10 | 2372 | 1254 | 1118 | 52,9 | 27 | 418 |
| 5 | 2372 | 1210 | 1162 | 51,0 | 27 | 403 |
| 0 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 27 | 386 |

Tabela 9 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” alterando a inclinação do colector

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 893 | 1479 | 37,6 | 28 | 298 |
| 85 | 2372 | 963 | 1409 | 40,6 | 28 | 321 |
| 80 | 2372 | 1029 | 1343 | 43,4 | 28 | 343 |
| 75 | 2372 | 1089 | 1283 | 45,9 | 28 | 363 |
| 70 | 2372 | 1144 | 1228 | 48,2 | 28 | 381 |
| 65 | 2372 | 1191 | 1181 | 50,2 | 28 | 397 |
| 60 | 2372 | 1231 | 1141 | 51,9 | 28 | 410 |
| 55 | 2372 | 1262 | 1110 | 53,2 | 28 | 421 |
| 50 | 2372 | 1286 | 1086 | 54,2 | 28 | 429 |
| 45 | 2372 | 1301 | 1071 | 54,8 | 28 | 434 |
| 40 | 2372 | 1309 | 1063 | 55,2 | 28 | 436 |
| 35 | 2372 | 1311 | 1061 | 55,3 | 28 | 437 |
| 30 | 2372 | 1307 | 1065 | 55,1 | 28 | 436 |
| 25 | 2372 | 1294 | 1078 | 54,6 | 28 | 431 |
| 20 | 2372 | 1277 | 1095 | 53,8 | 28 | 426 |
| 15 | 2372 | 1254 | 1118 | 52,9 | 28 | 418 |
| 10 | 2372 | 1226 | 1146 | 51,7 | 27 | 409 |
| 5 | 2372 | 1194 | 1178 | 50,3 | 27 | 398 |
| 0 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 27 | 386 |

Tabela 10 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” azimute Sudeste (-45°) alterando a inclinação do colectador

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 687 | 1685 | 29,0 | 28 | 229 |
| 85 | 2372 | 739 | 1633 | 31,2 | 29 | 246 |
| 80 | 2372 | 789 | 1583 | 33,3 | 29 | 263 |
| 75 | 2372 | 838 | 1534 | 35,3 | 29 | 279 |
| 70 | 2372 | 884 | 1488 | 37,3 | 29 | 295 |
| 65 | 2372 | 927 | 1445 | 39,1 | 29 | 309 |
| 60 | 2372 | 967 | 1405 | 40,8 | 29 | 322 |
| 55 | 2372 | 1003 | 1369 | 42,3 | 29 | 334 |
| 50 | 2372 | 1035 | 1337 | 43,6 | 28 | 345 |
| 45 | 2372 | 1062 | 1310 | 44,8 | 28 | 354 |
| 40 | 2372 | 1086 | 1286 | 45,8 | 28 | 362 |
| 35 | 2372 | 1105 | 1267 | 46,6 | 28 | 368 |
| 30 | 2372 | 1118 | 1254 | 47,1 | 28 | 373 |
| 25 | 2372 | 1134 | 1238 | 47,8 | 28 | 378 |
| 20 | 2372 | 1143 | 1229 | 48,2 | 27 | 381 |
| 15 | 2372 | 1150 | 1222 | 48,5 | 27 | 383 |
| 10 | 2372 | 1154 | 1218 | 48,7 | 27 | 385 |
| 5 | 2372 | 1157 | 1215 | 48,8 | 27 | 386 |
| 0 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 27 | 386 |

Tabela 11 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” azimute Este (-90°) alterando a inclinação do colectador

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 822 | 1550 | 34,7 | 34 | 274 |
| 85 | 2372 | 870 | 1502 | 36,7 | 34 | 290 |
| 80 | 2372 | 914 | 1458 | 38,5 | 33 | 305 |
| 75 | 2372 | 956 | 1416 | 40,3 | 33 | 319 |
| 70 | 2372 | 994 | 1378 | 41,9 | 32 | 331 |
| 65 | 2372 | 1027 | 1345 | 43,3 | 32 | 342 |
| 60 | 2372 | 1057 | 1315 | 44,6 | 31 | 352 |
| 55 | 2372 | 1082 | 1290 | 45,6 | 31 | 361 |
| 50 | 2372 | 1104 | 1268 | 46,5 | 31 | 368 |
| 45 | 2372 | 1121 | 1251 | 47,3 | 30 | 374 |
| 40 | 2372 | 1135 | 1237 | 47,8 | 30 | 378 |
| 35 | 2372 | 1146 | 1226 | 48,3 | 29 | 382 |
| 30 | 2372 | 1152 | 1220 | 48,6 | 29 | 384 |
| 25 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 28 | 386 |
| 20 | 2372 | 1161 | 1211 | 48,9 | 28 | 387 |
| 15 | 2372 | 1161 | 1211 | 48,9 | 28 | 387 |
| 10 | 2372 | 1161 | 1211 | 48,9 | 27 | 387 |
| 5 | 2372 | 1160 | 1212 | 48,9 | 27 | 387 |
| 0 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 27 | 386 |

Tabela 12 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” azimute Oeste (+90º) alterando a inclinação do colectore

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 987 | 1385 | 41,6 | 32 | 329 |
| 85 | 2372 | 1051 | 1321 | 44,3 | 32 | 350 |
| 80 | 2372 | 1109 | 1263 | 46,8 | 32 | 370 |
| 75 | 2372 | 1161 | 1211 | 48,9 | 31 | 387 |
| 70 | 2372 | 1206 | 1166 | 50,8 | 31 | 402 |
| 65 | 2372 | 1243 | 1129 | 52,4 | 31 | 414 |
| 60 | 2372 | 1273 | 1099 | 53,7 | 30 | 424 |
| 55 | 2372 | 1297 | 1075 | 54,7 | 30 | 432 |
| 50 | 2372 | 1313 | 1059 | 55,4 | 30 | 438 |
| 45 | 2372 | 1323 | 1049 | 55,8 | 29 | 441 |
| 40 | 2372 | 1327 | 1045 | 55,9 | 29 | 442 |
| 35 | 2372 | 1325 | 1047 | 55,9 | 29 | 442 |
| 30 | 2372 | 1319 | 1053 | 55,6 | 28 | 440 |
| 25 | 2372 | 1303 | 1069 | 54,9 | 28 | 434 |
| 20 | 2372 | 1284 | 1088 | 54,1 | 28 | 428 |
| 15 | 2372 | 1259 | 1113 | 53,1 | 27 | 420 |
| 10 | 2372 | 1230 | 1142 | 51,9 | 27 | 410 |
| 5 | 2372 | 1196 | 1176 | 50,4 | 27 | 399 |
| 0 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 27 | 386 |

Tabela 13 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” azimute Sudoeste (+45°) alterando a inclinação do colectador

| ÁREA [m ²] | Razão ÁREA/hab | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|------------------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|---|--|
| 0,5 | 0,17 | 2372 | 443 | 1929 | 18,7 | 54 | 886 |
| 0,6 | 0,20 | 2372 | 505 | 1867 | 21,3 | 51 | 842 |
| 0,7 | 0,23 | 2372 | 565 | 1807 | 23,8 | 49 | 807 |
| 0,8 | 0,27 | 2372 | 621 | 1751 | 26,2 | 47 | 776 |
| 0,9 | 0,30 | 2372 | 674 | 1698 | 28,4 | 46 | 749 |
| 1,0 | 0,33 | 2372 | 725 | 1647 | 30,6 | 44 | 725 |
| 1,2 | 0,40 | 2372 | 819 | 1553 | 34,5 | 42 | 683 |
| 1,4 | 0,47 | 2372 | 905 | 1467 | 38,2 | 39 | 646 |
| 1,5 | 0,50 | 2372 | 945 | 1427 | 39,8 | 38 | 630 |
| 1,6 | 0,53 | 2372 | 983 | 1389 | 41,4 | 37 | 614 |
| 1,8 | 0,60 | 2372 | 1052 | 1320 | 44,4 | 36 | 584 |
| 2,0 | 0,67 | 2372 | 1115 | 1257 | 47,0 | 34 | 558 |
| 2,1 | 0,70 | 2372 | 1143 | 1229 | 48,2 | 33 | 544 |
| 2,4 | 0,80 | 2372 | 1221 | 1151 | 51,5 | 31 | 509 |
| 2,7 | 0,90 | 2372 | 1288 | 1084 | 54,3 | 29 | 477 |
| 2,8 | 0,93 | 2372 | 1308 | 1064 | 55,1 | 28 | 467 |
| 3,0 | 1,00 | 2372 | 1346 | 1026 | 56,7 | 27 | 449 |
| 3,2 | 1,07 | 2372 | 1381 | 991 | 58,2 | 26 | 432 |
| 3,5 | 1,17 | 2372 | 1427 | 945 | 60,2 | 25 | 408 |
| 3,6 | 1,20 | 2372 | 1441 | 931 | 60,8 | 24 | 400 |
| 4,0 | 1,33 | 2372 | 1490 | 882 | 62,8 | 23 | 373 |
| 4,5 | 1,50 | 2372 | 1542 | 830 | 65,0 | 21 | 343 |
| 5,0 | 1,67 | 2372 | 1584 | 788 | 66,8 | 19 | 317 |
| 5,4 | 1,80 | 2372 | 1613 | 759 | 68,0 | 18 | 299 |
| 6,0 | 2,00 | 2372 | 1649 | 723 | 69,5 | 17 | 275 |
| 7,5 | 2,50 | 2372 | 1717 | 655 | 72,4 | 14 | 229 |
| 9,0 | 3,00 | 2372 | 1767 | 605 | 74,5 | 12 | 196 |

Tabela 14 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” com um volume de armazenamento de 100L, variando a área colectora

| ÁREA [m ²] | Razão ÁREA/hab | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|------------------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|---|--|
| 0,5 | 0,17 | 2372 | 445 | 1927 | 18,8 | 54 | 890 |
| 0,6 | 0,20 | 2372 | 507 | 1865 | 21,4 | 52 | 845 |
| 0,7 | 0,23 | 2372 | 566 | 1806 | 23,9 | 49 | 809 |
| 0,8 | 0,27 | 2372 | 622 | 1750 | 26,2 | 47 | 778 |
| 0,9 | 0,30 | 2372 | 676 | 1696 | 28,5 | 46 | 751 |
| 1,0 | 0,33 | 2372 | 727 | 1645 | 30,6 | 44 | 727 |
| 1,2 | 0,40 | 2372 | 823 | 1549 | 34,7 | 42 | 686 |
| 1,4 | 0,47 | 2372 | 911 | 1461 | 38,4 | 40 | 651 |
| 1,5 | 0,50 | 2372 | 952 | 1420 | 40,1 | 39 | 635 |
| 1,6 | 0,53 | 2372 | 991 | 1381 | 41,8 | 38 | 619 |
| 1,8 | 0,60 | 2372 | 1063 | 1309 | 44,8 | 36 | 591 |
| 2,0 | 0,67 | 2372 | 1127 | 1245 | 47,5 | 34 | 564 |
| 2,1 | 0,70 | 2372 | 1157 | 1215 | 48,8 | 34 | 551 |
| 2,4 | 0,80 | 2372 | 1238 | 1134 | 52,2 | 31 | 516 |
| 2,7 | 0,90 | 2372 | 1307 | 1065 | 55,1 | 30 | 484 |
| 2,8 | 0,93 | 2372 | 1328 | 1044 | 56,0 | 29 | 474 |
| 3,0 | 1,00 | 2372 | 1368 | 1004 | 57,7 | 28 | 456 |
| 3,2 | 1,07 | 2372 | 1404 | 968 | 59,2 | 27 | 439 |
| 3,5 | 1,17 | 2372 | 1452 | 920 | 61,2 | 25 | 415 |
| 3,6 | 1,20 | 2372 | 1467 | 905 | 61,8 | 25 | 408 |
| 4,0 | 1,33 | 2372 | 1520 | 852 | 64,1 | 23 | 380 |
| 4,5 | 1,50 | 2372 | 1575 | 797 | 66,4 | 21 | 350 |
| 5,0 | 1,67 | 2372 | 1619 | 753 | 68,3 | 20 | 324 |
| 5,4 | 1,80 | 2372 | 1649 | 723 | 69,5 | 19 | 305 |
| 6,0 | 2,00 | 2372 | 1686 | 686 | 71,1 | 17 | 281 |
| 7,5 | 2,50 | 2372 | 1752 | 620 | 73,9 | 14 | 234 |
| 9,0 | 3,00 | 2372 | 1799 | 573 | 75,8 | 12 | 200 |

Tabela 15 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” variando a área colectora

| ÁREA [m ²] | Razão ÁREA/hab | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|------------------------|-------------------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|---|--|
| 0,5 | 0,17 | 2372 | 445 | 1927 | 18,8 | 54 | 890 |
| 0,6 | 0,20 | 2372 | 506 | 1866 | 21,3 | 51 | 843 |
| 0,7 | 0,23 | 2372 | 564 | 1808 | 23,8 | 49 | 806 |
| 0,8 | 0,27 | 2372 | 619 | 1753 | 26,1 | 47 | 774 |
| 0,9 | 0,30 | 2372 | 672 | 1700 | 28,3 | 46 | 747 |
| 1,0 | 0,33 | 2372 | 723 | 1649 | 30,5 | 44 | 723 |
| 1,2 | 0,40 | 2372 | 818 | 1554 | 34,5 | 42 | 682 |
| 1,4 | 0,47 | 2372 | 906 | 1466 | 38,2 | 39 | 647 |
| 1,5 | 0,50 | 2372 | 948 | 1424 | 40,0 | 39 | 632 |
| 1,6 | 0,53 | 2372 | 988 | 1384 | 41,7 | 38 | 618 |
| 1,8 | 0,60 | 2372 | 1063 | 1309 | 44,8 | 36 | 591 |
| 2,0 | 0,67 | 2372 | 1131 | 1241 | 47,7 | 34 | 566 |
| 2,1 | 0,70 | 2372 | 1163 | 1209 | 49,0 | 34 | 554 |
| 2,4 | 0,80 | 2372 | 1248 | 1124 | 52,6 | 32 | 520 |
| 2,7 | 0,90 | 2372 | 1322 | 1050 | 55,7 | 30 | 490 |
| 2,8 | 0,93 | 2372 | 1345 | 1027 | 56,7 | 29 | 480 |
| 3,0 | 1,00 | 2372 | 1386 | 986 | 58,4 | 28 | 462 |
| 3,2 | 1,07 | 2372 | 1425 | 947 | 60,1 | 27 | 445 |
| 3,5 | 1,17 | 2372 | 1477 | 895 | 62,3 | 26 | 422 |
| 3,6 | 1,20 | 2372 | 1493 | 879 | 62,9 | 25 | 415 |
| 4,0 | 1,33 | 2372 | 1551 | 821 | 65,4 | 24 | 388 |
| 4,5 | 1,50 | 2372 | 1611 | 761 | 67,9 | 22 | 358 |
| 5,0 | 1,67 | 2372 | 1659 | 713 | 69,9 | 20 | 332 |
| 5,4 | 1,80 | 2372 | 1692 | 680 | 71,3 | 19 | 313 |
| 6,0 | 2,00 | 2372 | 1734 | 638 | 73,1 | 18 | 289 |
| 7,5 | 2,50 | 2372 | 1809 | 563 | 76,3 | 15 | 241 |
| 9,0 | 3,00 | 2372 | 1860 | 512 | 78,4 | 13 | 207 |

Tabela 16 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” com um volume de armazenamento de 150L, variando a área colectora

| ÁREA [m ²] | Razão ÁREA/hab | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|------------------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 0,6 | 0,20 | 2372 | 507 | 1865 | 21,4 | 52 | 845 |
| 0,9 | 0,30 | 2372 | 676 | 1696 | 28,5 | 46 | 751 |
| 1,2 | 0,40 | 2372 | 823 | 1549 | 34,7 | 42 | 686 |
| 1,5 | 0,50 | 2372 | 952 | 1420 | 40,1 | 39 | 635 |
| 1,8 | 0,60 | 2372 | 1063 | 1309 | 44,8 | 36 | 591 |
| 2,1 | 0,70 | 2372 | 1157 | 1215 | 48,8 | 34 | 551 |
| 2,4 | 0,80 | 2372 | 1238 | 1134 | 52,2 | 31 | 516 |
| 2,7 | 0,90 | 2372 | 1307 | 1065 | 55,1 | 30 | 484 |
| 3,0 | 1,00 | 2372 | 1368 | 1004 | 57,7 | 28 | 456 |
| 3,6 | 1,20 | 2372 | 1467 | 905 | 61,8 | 25 | 408 |
| 4,5 | 1,50 | 2372 | 1575 | 797 | 66,4 | 21 | 350 |
| 5,4 | 1,80 | 2372 | 1649 | 723 | 69,5 | 19 | 305 |
| 6,0 | 2,00 | 2372 | 1686 | 686 | 71,1 | 17 | 281 |
| 7,5 | 2,50 | 2372 | 1752 | 620 | 73,9 | 14 | 234 |
| 9,0 | 3,00 | 2372 | 1799 | 573 | 75,8 | 12 | 200 |

Tabela 17 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” variando a área colectora

| ÁREA [m ²] | Razão ÁREA/hab | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|------------------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 0,6 | 0,20 | 2411 | 548 | 1863 | 22,7 | 56 | 913 |
| 0,9 | 0,30 | 2411 | 737 | 1674 | 30,6 | 50 | 819 |
| 1,2 | 0,40 | 2411 | 904 | 1507 | 37,5 | 46 | 753 |
| 1,5 | 0,50 | 2411 | 1053 | 1358 | 43,7 | 43 | 702 |
| 1,8 | 0,60 | 2411 | 1186 | 1225 | 49,2 | 40 | 659 |
| 2,1 | 0,70 | 2411 | 1302 | 1109 | 54,0 | 38 | 620 |
| 2,4 | 0,80 | 2411 | 1401 | 1010 | 58,1 | 36 | 584 |
| 2,7 | 0,90 | 2411 | 1483 | 928 | 61,5 | 34 | 549 |
| 3,0 | 1,00 | 2411 | 1551 | 860 | 64,3 | 32 | 517 |
| 3,6 | 1,20 | 2411 | 1655 | 756 | 68,6 | 28 | 460 |
| 4,5 | 1,50 | 2411 | 1761 | 650 | 73,0 | 24 | 391 |
| 5,4 | 1,80 | 2411 | 1832 | 579 | 76,0 | 21 | 339 |
| 6,0 | 2,00 | 2411 | 1868 | 543 | 77,5 | 19 | 311 |
| 7,5 | 2,50 | 2411 | 1933 | 478 | 80,2 | 16 | 258 |
| 9,0 | 3,00 | 2411 | 1977 | 434 | 82,0 | 13 | 220 |

Tabela 18 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” com um perfil de consumo “Favorável”, variando a área colectora

| ÁREA [m ²] | Razão ÁREA/hab | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|------------------------|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 1,5 | 0,50 | 2372 | 898 | 1474 | 37,9 | 37 | 599 |
| 1,8 | 0,60 | 2372 | 1006 | 1366 | 42,4 | 34 | 559 |
| 2,1 | 0,70 | 2372 | 1102 | 1270 | 46,5 | 32 | 525 |
| 2,4 | 0,80 | 2372 | 1185 | 1187 | 50,0 | 30 | 494 |
| 2,7 | 0,90 | 2372 | 1258 | 1114 | 53,0 | 28 | 466 |
| 3,0 | 1,00 | 2372 | 1322 | 1050 | 55,7 | 27 | 441 |
| 3,6 | 1,20 | 2372 | 1427 | 945 | 60,2 | 24 | 396 |
| 4,5 | 1,50 | 2372 | 1539 | 833 | 64,9 | 21 | 342 |
| 5,4 | 1,80 | 2372 | 1615 | 757 | 68,1 | 18 | 299 |
| 6,0 | 2,00 | 2372 | 1653 | 719 | 69,7 | 17 | 276 |

Tabela 19 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” com um perfil de consumo “Desfavorável”, variando a área colectora

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1140 | 1232 | 48,1 | 26 | 380 |
| 120 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 27 | 386 |
| 150 | 2372 | 1170 | 1202 | 49,3 | 27 | 390 |
| 200 | 2372 | 1160 | 1212 | 48,9 | 27 | 387 |
| 250 | 2372 | 1148 | 1224 | 48,4 | 27 | 383 |
| 300 | 2372 | 1127 | 1245 | 47,5 | 26 | 376 |

Tabela 20 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 0º, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1234 | 1138 | 52,0 | 27 | 411 |
| 120 | 2372 | 1255 | 1117 | 52,9 | 27 | 418 |
| 150 | 2372 | 1267 | 1105 | 53,4 | 27 | 422 |
| 200 | 2372 | 1257 | 1115 | 53,0 | 27 | 419 |
| 250 | 2372 | 1244 | 1128 | 52,4 | 27 | 415 |
| 300 | 2372 | 1220 | 1152 | 51,4 | 27 | 407 |

Tabela 21 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 10º, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1302 | 1070 | 54,9 | 27 | 434 |
| 120 | 2372 | 1324 | 1048 | 55,8 | 27 | 441 |
| 150 | 2372 | 1338 | 1034 | 56,4 | 28 | 446 |
| 200 | 2372 | 1327 | 1045 | 55,9 | 28 | 442 |
| 250 | 2372 | 1313 | 1059 | 55,4 | 27 | 438 |
| 300 | 2372 | 1288 | 1084 | 54,3 | 27 | 429 |

Tabela 22 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 20º, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1346 | 1026 | 56,7 | 27 | 449 |
| 120 | 2372 | 1369 | 1003 | 57,7 | 28 | 456 |
| 150 | 2372 | 1383 | 989 | 58,3 | 28 | 461 |
| 200 | 2372 | 1372 | 1000 | 57,8 | 28 | 457 |
| 250 | 2372 | 1357 | 1015 | 57,2 | 28 | 452 |
| 300 | 2372 | 1329 | 1043 | 56,0 | 27 | 443 |

Tabela 23 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência”, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1355 | 1017 | 57,1 | 28 | 452 |
| 120 | 2372 | 1379 | 993 | 58,1 | 28 | 460 |
| 150 | 2372 | 1393 | 979 | 58,7 | 28 | 464 |
| 200 | 2372 | 1381 | 991 | 58,2 | 28 | 460 |
| 250 | 2372 | 1365 | 1007 | 57,5 | 28 | 455 |
| 300 | 2372 | 1335 | 1037 | 56,3 | 27 | 445 |

Tabela 24 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 40°, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1408 | 964 | 59,4 | 16 | 469 |
| 120 | 2372 | 1448 | 924 | 61,0 | 17 | 483 |
| 150 | 2372 | 1477 | 895 | 62,3 | 17 | 492 |
| 200 | 2372 | 1489 | 883 | 62,8 | 17 | 496 |
| 250 | 2372 | 1488 | 884 | 62,7 | 17 | 496 |
| 300 | 2372 | 1478 | 894 | 62,3 | 17 | 493 |

Tabela 25 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 0º e uma razão de 2m²/hab, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1517 | 855 | 64,0 | 16 | 506 |
| 120 | 2372 | 1561 | 811 | 65,8 | 17 | 520 |
| 150 | 2372 | 1593 | 779 | 67,2 | 17 | 531 |
| 200 | 2372 | 1607 | 765 | 67,7 | 17 | 536 |
| 250 | 2372 | 1607 | 765 | 67,7 | 17 | 536 |
| 300 | 2372 | 1597 | 775 | 67,3 | 17 | 532 |

Tabela 26 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 10º e uma razão de 2m²/hab, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1596 | 776 | 67,3 | 17 | 532 |
| 120 | 2372 | 1644 | 728 | 69,3 | 17 | 548 |
| 150 | 2372 | 1679 | 693 | 70,8 | 17 | 560 |
| 200 | 2372 | 1684 | 688 | 71,0 | 18 | 561 |
| 250 | 2372 | 1696 | 676 | 71,5 | 18 | 565 |
| 300 | 2372 | 1686 | 686 | 71,1 | 17 | 562 |

Tabela 27 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 20º e uma razão de 2m²/hab, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1649 | 723 | 69,5 | 17 | 550 |
| 120 | 2372 | 1702 | 670 | 71,8 | 17 | 567 |
| 150 | 2372 | 1739 | 633 | 73,3 | 18 | 580 |
| 200 | 2372 | 1757 | 615 | 74,1 | 18 | 586 |
| 250 | 2372 | 1760 | 612 | 74,2 | 18 | 587 |
| 300 | 2372 | 1750 | 622 | 73,8 | 18 | 583 |

Tabela 28 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a "Instalação de Referência" para uma razão de 2m²/hab, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 1667 | 705 | 70,3 | 17 | 556 |
| 120 | 2372 | 1721 | 651 | 72,6 | 18 | 574 |
| 150 | 2372 | 1762 | 610 | 74,3 | 18 | 587 |
| 200 | 2372 | 1782 | 590 | 75,1 | 18 | 594 |
| 250 | 2372 | 1785 | 587 | 75,3 | 18 | 595 |
| 300 | 2372 | 1775 | 597 | 74,8 | 18 | 592 |

Tabela 29 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a "Instalação de Referência" para uma inclinação de 40° e uma razão de 2m²/hab, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 807 | 1565 | 34,0 | 38 | 269 |
| 120 | 2372 | 811 | 1561 | 34,2 | 38 | 270 |
| 150 | 2372 | 808 | 1564 | 34,1 | 37 | 269 |
| 200 | 2372 | 792 | 1580 | 33,4 | 37 | 264 |
| 250 | 2372 | 777 | 1595 | 32,8 | 36 | 259 |
| 300 | 2372 | 761 | 1611 | 32,1 | 35 | 254 |

Tabela 30 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 0º e uma razão de 0,5m²/hab, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 873 | 1499 | 36,8 | 38 | 291 |
| 120 | 2372 | 876 | 1496 | 36,9 | 38 | 292 |
| 150 | 2372 | 872 | 1500 | 36,8 | 38 | 291 |
| 200 | 2372 | 855 | 1517 | 36,0 | 37 | 285 |
| 250 | 2372 | 837 | 1535 | 35,3 | 36 | 279 |
| 300 | 2372 | 818 | 1554 | 34,5 | 35 | 273 |

Tabela 31 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 10º e uma razão de 0,5m²/hab, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 919 | 1453 | 38,7 | 38 | 306 |
| 120 | 2372 | 922 | 1450 | 38,9 | 38 | 307 |
| 150 | 2372 | 918 | 1454 | 38,7 | 38 | 306 |
| 200 | 2372 | 898 | 1474 | 37,9 | 37 | 299 |
| 250 | 2372 | 879 | 1493 | 37,1 | 36 | 293 |
| 300 | 2372 | 858 | 1514 | 36,2 | 36 | 286 |

Tabela 32 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 20º e uma razão de 0,5m²/hab, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 945 | 1427 | 39,8 | 38 | 315 |
| 120 | 2372 | 948 | 1424 | 40,0 | 38 | 316 |
| 150 | 2372 | 943 | 1429 | 39,8 | 38 | 314 |
| 200 | 2372 | 923 | 1449 | 38,9 | 38 | 308 |
| 250 | 2372 | 902 | 1470 | 38,0 | 37 | 301 |
| 300 | 2372 | 880 | 1492 | 37,1 | 37 | 293 |

Tabela 33 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma razão de 0,5m²/hab, variando o volume de armazenamento

| DEPÓSITO [L] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 100 | 2372 | 946 | 1426 | 39,9 | 39 | 315 |
| 120 | 2372 | 949 | 1423 | 40,0 | 39 | 316 |
| 150 | 2372 | 943 | 1429 | 39,8 | 39 | 314 |
| 200 | 2372 | 923 | 1449 | 38,9 | 38 | 308 |
| 250 | 2372 | 902 | 1470 | 38,0 | 38 | 301 |
| 300 | 2372 | 881 | 1491 | 37,1 | 36 | 294 |

Tabela 34 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma inclinação de 40° e uma razão de 0,5m²/hab, variando o volume de armazenamento

| Azimute [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|-------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| -90 | 2372 | 755 | 1617 | 31,8 | 252 |
| -80 | 2372 | 790 | 1582 | 33,3 | 263 |
| -70 | 2372 | 823 | 1549 | 34,7 | 274 |
| -60 | 2372 | 853 | 1519 | 36,0 | 284 |
| -50 | 2372 | 880 | 1492 | 37,1 | 293 |
| -40 | 2372 | 903 | 1469 | 38,1 | 301 |
| -30 | 2372 | 921 | 1451 | 38,8 | 307 |
| -20 | 2372 | 935 | 1437 | 39,4 | 312 |
| -10 | 2372 | 944 | 1428 | 39,8 | 315 |
| 0 | 2372 | 948 | 1424 | 40,0 | 316 |
| 10 | 2372 | 948 | 1424 | 40,0 | 316 |
| 20 | 2372 | 944 | 1428 | 39,8 | 315 |
| 30 | 2372 | 935 | 1437 | 39,4 | 312 |
| 40 | 2372 | 921 | 1451 | 38,8 | 307 |
| 50 | 2372 | 904 | 1468 | 38,1 | 301 |
| 60 | 2372 | 881 | 1491 | 37,1 | 294 |
| 70 | 2372 | 855 | 1517 | 36,0 | 285 |
| 80 | 2372 | 826 | 1546 | 34,8 | 275 |
| 90 | 2372 | 794 | 1578 | 33,5 | 265 |

Tabela 35 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma razão de 0,5m²/hab, variando o azimute do colector

| Azimute [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|-------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| -90 | 2372 | 926 | 1446 | 39,0 | 309 |
| -80 | 2372 | 970 | 1402 | 40,9 | 323 |
| -70 | 2372 | 1011 | 1361 | 42,6 | 337 |
| -60 | 2372 | 1047 | 1325 | 44,1 | 349 |
| -50 | 2372 | 1079 | 1293 | 45,5 | 360 |
| -40 | 2372 | 1105 | 1267 | 46,6 | 368 |
| -30 | 2372 | 1126 | 1246 | 47,5 | 375 |
| -20 | 2372 | 1141 | 1231 | 48,1 | 380 |
| -10 | 2372 | 1151 | 1221 | 48,5 | 384 |
| 0 | 2372 | 1156 | 1216 | 48,7 | 385 |
| 10 | 2372 | 1155 | 1217 | 48,7 | 385 |
| 20 | 2372 | 1149 | 1223 | 48,4 | 383 |
| 30 | 2372 | 1139 | 1233 | 48,0 | 380 |
| 40 | 2372 | 1123 | 1249 | 47,3 | 374 |
| 50 | 2372 | 1102 | 1270 | 46,5 | 367 |
| 60 | 2372 | 1075 | 1297 | 45,3 | 358 |
| 70 | 2372 | 1043 | 1329 | 44,0 | 348 |
| 80 | 2372 | 1008 | 1364 | 42,5 | 336 |
| 90 | 2372 | 968 | 1404 | 40,8 | 323 |

Tabela 36 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma razão de 0,7m²/hab, variando o azimute do colector

| Azimute [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|-------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| -90 | 2372 | 1118 | 1254 | 47,1 | 373 |
| -80 | 2372 | 1170 | 1202 | 49,3 | 390 |
| -70 | 2372 | 1216 | 1156 | 51,3 | 405 |
| -60 | 2372 | 1257 | 1115 | 53,0 | 419 |
| -50 | 2372 | 1292 | 1080 | 54,5 | 431 |
| -40 | 2372 | 1320 | 1052 | 55,6 | 440 |
| -30 | 2372 | 1341 | 1031 | 56,5 | 447 |
| -20 | 2372 | 1355 | 1017 | 57,1 | 452 |
| -10 | 2372 | 1365 | 1007 | 57,5 | 455 |
| 0 | 2372 | 1369 | 1003 | 57,7 | 456 |
| 10 | 2372 | 1368 | 1004 | 57,7 | 456 |
| 20 | 2372 | 1361 | 1011 | 57,4 | 454 |
| 30 | 2372 | 1348 | 1024 | 56,8 | 449 |
| 40 | 2372 | 1330 | 1042 | 56,1 | 443 |
| 50 | 2372 | 1306 | 1066 | 55,1 | 435 |
| 60 | 2372 | 1276 | 1096 | 53,8 | 425 |
| 70 | 2372 | 1240 | 1132 | 52,3 | 413 |
| 80 | 2372 | 1199 | 1173 | 50,5 | 400 |
| 90 | 2372 | 1152 | 1220 | 48,6 | 384 |

Tabela 37 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” variando o azimute do colector

| Azimute [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m²] |
|------------------------|------------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| -90 | 2372 | 1321 | 1051 | 55,7 | 440 |
| -80 | 2372 | 1377 | 995 | 58,1 | 459 |
| -70 | 2372 | 1428 | 944 | 60,2 | 476 |
| -60 | 2372 | 1472 | 900 | 62,1 | 491 |
| -50 | 2372 | 1508 | 864 | 63,6 | 503 |
| -40 | 2372 | 1537 | 835 | 64,8 | 512 |
| -30 | 2372 | 1559 | 813 | 65,7 | 520 |
| -20 | 2372 | 1573 | 799 | 66,3 | 524 |
| -10 | 2372 | 1581 | 791 | 66,7 | 527 |
| 0 | 2372 | 1583 | 789 | 66,7 | 528 |
| 10 | 2372 | 1579 | 793 | 66,6 | 526 |
| 20 | 2372 | 1571 | 801 | 66,2 | 524 |
| 30 | 2372 | 1556 | 816 | 65,6 | 519 |
| 40 | 2372 | 1536 | 836 | 64,8 | 512 |
| 50 | 2372 | 1509 | 863 | 63,6 | 503 |
| 60 | 2372 | 1477 | 895 | 62,3 | 492 |
| 70 | 2372 | 1437 | 935 | 60,6 | 479 |
| 80 | 2372 | 1392 | 980 | 58,7 | 464 |
| 90 | 2372 | 1341 | 1031 | 56,5 | 447 |

Tabela 38 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma razão de 1,5m²/hab, variando o azimute do colector

| Azimute [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|-------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| -90 | 2372 | 1438 | 934 | 60,6 | 479 |
| -80 | 2372 | 1497 | 875 | 63,1 | 499 |
| -70 | 2372 | 1550 | 822 | 65,3 | 517 |
| -60 | 2372 | 1595 | 777 | 67,2 | 532 |
| -50 | 2372 | 1632 | 740 | 68,8 | 544 |
| -40 | 2372 | 1661 | 711 | 70,0 | 554 |
| -30 | 2372 | 1682 | 690 | 70,9 | 561 |
| -20 | 2372 | 1695 | 677 | 71,5 | 565 |
| -10 | 2372 | 1702 | 670 | 71,8 | 567 |
| 0 | 2372 | 1702 | 670 | 71,8 | 567 |
| 10 | 2372 | 1696 | 676 | 71,5 | 565 |
| 20 | 2372 | 1685 | 687 | 71,0 | 562 |
| 30 | 2372 | 1669 | 703 | 70,4 | 556 |
| 40 | 2372 | 1647 | 725 | 69,4 | 549 |
| 50 | 2372 | 1620 | 752 | 68,3 | 540 |
| 60 | 2372 | 1586 | 786 | 66,9 | 529 |
| 70 | 2372 | 1547 | 825 | 65,2 | 516 |
| 80 | 2372 | 1500 | 872 | 63,2 | 500 |
| 90 | 2372 | 1448 | 924 | 61,0 | 483 |

Tabela 39 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma razão de 2m²/hab, variando o azimute do colector

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 633 | 1739 | 26,7 | 211 |
| 85 | 2372 | 684 | 1688 | 28,8 | 228 |
| 80 | 2372 | 732 | 1640 | 30,9 | 244 |
| 75 | 2372 | 777 | 1595 | 32,8 | 259 |
| 70 | 2372 | 817 | 1555 | 34,4 | 272 |
| 65 | 2372 | 853 | 1519 | 36,0 | 284 |
| 60 | 2372 | 883 | 1489 | 37,2 | 294 |
| 55 | 2372 | 908 | 1464 | 38,3 | 303 |
| 50 | 2372 | 928 | 1444 | 39,1 | 309 |
| 45 | 2372 | 941 | 1431 | 39,7 | 314 |
| 40 | 2372 | 949 | 1423 | 40,0 | 316 |
| 35 | 2372 | 951 | 1421 | 40,1 | 317 |
| 30 | 2372 | 948 | 1424 | 40,0 | 316 |
| 25 | 2372 | 938 | 1434 | 39,5 | 313 |
| 20 | 2372 | 922 | 1450 | 38,9 | 307 |
| 15 | 2372 | 902 | 1470 | 38,0 | 301 |
| 10 | 2372 | 876 | 1496 | 36,9 | 292 |
| 5 | 2372 | 846 | 1526 | 35,7 | 282 |
| 0 | 2372 | 811 | 1561 | 34,2 | 270 |

Tabela 40 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma razão de 0,5m²/hab, variando a inclinação do colector

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 773 | 1599 | 32,6 | 258 |
| 85 | 2372 | 838 | 1534 | 35,3 | 279 |
| 80 | 2372 | 898 | 1474 | 37,9 | 299 |
| 75 | 2372 | 954 | 1418 | 40,2 | 318 |
| 70 | 2372 | 1004 | 1368 | 42,3 | 335 |
| 65 | 2372 | 1048 | 1324 | 44,2 | 349 |
| 60 | 2372 | 1085 | 1287 | 45,7 | 362 |
| 55 | 2372 | 1115 | 1257 | 47,0 | 372 |
| 50 | 2372 | 1138 | 1234 | 48,0 | 379 |
| 45 | 2372 | 1153 | 1219 | 48,6 | 384 |
| 40 | 2372 | 1160 | 1212 | 48,9 | 387 |
| 35 | 2372 | 1160 | 1212 | 48,9 | 387 |
| 31 | 2372 | 1156 | 1216 | 48,7 | 385 |
| 25 | 2372 | 1140 | 1232 | 48,1 | 380 |
| 20 | 2372 | 1120 | 1252 | 47,2 | 373 |
| 15 | 2372 | 1094 | 1278 | 46,1 | 365 |
| 10 | 2372 | 1062 | 1310 | 44,8 | 354 |
| 5 | 2372 | 1024 | 1348 | 43,2 | 341 |
| 0 | 2372 | 981 | 1391 | 41,4 | 327 |

Tabela 41 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma razão de 0,7m²/hab, variando a inclinação do colector

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 937 | 1435 | 39,5 | 312 |
| 85 | 2372 | 1017 | 1355 | 42,9 | 339 |
| 80 | 2372 | 1091 | 1281 | 46,0 | 364 |
| 75 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 386 |
| 70 | 2372 | 1217 | 1155 | 51,3 | 406 |
| 65 | 2372 | 1267 | 1105 | 53,4 | 422 |
| 60 | 2372 | 1308 | 1064 | 55,1 | 436 |
| 55 | 2372 | 1339 | 1033 | 56,5 | 446 |
| 50 | 2372 | 1360 | 1012 | 57,3 | 453 |
| 45 | 2372 | 1374 | 998 | 57,9 | 458 |
| 40 | 2372 | 1379 | 993 | 58,1 | 460 |
| 35 | 2372 | 1377 | 995 | 58,1 | 459 |
| 31 | 2372 | 1369 | 1003 | 57,7 | 456 |
| 25 | 2372 | 1349 | 1023 | 56,9 | 450 |
| 20 | 2372 | 1324 | 1048 | 55,8 | 441 |
| 15 | 2372 | 1293 | 1079 | 54,5 | 431 |
| 10 | 2372 | 1254 | 1118 | 52,9 | 418 |
| 5 | 2372 | 1210 | 1162 | 51,0 | 403 |
| 0 | 2372 | 1158 | 1214 | 48,8 | 386 |

Tabela 42 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” variando a inclinação do colector

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 1129 | 1243 | 47,6 | 376 |
| 85 | 2372 | 1224 | 1148 | 51,6 | 408 |
| 80 | 2372 | 1309 | 1063 | 55,2 | 436 |
| 75 | 2372 | 1384 | 988 | 58,3 | 461 |
| 70 | 2372 | 1446 | 926 | 61,0 | 482 |
| 65 | 2372 | 1497 | 875 | 63,1 | 499 |
| 60 | 2372 | 1536 | 836 | 64,8 | 512 |
| 55 | 2372 | 1565 | 807 | 66,0 | 522 |
| 50 | 2372 | 1585 | 787 | 66,8 | 528 |
| 45 | 2372 | 1596 | 776 | 67,3 | 532 |
| 40 | 2372 | 1599 | 773 | 67,4 | 533 |
| 35 | 2372 | 1593 | 779 | 67,2 | 531 |
| 31 | 2372 | 1583 | 789 | 66,7 | 528 |
| 25 | 2372 | 1558 | 814 | 65,7 | 519 |
| 20 | 2372 | 1529 | 843 | 64,5 | 510 |
| 15 | 2372 | 1493 | 879 | 62,9 | 498 |
| 10 | 2372 | 1450 | 922 | 61,1 | 483 |
| 5 | 2372 | 1399 | 973 | 59,0 | 466 |
| 0 | 2372 | 1341 | 1031 | 56,5 | 447 |

Tabela 43 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma razão de 1,5m²/hab, variando a inclinação do colector

| Inclinação [°] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|----------------|-------------|-----------------|-------------|------------------|-------------------------------------|
| 90 | 2372 | 1256 | 1116 | 53,0 | 419 |
| 85 | 2372 | 1358 | 1014 | 57,3 | 453 |
| 80 | 2372 | 1448 | 924 | 61,0 | 483 |
| 75 | 2372 | 1523 | 849 | 64,2 | 508 |
| 70 | 2372 | 1584 | 788 | 66,8 | 528 |
| 65 | 2372 | 1633 | 739 | 68,8 | 544 |
| 60 | 2372 | 1670 | 702 | 70,4 | 557 |
| 55 | 2372 | 1696 | 676 | 71,5 | 565 |
| 50 | 2372 | 1714 | 658 | 72,3 | 571 |
| 45 | 2372 | 1721 | 651 | 72,6 | 574 |
| 40 | 2372 | 1721 | 651 | 72,6 | 574 |
| 35 | 2372 | 1713 | 659 | 72,2 | 571 |
| 31 | 2372 | 1702 | 670 | 71,8 | 567 |
| 25 | 2372 | 1675 | 697 | 70,6 | 558 |
| 20 | 2372 | 1644 | 728 | 69,3 | 548 |
| 15 | 2372 | 1607 | 765 | 67,7 | 536 |
| 10 | 2372 | 1561 | 811 | 65,8 | 520 |
| 5 | 2372 | 1509 | 863 | 63,6 | 503 |
| 0 | 2372 | 1448 | 924 | 61,0 | 483 |

Tabela 44 - Evolução dos ganhos Solares obtidos para a “Instalação de Referência” para uma razão de 2m²/hab, variando a inclinação do colector

| Razão ÁREA/hab [m ² /hab] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--|--|
| 0,30 | 2372 | 782 | 1590 | 33,0 | 53 | 869 |
| 0,40 | 2372 | 1001 | 1371 | 42,2 | 51 | 834 |
| 0,50 | 2372 | 1202 | 1170 | 50,7 | 49 | 801 |
| 0,60 | 2372 | 1378 | 994 | 58,1 | 47 | 766 |
| 0,70 | 2372 | 1525 | 847 | 64,3 | 44 | 726 |
| 0,80 | 2372 | 1642 | 730 | 69,2 | 42 | 684 |
| 0,90 | 2372 | 1732 | 640 | 73,0 | 39 | 641 |
| 1,00 | 2372 | 1805 | 567 | 76,1 | 37 | 602 |
| 1,20 | 2372 | 1915 | 457 | 80,7 | 32 | 532 |
| 1,40 | 2372 | 1991 | 381 | 83,9 | 29 | 474 |
| 1,50 | 2372 | 2021 | 351 | 85,2 | 27 | 449 |
| 1,60 | 2372 | 2046 | 326 | 86,3 | 26 | 426 |
| 1,80 | 2372 | 2088 | 284 | 88,0 | 24 | 387 |
| 2,00 | 2372 | 2119 | 253 | 89,3 | 22 | 353 |
| 2,20 | 2372 | 2143 | 229 | 90,3 | 20 | 325 |
| 2,40 | 2372 | 2163 | 209 | 91,2 | 18 | 300 |
| 2,50 | 2372 | 2171 | 201 | 91,5 | 18 | 289 |

Tabela 45 - Evolução dos ganhos Solares obtidos na Instalação com tubos de vácuo variando a área colectora

| Razão ÁREA/hab [m ² /hab] | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|--|----------------|--------------------|----------------|---------------------|--|--|
| 0,30 | 2372 | 636 | 1736 | 26,8 | 53 | 707 |
| 0,40 | 2372 | 785 | 1587 | 33,1 | 49 | 654 |
| 0,50 | 2372 | 921 | 1451 | 38,8 | 46 | 614 |
| 0,60 | 2372 | 1043 | 1329 | 44,0 | 44 | 579 |
| 0,70 | 2372 | 1148 | 1224 | 48,4 | 41 | 547 |
| 0,80 | 2372 | 1240 | 1132 | 52,3 | 39 | 517 |
| 0,90 | 2372 | 1319 | 1053 | 55,6 | 37 | 489 |
| 1,00 | 2372 | 1389 | 983 | 58,6 | 35 | 463 |
| 1,20 | 2372 | 1503 | 869 | 63,4 | 31 | 418 |
| 1,40 | 2372 | 1589 | 783 | 67,0 | 28 | 378 |
| 1,50 | 2372 | 1624 | 748 | 68,5 | 27 | 361 |
| 1,60 | 2372 | 1655 | 717 | 69,8 | 26 | 345 |
| 1,80 | 2372 | 1706 | 666 | 71,9 | 24 | 316 |
| 2,00 | 2372 | 1748 | 624 | 73,7 | 22 | 291 |
| 2,20 | 2372 | 1782 | 590 | 75,1 | 20 | 270 |
| 2,40 | 2372 | 1811 | 561 | 76,3 | 19 | 252 |
| 2,50 | 2372 | 1824 | 548 | 76,9 | 18 | 243 |

Tabela 46 - Evolução dos ganhos Solares obtidos na Instalação CPC variando a área colectora

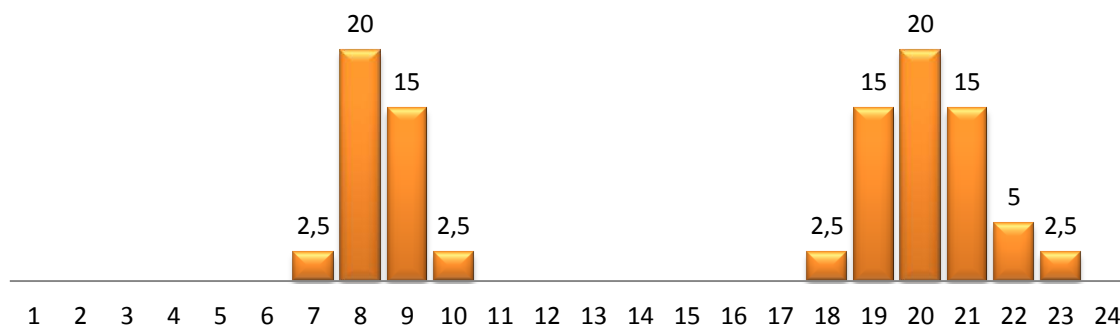


Gráfico 52 – Distribuição percentual do consumo diário AQS de “Referência” – consumo nº1

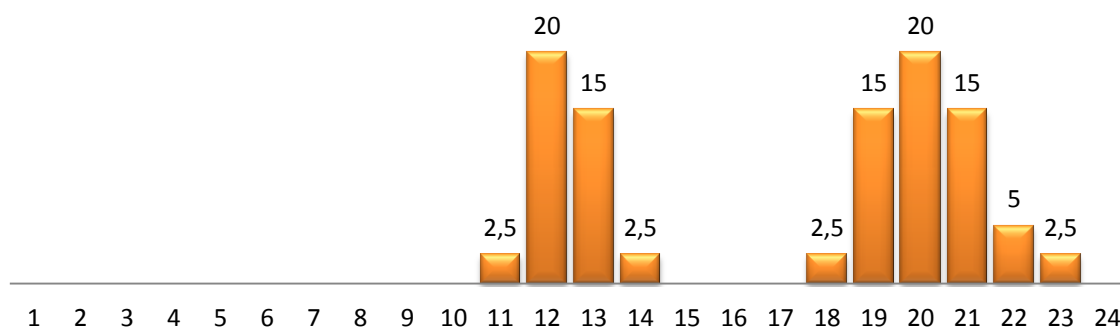


Gráfico 53 – Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº2

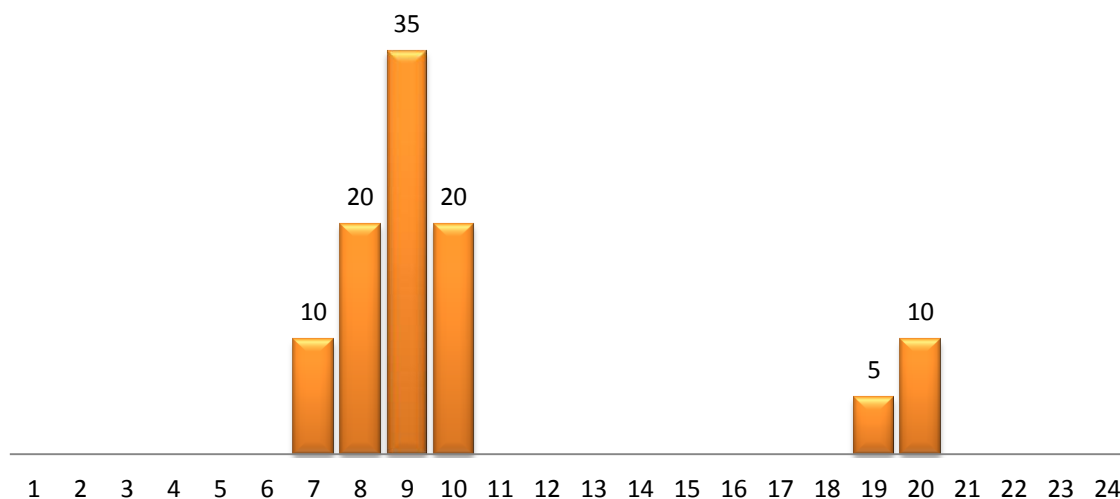


Gráfico 54 - Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº3

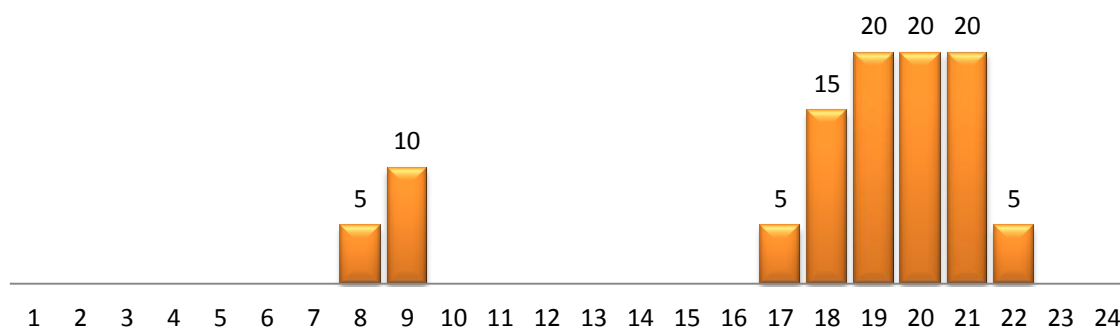


Gráfico 55 - Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº4

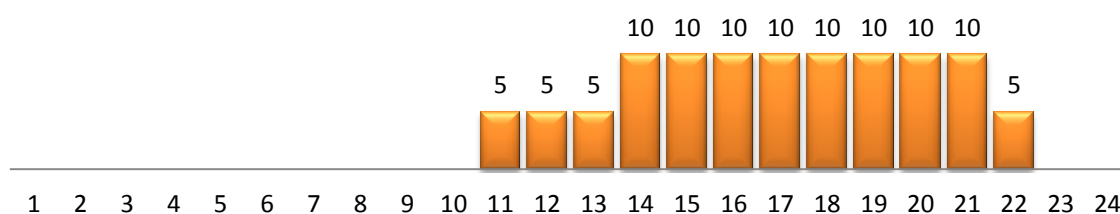


Gráfico 56 - Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº5

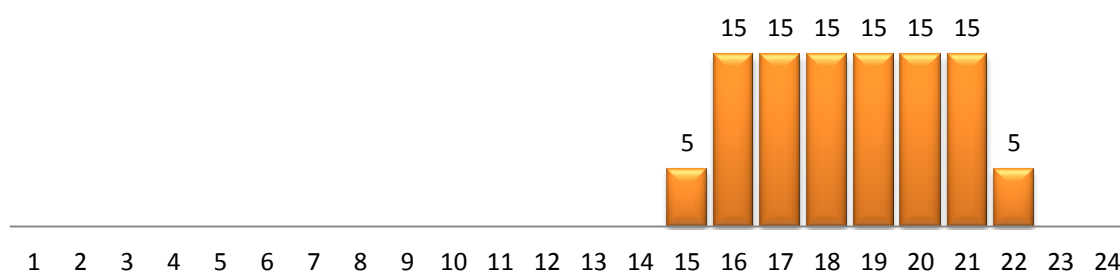


Gráfico 57 - Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº6

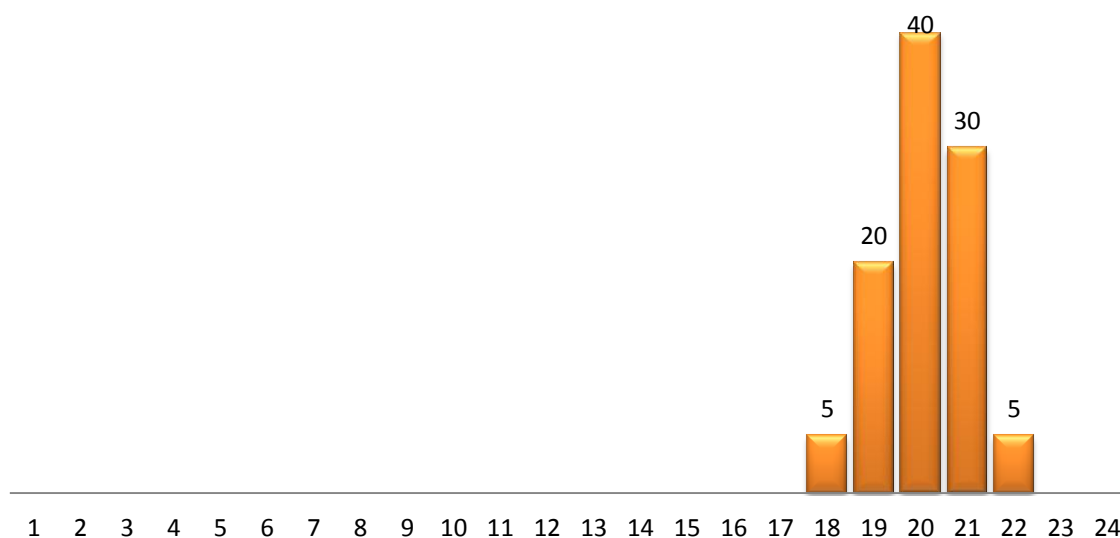


Gráfico 58 - Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº7

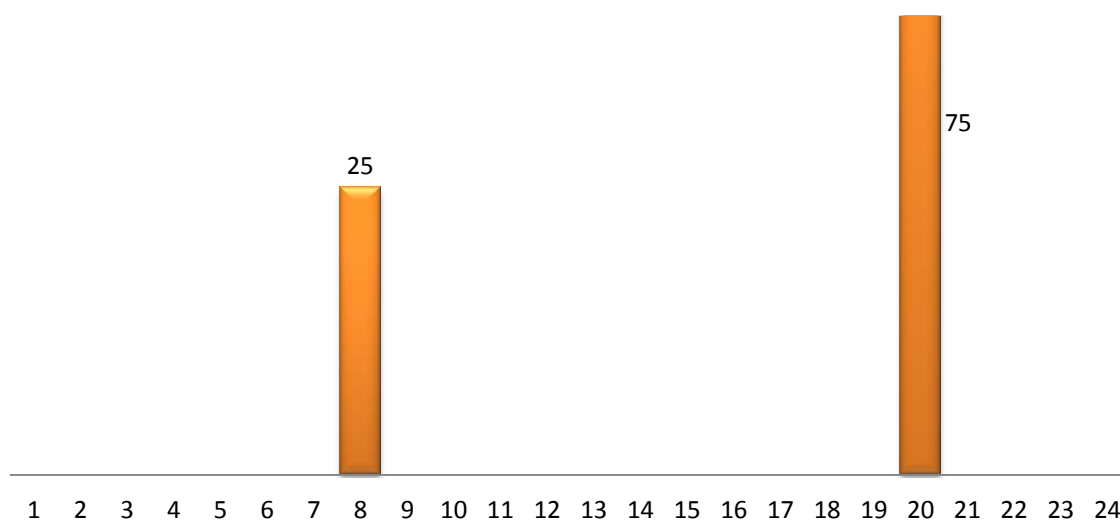


Gráfico 59 - Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº8

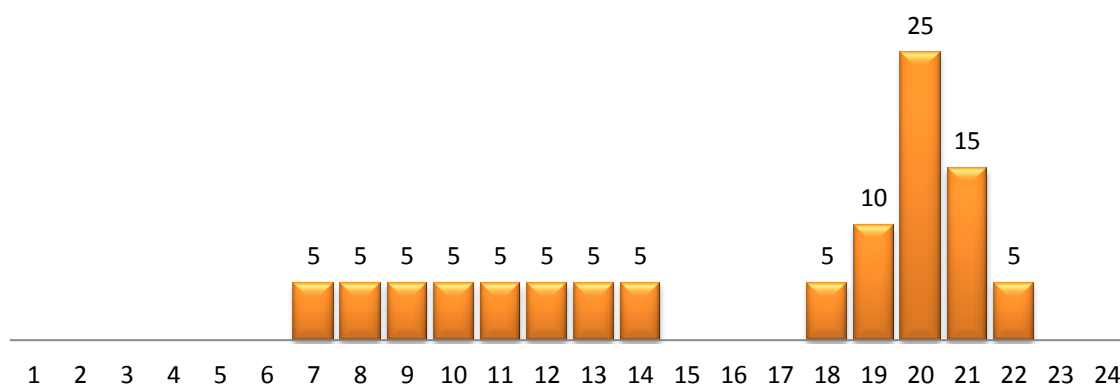


Gráfico 60 - Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº9

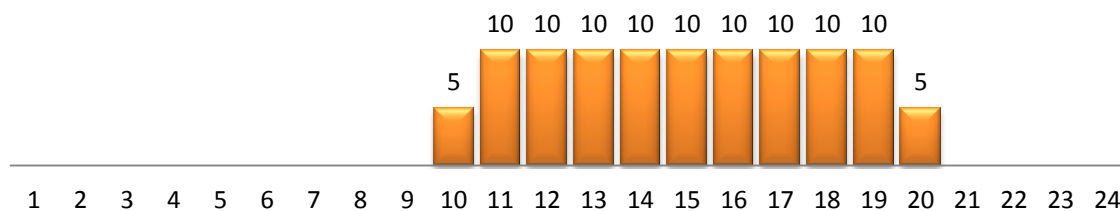


Gráfico 61 - Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº10

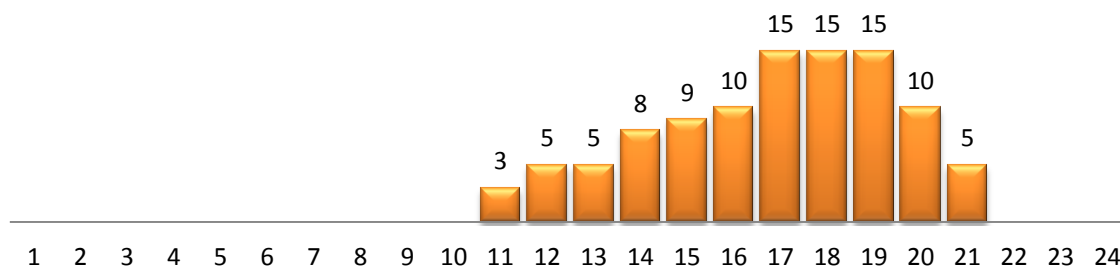


Gráfico 62 - Distribuição percentual do consumo diário de AQS nº11

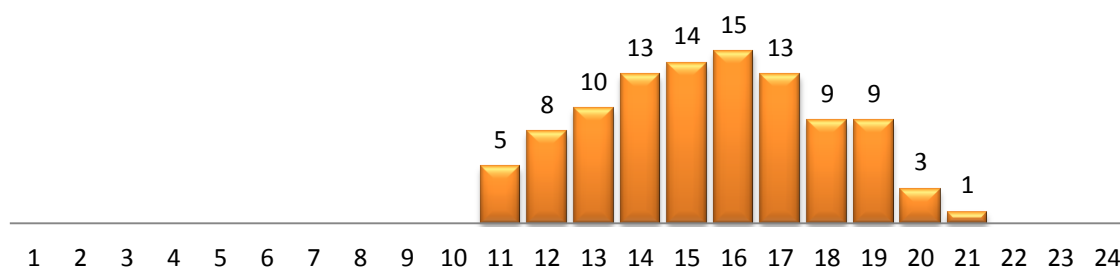


Gráfico 63 - Distribuição percentual do consumo diário "Favorável" de AQS nº12

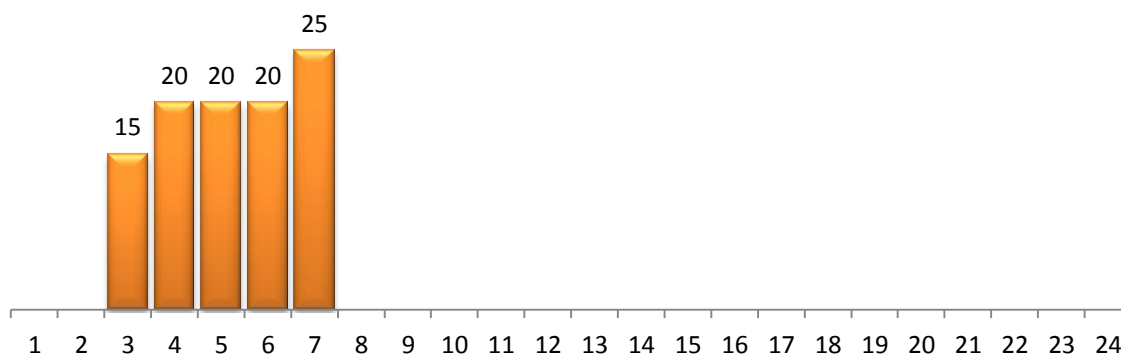


Gráfico 64 - Distribuição percentual do consumo diário "Desfavorável" de AQS nº13

| CONSUMO | Carga [kWh] | Fornecido [kWh] | Apoio [kWh] | Fração Solar [%] | Rendimento global anual do sistema [%] | Produtividade [kWh/m ²] |
|---------|-------------|-----------------|-------------|------------------|--|-------------------------------------|
| 1 | 2372 | 1369 | 1003 | 57,7 | 27 | 428 |
| 2 | 2372 | 1536 | 836 | 64,8 | 29 | 480 |
| 3 | 2372 | 1362 | 1010 | 57,4 | 26 | 426 |
| 4 | 2372 | 1454 | 918 | 61,3 | 28 | 454 |
| 5 | 2372 | 1527 | 845 | 64,4 | 29 | 477 |
| 6 | 2372 | 1487 | 885 | 62,7 | 28 | 465 |
| 7 | 2372 | 1483 | 889 | 62,5 | 28 | 463 |
| 8 | 2372 | 1437 | 935 | 60,6 | 27 | 449 |
| 9 | 2372 | 1470 | 902 | 62,0 | 28 | 459 |
| 10 | 2372 | 1547 | 825 | 65,2 | 29 | 483 |
| 11 | 2372 | 1539 | 833 | 64,9 | 29 | 481 |
| 12 | 2372 | 1561 | 811 | 65,8 | 30 | 488 |
| 13 | 2372 | 1322 | 1050 | 55,7 | 27 | 413 |

Tabela 54 – Evolução dos Ganhos Solares obtidos para diversos perfis de consumo

| Razão Área/hab | Electricidade | Gás Natural | Gás Butano | Gás Propano | Gasóleo Aquecimento | Lenha |
|----------------|---------------|-------------|------------|-------------|---------------------|---------|
| 0,30 | 115,31 € | 61,61 € | 147,06 € | 172,64 € | 105,19 € | 38,10 € |
| 0,50 | 162,26 € | 86,69 € | 206,94 € | 242,93 € | 148,01 € | 53,61 € |
| 0,70 | 197,73 € | 105,64 € | 252,17 € | 296,03 € | 180,37 € | 65,32 € |
| 1,00 | 234,05 € | 125,04 € | 298,49 € | 350,41 € | 213,50 € | 77,32 € |
| 1,20 | 251,53 € | 134,38 € | 320,78 € | 376,58 € | 229,45 € | 83,10 € |
| 1,50 | 270,54 € | 144,54 € | 345,04 € | 405,05 € | 246,79 € | 89,38 € |
| 1,80 | 284,08 € | 151,77 € | 362,30 € | 425,32 € | 259,14 € | 93,85 € |
| 2,00 | 290,93 € | 155,43 € | 371,04 € | 435,58 € | 265,39 € | 96,12 € |

Tabela 55 - Poupanças anuais para diversos combustíveis utilizados na produção de AQS, para diversas áreas colectoras instaladas

| Mês | Capital Inicial | Prestação | Amortização de Capital | Juros | Capital Final |
|------------|------------------------|------------------|-------------------------------|--------------|----------------------|
| 1 | 3.500,00 € | 60,28 € | 48,61 € | 11,67 € | 3.451,39 € |
| 2 | 3.451,39 € | 60,12 € | 48,61 € | 11,50 € | 3.402,78 € |
| 3 | 3.402,78 € | 59,95 € | 48,61 € | 11,34 € | 3.354,17 € |
| 4 | 3.354,17 € | 59,79 € | 48,61 € | 11,18 € | 3.305,56 € |
| 5 | 3.305,56 € | 59,63 € | 48,61 € | 11,02 € | 3.256,94 € |
| 6 | 3.256,94 € | 59,47 € | 48,61 € | 10,86 € | 3.208,33 € |
| 7 | 3.208,33 € | 59,31 € | 48,61 € | 10,69 € | 3.159,72 € |
| 8 | 3.159,72 € | 59,14 € | 48,61 € | 10,53 € | 3.111,11 € |
| 9 | 3.111,11 € | 58,98 € | 48,61 € | 10,37 € | 3.062,50 € |
| 10 | 3.062,50 € | 58,82 € | 48,61 € | 10,21 € | 3.013,89 € |
| 11 | 3.013,89 € | 58,66 € | 48,61 € | 10,05 € | 2.965,28 € |
| 12 | 2.965,28 € | 58,50 € | 48,61 € | 9,88 € | 2.916,67 € |
| 13 | 2.916,67 € | 58,33 € | 48,61 € | 9,72 € | 2.868,06 € |
| 14 | 2.868,06 € | 58,17 € | 48,61 € | 9,56 € | 2.819,44 € |
| 15 | 2.819,44 € | 58,01 € | 48,61 € | 9,40 € | 2.770,83 € |
| 16 | 2.770,83 € | 57,85 € | 48,61 € | 9,24 € | 2.722,22 € |
| 17 | 2.722,22 € | 57,69 € | 48,61 € | 9,07 € | 2.673,61 € |
| 18 | 2.673,61 € | 57,52 € | 48,61 € | 8,91 € | 2.625,00 € |
| 19 | 2.625,00 € | 57,36 € | 48,61 € | 8,75 € | 2.576,39 € |
| 20 | 2.576,39 € | 57,20 € | 48,61 € | 8,59 € | 2.527,78 € |
| 21 | 2.527,78 € | 57,04 € | 48,61 € | 8,43 € | 2.479,17 € |
| 22 | 2.479,17 € | 56,88 € | 48,61 € | 8,26 € | 2.430,56 € |
| 23 | 2.430,56 € | 56,71 € | 48,61 € | 8,10 € | 2.381,94 € |
| 24 | 2.381,94 € | 56,55 € | 48,61 € | 7,94 € | 2.333,33 € |
| 25 | 2.333,33 € | 56,39 € | 48,61 € | 7,78 € | 2.284,72 € |
| 26 | 2.284,72 € | 56,23 € | 48,61 € | 7,62 € | 2.236,11 € |
| 27 | 2.236,11 € | 56,06 € | 48,61 € | 7,45 € | 2.187,50 € |
| 28 | 2.187,50 € | 55,90 € | 48,61 € | 7,29 € | 2.138,89 € |
| 29 | 2.138,89 € | 55,74 € | 48,61 € | 7,13 € | 2.090,28 € |
| 30 | 2.090,28 € | 55,58 € | 48,61 € | 6,97 € | 2.041,67 € |
| 31 | 2.041,67 € | 55,42 € | 48,61 € | 6,81 € | 1.993,06 € |
| 32 | 1.993,06 € | 55,25 € | 48,61 € | 6,64 € | 1.944,44 € |
| 33 | 1.944,44 € | 55,09 € | 48,61 € | 6,48 € | 1.895,83 € |
| 34 | 1.895,83 € | 54,93 € | 48,61 € | 6,32 € | 1.847,22 € |
| 35 | 1.847,22 € | 54,77 € | 48,61 € | 6,16 € | 1.798,61 € |
| 36 | 1.798,61 € | 54,61 € | 48,61 € | 6,00 € | 1.750,00 € |
| 37 | 1.750,00 € | 54,44 € | 48,61 € | 5,83 € | 1.701,39 € |
| 38 | 1.701,39 € | 54,28 € | 48,61 € | 5,67 € | 1.652,78 € |
| 39 | 1.652,78 € | 54,12 € | 48,61 € | 5,51 € | 1.604,17 € |
| 40 | 1.604,17 € | 53,96 € | 48,61 € | 5,35 € | 1.555,56 € |

| | | | | | |
|----|--------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------|
| 41 | 1.555,56 € | 53,80 € | 48,61 € | 5,19 € | 1.506,94 € |
| 42 | 1.506,94 € | 53,63 € | 48,61 € | 5,02 € | 1.458,33 € |
| 43 | 1.458,33 € | 53,47 € | 48,61 € | 4,86 € | 1.409,72 € |
| 44 | 1.409,72 € | 53,31 € | 48,61 € | 4,70 € | 1.361,11 € |
| 45 | 1.361,11 € | 53,15 € | 48,61 € | 4,54 € | 1.312,50 € |
| 46 | 1.312,50 € | 52,99 € | 48,61 € | 4,37 € | 1.263,89 € |
| 47 | 1.263,89 € | 52,82 € | 48,61 € | 4,21 € | 1.215,28 € |
| 48 | 1.215,28 € | 52,66 € | 48,61 € | 4,05 € | 1.166,67 € |
| 49 | 1.166,67 € | 52,50 € | 48,61 € | 3,89 € | 1.118,06 € |
| 50 | 1.118,06 € | 52,34 € | 48,61 € | 3,73 € | 1.069,44 € |
| 51 | 1.069,44 € | 52,18 € | 48,61 € | 3,56 € | 1.020,83 € |
| 52 | 1.020,83 € | 52,01 € | 48,61 € | 3,40 € | 972,22 € |
| 53 | 972,22 € | 51,85 € | 48,61 € | 3,24 € | 923,61 € |
| 54 | 923,61 € | 51,69 € | 48,61 € | 3,08 € | 875,00 € |
| 55 | 875,00 € | 51,53 € | 48,61 € | 2,92 € | 826,39 € |
| 56 | 826,39 € | 51,37 € | 48,61 € | 2,75 € | 777,78 € |
| 57 | 777,78 € | 51,20 € | 48,61 € | 2,59 € | 729,17 € |
| 58 | 729,17 € | 51,04 € | 48,61 € | 2,43 € | 680,56 € |
| 59 | 680,56 € | 50,88 € | 48,61 € | 2,27 € | 631,94 € |
| 60 | 631,94 € | 50,72 € | 48,61 € | 2,11 € | 583,33 € |
| 61 | 583,33 € | 50,56 € | 48,61 € | 1,94 € | 534,72 € |
| 62 | 534,72 € | 50,39 € | 48,61 € | 1,78 € | 486,11 € |
| 63 | 486,11 € | 50,23 € | 48,61 € | 1,62 € | 437,50 € |
| 64 | 437,50 € | 50,07 € | 48,61 € | 1,46 € | 388,89 € |
| 65 | 388,89 € | 49,91 € | 48,61 € | 1,30 € | 340,28 € |
| 66 | 340,28 € | 49,75 € | 48,61 € | 1,13 € | 291,67 € |
| 67 | 291,67 € | 49,58 € | 48,61 € | 0,97 € | 243,06 € |
| 68 | 243,06 € | 49,42 € | 48,61 € | 0,81 € | 194,44 € |
| 69 | 194,44 € | 49,26 € | 48,61 € | 0,65 € | 145,83 € |
| 70 | 145,83 € | 49,10 € | 48,61 € | 0,49 € | 97,22 € |
| 71 | 97,22 € | 48,94 € | 48,61 € | 0,32 € | 48,61 € |
| 72 | 48,61 € | 48,77 € | 48,61 € | 0,16 € | 0,00 € |
| | | | | | |
| | TOTAL | 3.925,83 € | 3.500,00 € | 425,83 € | |

Tabela 56 - Simulação da amortização de um empréstimo a 72 meses, com uma T.A.E de 4% para o pagamento de uma instalação solar térmica sem comparticipação (3.500€)

| Mês | Capital Inicial | Prestação | Amortização de Capital | Juros | Capital Final |
|------------|------------------------|------------------|-------------------------------|--------------|----------------------|
| 1 | 2.500,00 € | 43,06 € | 34,72 € | 8,33 € | 2.465,28 € |
| 2 | 2.465,28 € | 42,94 € | 34,72 € | 8,22 € | 2.430,56 € |
| 3 | 2.430,56 € | 42,82 € | 34,72 € | 8,10 € | 2.395,83 € |
| 4 | 2.395,83 € | 42,71 € | 34,72 € | 7,99 € | 2.361,11 € |
| 5 | 2.361,11 € | 42,59 € | 34,72 € | 7,87 € | 2.326,39 € |
| 6 | 2.326,39 € | 42,48 € | 34,72 € | 7,75 € | 2.291,67 € |
| 7 | 2.291,67 € | 42,36 € | 34,72 € | 7,64 € | 2.256,94 € |
| 8 | 2.256,94 € | 42,25 € | 34,72 € | 7,52 € | 2.222,22 € |
| 9 | 2.222,22 € | 42,13 € | 34,72 € | 7,41 € | 2.187,50 € |
| 10 | 2.187,50 € | 42,01 € | 34,72 € | 7,29 € | 2.152,78 € |
| 11 | 2.152,78 € | 41,90 € | 34,72 € | 7,18 € | 2.118,06 € |
| 12 | 2.118,06 € | 41,78 € | 34,72 € | 7,06 € | 2.083,33 € |
| 13 | 2.083,33 € | 41,67 € | 34,72 € | 6,94 € | 2.048,61 € |
| 14 | 2.048,61 € | 41,55 € | 34,72 € | 6,83 € | 2.013,89 € |
| 15 | 2.013,89 € | 41,44 € | 34,72 € | 6,71 € | 1.979,17 € |
| 16 | 1.979,17 € | 41,32 € | 34,72 € | 6,60 € | 1.944,44 € |
| 17 | 1.944,44 € | 41,20 € | 34,72 € | 6,48 € | 1.909,72 € |
| 18 | 1.909,72 € | 41,09 € | 34,72 € | 6,37 € | 1.875,00 € |
| 19 | 1.875,00 € | 40,97 € | 34,72 € | 6,25 € | 1.840,28 € |
| 20 | 1.840,28 € | 40,86 € | 34,72 € | 6,13 € | 1.805,56 € |
| 21 | 1.805,56 € | 40,74 € | 34,72 € | 6,02 € | 1.770,83 € |
| 22 | 1.770,83 € | 40,63 € | 34,72 € | 5,90 € | 1.736,11 € |
| 23 | 1.736,11 € | 40,51 € | 34,72 € | 5,79 € | 1.701,39 € |
| 24 | 1.701,39 € | 40,39 € | 34,72 € | 5,67 € | 1.666,67 € |
| 25 | 1.666,67 € | 40,28 € | 34,72 € | 5,56 € | 1.631,94 € |
| 26 | 1.631,94 € | 40,16 € | 34,72 € | 5,44 € | 1.597,22 € |
| 27 | 1.597,22 € | 40,05 € | 34,72 € | 5,32 € | 1.562,50 € |
| 28 | 1.562,50 € | 39,93 € | 34,72 € | 5,21 € | 1.527,78 € |
| 29 | 1.527,78 € | 39,81 € | 34,72 € | 5,09 € | 1.493,06 € |
| 30 | 1.493,06 € | 39,70 € | 34,72 € | 4,98 € | 1.458,33 € |
| 31 | 1.458,33 € | 39,58 € | 34,72 € | 4,86 € | 1.423,61 € |
| 32 | 1.423,61 € | 39,47 € | 34,72 € | 4,75 € | 1.388,89 € |
| 33 | 1.388,89 € | 39,35 € | 34,72 € | 4,63 € | 1.354,17 € |
| 34 | 1.354,17 € | 39,24 € | 34,72 € | 4,51 € | 1.319,44 € |
| 35 | 1.319,44 € | 39,12 € | 34,72 € | 4,40 € | 1.284,72 € |
| 36 | 1.284,72 € | 39,00 € | 34,72 € | 4,28 € | 1.250,00 € |
| 37 | 1.250,00 € | 38,89 € | 34,72 € | 4,17 € | 1.215,28 € |
| 38 | 1.215,28 € | 38,77 € | 34,72 € | 4,05 € | 1.180,56 € |
| 39 | 1.180,56 € | 38,66 € | 34,72 € | 3,94 € | 1.145,83 € |
| 40 | 1.145,83 € | 38,54 € | 34,72 € | 3,82 € | 1.111,11 € |

| | | | | | |
|----|--------------|-------------------|-------------------|-----------------|------------|
| 41 | 1.111,11 € | 38,43 € | 34,72 € | 3,70 € | 1.076,39 € |
| 42 | 1.076,39 € | 38,31 € | 34,72 € | 3,59 € | 1.041,67 € |
| 43 | 1.041,67 € | 38,19 € | 34,72 € | 3,47 € | 1.006,94 € |
| 44 | 1.006,94 € | 38,08 € | 34,72 € | 3,36 € | 972,22 € |
| 45 | 972,22 € | 37,96 € | 34,72 € | 3,24 € | 937,50 € |
| 46 | 937,50 € | 37,85 € | 34,72 € | 3,13 € | 902,78 € |
| 47 | 902,78 € | 37,73 € | 34,72 € | 3,01 € | 868,06 € |
| 48 | 868,06 € | 37,62 € | 34,72 € | 2,89 € | 833,33 € |
| 49 | 833,33 € | 37,50 € | 34,72 € | 2,78 € | 798,61 € |
| 50 | 798,61 € | 37,38 € | 34,72 € | 2,66 € | 763,89 € |
| 51 | 763,89 € | 37,27 € | 34,72 € | 2,55 € | 729,17 € |
| 52 | 729,17 € | 37,15 € | 34,72 € | 2,43 € | 694,44 € |
| 53 | 694,44 € | 37,04 € | 34,72 € | 2,31 € | 659,72 € |
| 54 | 659,72 € | 36,92 € | 34,72 € | 2,20 € | 625,00 € |
| 55 | 625,00 € | 36,81 € | 34,72 € | 2,08 € | 590,28 € |
| 56 | 590,28 € | 36,69 € | 34,72 € | 1,97 € | 555,56 € |
| 57 | 555,56 € | 36,57 € | 34,72 € | 1,85 € | 520,83 € |
| 58 | 520,83 € | 36,46 € | 34,72 € | 1,74 € | 486,11 € |
| 59 | 486,11 € | 36,34 € | 34,72 € | 1,62 € | 451,39 € |
| 60 | 451,39 € | 36,23 € | 34,72 € | 1,50 € | 416,67 € |
| 61 | 416,67 € | 36,11 € | 34,72 € | 1,39 € | 381,94 € |
| 62 | 381,94 € | 36,00 € | 34,72 € | 1,27 € | 347,22 € |
| 63 | 347,22 € | 35,88 € | 34,72 € | 1,16 € | 312,50 € |
| 64 | 312,50 € | 35,76 € | 34,72 € | 1,04 € | 277,78 € |
| 65 | 277,78 € | 35,65 € | 34,72 € | 0,93 € | 243,06 € |
| 66 | 243,06 € | 35,53 € | 34,72 € | 0,81 € | 208,33 € |
| 67 | 208,33 € | 35,42 € | 34,72 € | 0,69 € | 173,61 € |
| 68 | 173,61 € | 35,30 € | 34,72 € | 0,58 € | 138,89 € |
| 69 | 138,89 € | 35,19 € | 34,72 € | 0,46 € | 104,17 € |
| 70 | 104,17 € | 35,07 € | 34,72 € | 0,35 € | 69,44 € |
| 71 | 69,44 € | 34,95 € | 34,72 € | 0,23 € | 34,72 € |
| 72 | 34,72 € | 34,84 € | 34,72 € | 0,12 € | 0,00 € |
| | | | | | |
| | TOTAL | 2.804,17 € | 2.500,00 € | 304,17 € | |

Tabela 57 - Simulação da amortização de um empréstimo a 72 meses, com uma T.A.E de 4% para o pagamento de uma instalação solar térmica participada com 1.000€ (2.500€)

| Mês | Capital Inicial | Prestação | Amortização de Capital | Juros | Capital Final |
|-----|-----------------|-----------|------------------------|--------|---------------|
| 1 | 1.500,00 € | 25,83 € | 20,83 € | 5,00 € | 1.479,17 € |
| 2 | 1.479,17 € | 25,76 € | 20,83 € | 4,93 € | 1.458,33 € |
| 3 | 1.458,33 € | 25,69 € | 20,83 € | 4,86 € | 1.437,50 € |
| 4 | 1.437,50 € | 25,63 € | 20,83 € | 4,79 € | 1.416,67 € |
| 5 | 1.416,67 € | 25,56 € | 20,83 € | 4,72 € | 1.395,83 € |
| 6 | 1.395,83 € | 25,49 € | 20,83 € | 4,65 € | 1.375,00 € |
| 7 | 1.375,00 € | 25,42 € | 20,83 € | 4,58 € | 1.354,17 € |
| 8 | 1.354,17 € | 25,35 € | 20,83 € | 4,51 € | 1.333,33 € |
| 9 | 1.333,33 € | 25,28 € | 20,83 € | 4,44 € | 1.312,50 € |
| 10 | 1.312,50 € | 25,21 € | 20,83 € | 4,38 € | 1.291,67 € |
| 11 | 1.291,67 € | 25,14 € | 20,83 € | 4,31 € | 1.270,83 € |
| 12 | 1.270,83 € | 25,07 € | 20,83 € | 4,24 € | 1.250,00 € |
| 13 | 1.250,00 € | 25,00 € | 20,83 € | 4,17 € | 1.229,17 € |
| 14 | 1.229,17 € | 24,93 € | 20,83 € | 4,10 € | 1.208,33 € |
| 15 | 1.208,33 € | 24,86 € | 20,83 € | 4,03 € | 1.187,50 € |
| 16 | 1.187,50 € | 24,79 € | 20,83 € | 3,96 € | 1.166,67 € |
| 17 | 1.166,67 € | 24,72 € | 20,83 € | 3,89 € | 1.145,83 € |
| 18 | 1.145,83 € | 24,65 € | 20,83 € | 3,82 € | 1.125,00 € |
| 19 | 1.125,00 € | 24,58 € | 20,83 € | 3,75 € | 1.104,17 € |
| 20 | 1.104,17 € | 24,51 € | 20,83 € | 3,68 € | 1.083,33 € |
| 21 | 1.083,33 € | 24,44 € | 20,83 € | 3,61 € | 1.062,50 € |
| 22 | 1.062,50 € | 24,38 € | 20,83 € | 3,54 € | 1.041,67 € |
| 23 | 1.041,67 € | 24,31 € | 20,83 € | 3,47 € | 1.020,83 € |
| 24 | 1.020,83 € | 24,24 € | 20,83 € | 3,40 € | 1.000,00 € |
| 25 | 1.000,00 € | 24,17 € | 20,83 € | 3,33 € | 979,17 € |
| 26 | 979,17 € | 24,10 € | 20,83 € | 3,26 € | 958,33 € |
| 27 | 958,33 € | 24,03 € | 20,83 € | 3,19 € | 937,50 € |
| 28 | 937,50 € | 23,96 € | 20,83 € | 3,13 € | 916,67 € |
| 29 | 916,67 € | 23,89 € | 20,83 € | 3,06 € | 895,83 € |
| 30 | 895,83 € | 23,82 € | 20,83 € | 2,99 € | 875,00 € |
| 31 | 875,00 € | 23,75 € | 20,83 € | 2,92 € | 854,17 € |
| 32 | 854,17 € | 23,68 € | 20,83 € | 2,85 € | 833,33 € |
| 33 | 833,33 € | 23,61 € | 20,83 € | 2,78 € | 812,50 € |
| 34 | 812,50 € | 23,54 € | 20,83 € | 2,71 € | 791,67 € |
| 35 | 791,67 € | 23,47 € | 20,83 € | 2,64 € | 770,83 € |
| 36 | 770,83 € | 23,40 € | 20,83 € | 2,57 € | 750,00 € |
| 37 | 750,00 € | 23,33 € | 20,83 € | 2,50 € | 729,17 € |
| 38 | 729,17 € | 23,26 € | 20,83 € | 2,43 € | 708,33 € |
| 39 | 708,33 € | 23,19 € | 20,83 € | 2,36 € | 687,50 € |
| 40 | 687,50 € | 23,13 € | 20,83 € | 2,29 € | 666,67 € |

| | | | | | |
|----|--------------|-------------------|-------------------|-----------------|----------|
| 41 | 666,67 € | 23,06 € | 20,83 € | 2,22 € | 645,83 € |
| 42 | 645,83 € | 22,99 € | 20,83 € | 2,15 € | 625,00 € |
| 43 | 625,00 € | 22,92 € | 20,83 € | 2,08 € | 604,17 € |
| 44 | 604,17 € | 22,85 € | 20,83 € | 2,01 € | 583,33 € |
| 45 | 583,33 € | 22,78 € | 20,83 € | 1,94 € | 562,50 € |
| 46 | 562,50 € | 22,71 € | 20,83 € | 1,88 € | 541,67 € |
| 47 | 541,67 € | 22,64 € | 20,83 € | 1,81 € | 520,83 € |
| 48 | 520,83 € | 22,57 € | 20,83 € | 1,74 € | 500,00 € |
| 49 | 500,00 € | 22,50 € | 20,83 € | 1,67 € | 479,17 € |
| 50 | 479,17 € | 22,43 € | 20,83 € | 1,60 € | 458,33 € |
| 51 | 458,33 € | 22,36 € | 20,83 € | 1,53 € | 437,50 € |
| 52 | 437,50 € | 22,29 € | 20,83 € | 1,46 € | 416,67 € |
| 53 | 416,67 € | 22,22 € | 20,83 € | 1,39 € | 395,83 € |
| 54 | 395,83 € | 22,15 € | 20,83 € | 1,32 € | 375,00 € |
| 55 | 375,00 € | 22,08 € | 20,83 € | 1,25 € | 354,17 € |
| 56 | 354,17 € | 22,01 € | 20,83 € | 1,18 € | 333,33 € |
| 57 | 333,33 € | 21,94 € | 20,83 € | 1,11 € | 312,50 € |
| 58 | 312,50 € | 21,88 € | 20,83 € | 1,04 € | 291,67 € |
| 59 | 291,67 € | 21,81 € | 20,83 € | 0,97 € | 270,83 € |
| 60 | 270,83 € | 21,74 € | 20,83 € | 0,90 € | 250,00 € |
| 61 | 250,00 € | 21,67 € | 20,83 € | 0,83 € | 229,17 € |
| 62 | 229,17 € | 21,60 € | 20,83 € | 0,76 € | 208,33 € |
| 63 | 208,33 € | 21,53 € | 20,83 € | 0,69 € | 187,50 € |
| 64 | 187,50 € | 21,46 € | 20,83 € | 0,63 € | 166,67 € |
| 65 | 166,67 € | 21,39 € | 20,83 € | 0,56 € | 145,83 € |
| 66 | 145,83 € | 21,32 € | 20,83 € | 0,49 € | 125,00 € |
| 67 | 125,00 € | 21,25 € | 20,83 € | 0,42 € | 104,17 € |
| 68 | 104,17 € | 21,18 € | 20,83 € | 0,35 € | 83,33 € |
| 69 | 83,33 € | 21,11 € | 20,83 € | 0,28 € | 62,50 € |
| 70 | 62,50 € | 21,04 € | 20,83 € | 0,21 € | 41,67 € |
| 71 | 41,67 € | 20,97 € | 20,83 € | 0,14 € | 20,83 € |
| 72 | 20,83 € | 20,90 € | 20,83 € | 0,07 € | 0,00 € |
| | | | | | |
| | TOTAL | 1.682,50 € | 1.500,00 € | 182,50 € | |

Tabela 5847 - Simulação da amortização de um empréstimo a 72 meses, com uma T.A.E de 4% para o pagamento de uma instalação solar térmica comparticipada com 2.000€ (1.500€)

| ANOS | GÁS NATURAL [€/kWh] | POUPANÇA ANUAL | POUPANÇA (SOMATORIO) |
|------|---------------------|----------------|----------------------|
| 0 | 0,060 € | 125,07 € | 125,07 € |
| 1 | 0,061 € | 127,57 € | 254,51 € |
| 2 | 0,062 € | 130,12 € | 388,45 € |
| 3 | 0,063 € | 132,72 € | 527,00 € |
| 4 | 0,064 € | 135,38 € | 670,28 € |
| 5 | 0,066 € | 138,08 € | 818,41 € |
| 6 | 0,067 € | 140,85 € | 971,53 € |
| 7 | 0,068 € | 143,66 € | 1.129,77 € |
| 8 | 0,070 € | 146,54 € | 1.293,25 € |
| 9 | 0,071 € | 149,47 € | 1.462,12 € |
| 10 | 0,073 € | 152,46 € | 1.636,50 € |
| 11 | 0,074 € | 155,50 € | 1.816,56 € |
| 12 | 0,075 € | 158,61 € | 2.002,42 € |
| 13 | 0,077 € | 161,79 € | 2.194,24 € |
| 14 | 0,079 € | 165,02 € | 2.392,18 € |
| 15 | 0,080 € | 168,32 € | 2.596,38 € |
| 16 | 0,082 € | 171,69 € | 2.807,02 € |
| 17 | 0,083 € | 175,12 € | 3.024,25 € |
| 18 | 0,085 € | 178,63 € | 3.248,24 € |
| 19 | 0,087 € | 182,20 € | 3.479,16 € |
| 20 | 0,088 € | 185,84 € | 3.717,19 € |
| 21 | 0,090 € | 189,56 € | 3.962,50 € |
| 22 | 0,092 € | 193,35 € | 4.215,29 € |
| 23 | 0,094 € | 197,22 € | 4.475,74 € |
| 24 | 0,096 € | 201,16 € | 4.744,04 € |
| 25 | 0,098 € | 205,18 € | 5.020,38 € |

Tabela 59 – Poupança energética em Gás Natural na produção de AQS (em Euros) prevista para 25 anos de bom funcionamento de uma instalação solar térmica. Considerou-se que a energia substituída tem a tendência para subir no futuro a uma taxa de 2% ao ano, e que, por sua vez, a poupança acumulada capitaliza anualmente à taxa de 1,5%.

| ANOS | GÁS BUTANO [€/kWh] | POUPANÇA ANUAL | POUPANÇA (SOMATORIO) |
|------|--------------------|----------------|----------------------|
| 0 | 0,142 € | 298,48 € | 298,48 € |
| 1 | 0,145 € | 304,45 € | 607,40 € |
| 2 | 0,148 € | 310,54 € | 927,05 € |
| 3 | 0,151 € | 316,75 € | 1.257,70 € |
| 4 | 0,154 € | 323,08 € | 1.599,65 € |
| 5 | 0,157 € | 329,54 € | 1.953,19 € |
| 6 | 0,160 € | 336,13 € | 2.318,62 € |
| 7 | 0,163 € | 342,86 € | 2.696,26 € |
| 8 | 0,166 € | 349,71 € | 3.086,42 € |
| 9 | 0,170 € | 356,71 € | 3.489,42 € |
| 10 | 0,173 € | 363,84 € | 3.905,61 € |
| 11 | 0,177 € | 371,12 € | 4.335,31 € |
| 12 | 0,180 € | 378,54 € | 4.778,88 € |
| 13 | 0,184 € | 386,11 € | 5.236,68 € |
| 14 | 0,187 € | 393,84 € | 5.709,06 € |
| 15 | 0,191 € | 401,71 € | 6.196,41 € |
| 16 | 0,195 € | 409,75 € | 6.699,10 € |
| 17 | 0,199 € | 417,94 € | 7.217,53 € |
| 18 | 0,203 € | 426,30 € | 7.752,09 € |
| 19 | 0,207 € | 434,83 € | 8.303,20 € |
| 20 | 0,211 € | 443,52 € | 8.871,27 € |
| 21 | 0,215 € | 452,39 € | 9.456,73 € |
| 22 | 0,220 € | 461,44 € | 10.060,02 € |
| 23 | 0,224 € | 470,67 € | 10.681,59 € |
| 24 | 0,228 € | 480,08 € | 11.321,90 € |
| 25 | 0,233 € | 489,68 € | 11.981,41 € |

Tabela 60 - Poupança energética em Gás Butano na produção de AQS (em Euros) prevista para 25 anos de bom funcionamento de uma instalação solar térmica. Considerou-se que a energia substituída tem a tendência para subir no futuro a uma taxa de 2% ao ano, e que, por sua vez, a poupança acumulada capitaliza anualmente à taxa de 1,5%.

| ANOS | GÁS PROPANO [€/kWh] | POUPANÇA ANUAL | POUPANÇA (SOMATORIO) |
|------|------------------------|-------------------|-------------------------|
| 0 | 0,168 € | 353,13 € | 353,13 € |
| 1 | 0,171 € | 360,19 € | 718,62 € |
| 2 | 0,175 € | 367,40 € | 1.096,79 € |
| 3 | 0,178 € | 374,74 € | 1.487,99 € |
| 4 | 0,182 € | 382,24 € | 1.892,54 € |
| 5 | 0,185 € | 389,88 € | 2.310,81 € |
| 6 | 0,189 € | 397,68 € | 2.743,16 € |
| 7 | 0,193 € | 405,63 € | 3.189,94 € |
| 8 | 0,197 € | 413,75 € | 3.651,53 € |
| 9 | 0,201 € | 422,02 € | 4.128,33 € |
| 10 | 0,205 € | 430,46 € | 4.620,72 € |
| 11 | 0,209 € | 439,07 € | 5.129,10 € |
| 12 | 0,213 € | 447,85 € | 5.653,89 € |
| 13 | 0,217 € | 456,81 € | 6.195,51 € |
| 14 | 0,222 € | 465,95 € | 6.754,38 € |
| 15 | 0,226 € | 475,26 € | 7.330,96 € |
| 16 | 0,231 € | 484,77 € | 7.925,70 € |
| 17 | 0,235 € | 494,47 € | 8.539,05 € |
| 18 | 0,240 € | 504,35 € | 9.171,49 € |
| 19 | 0,245 € | 514,44 € | 9.823,50 € |
| 20 | 0,250 € | 524,73 € | 10.495,59 € |
| 21 | 0,255 € | 535,23 € | 11.188,25 € |
| 22 | 0,260 € | 545,93 € | 11.902,00 € |
| 23 | 0,265 € | 556,85 € | 12.637,38 € |
| 24 | 0,270 € | 567,99 € | 13.394,93 € |
| 25 | 0,276 € | 579,35 € | 14.175,19 € |

Tabela 6148 - Poupança energética em Gás Propano na produção de AQS (em Euros) prevista para 25 anos de bom funcionamento de uma instalação solar térmica. Considerou-se que a energia substituída tem a tendência para subir no futuro a uma taxa de 2% ao ano, e que, por sua vez, a poupança acumulada capitaliza anualmente à taxa de 1,5%.

| ANOS | ELECTRICIDADE [€/kWh] | POUPANÇA ANUAL | POUPANÇA (SOMATORIO) |
|------|-----------------------|----------------|----------------------|
| 0 | 0,1713 | 234,10 € | 234,10 € |
| 1 | 0,1748 | 238,78 € | 476,38 € |
| 2 | 0,1783 | 243,55 € | 727,08 € |
| 3 | 0,1818 | 248,42 € | 986,41 € |
| 4 | 0,1855 | 253,39 € | 1.254,60 € |
| 5 | 0,1892 | 258,46 € | 1.531,88 € |
| 6 | 0,1930 | 263,63 € | 1.818,49 € |
| 7 | 0,1968 | 268,90 € | 2.114,67 € |
| 8 | 0,2008 | 274,28 € | 2.420,67 € |
| 9 | 0,2048 | 279,77 € | 2.736,75 € |
| 10 | 0,2089 | 285,36 € | 3.063,16 € |
| 11 | 0,2130 | 291,07 € | 3.400,18 € |
| 12 | 0,2173 | 296,89 € | 3.748,07 € |
| 13 | 0,2216 | 302,83 € | 4.107,12 € |
| 14 | 0,2261 | 308,88 € | 4.477,61 € |
| 15 | 0,2306 | 315,06 € | 4.859,83 € |
| 16 | 0,2352 | 321,36 € | 5.254,09 € |
| 17 | 0,2399 | 327,79 € | 5.660,70 € |
| 18 | 0,2447 | 334,35 € | 6.079,95 € |
| 19 | 0,2496 | 341,03 € | 6.512,19 € |
| 20 | 0,2546 | 347,85 € | 6.957,72 € |
| 21 | 0,2597 | 354,81 € | 7.416,90 € |
| 22 | 0,2649 | 361,91 € | 7.890,06 € |
| 23 | 0,2702 | 369,15 € | 8.377,56 € |
| 24 | 0,2756 | 376,53 € | 8.879,75 € |
| 25 | 0,2811 | 384,06 € | 9.397,00 € |

Tabela 62 - Poupança energética em Electricidade na produção de AQS (em Euros) prevista para 25 anos de bom funcionamento de uma instalação solar térmica. Considerou-se que a energia substituída tem a tendência para subir no futuro a uma taxa de 2% ao ano, e que, por sua vez, a poupança acumulada capitaliza anualmente à taxa de 1,5%.

| ANOS | LENHA [€/kWh] | POUPANÇA ANUAL | POUPANÇA (SOMATORIO) |
|------|---------------|----------------|----------------------|
| 0 | 0,034 € | 77,34 € | 77,34 € |
| 1 | 0,035 € | 78,89 € | 157,39 € |
| 2 | 0,035 € | 80,46 € | 240,21 € |
| 3 | 0,036 € | 82,07 € | 325,89 € |
| 4 | 0,037 € | 83,72 € | 414,49 € |
| 5 | 0,037 € | 85,39 € | 506,10 € |
| 6 | 0,038 € | 87,10 € | 600,79 € |
| 7 | 0,039 € | 88,84 € | 698,64 € |
| 8 | 0,040 € | 90,62 € | 799,74 € |
| 9 | 0,041 € | 92,43 € | 904,16 € |
| 10 | 0,041 € | 94,28 € | 1.012,00 € |
| 11 | 0,042 € | 96,16 € | 1.123,34 € |
| 12 | 0,043 € | 98,09 € | 1.238,28 € |
| 13 | 0,044 € | 100,05 € | 1.356,90 € |
| 14 | 0,045 € | 102,05 € | 1.479,30 € |
| 15 | 0,046 € | 104,09 € | 1.605,58 € |
| 16 | 0,047 € | 106,17 € | 1.735,84 € |
| 17 | 0,048 € | 108,29 € | 1.870,17 € |
| 18 | 0,049 € | 110,46 € | 2.008,68 € |
| 19 | 0,049 € | 112,67 € | 2.151,48 € |
| 20 | 0,050 € | 114,92 € | 2.298,68 € |
| 21 | 0,051 € | 117,22 € | 2.450,38 € |
| 22 | 0,053 € | 119,57 € | 2.606,70 € |
| 23 | 0,054 € | 121,96 € | 2.767,76 € |
| 24 | 0,055 € | 124,40 € | 2.933,67 € |
| 25 | 0,056 € | 126,88 € | 3.104,56 € |

Tabela 63 - Poupança energética em Lenha na produção de AQS (em Euros) prevista para 25 anos de bom funcionamento de uma instalação solar térmica. Considerou-se que a energia substituída tem a tendência para subir no futuro a uma taxa de 2% ao ano, e que, por sua vez, a poupança acumulada capitaliza anualmente à taxa de 1,5%.

Conceitos

Alojamento - Local distinto e independente que, pelo modo como foi construído, reconstruído, ampliado, transformado ou está a ser utilizado, se destina a habitação com a condição de não estar a ser utilizado totalmente para outros fins; por distinto entende-se que é cercado por paredes, coberto e permite que uma pessoa ou um grupo de pessoas possa dormir, preparar refeições ou abrigar-se separado de outros membros da colectividade; por independente entende-se que os seus ocupantes não têm que atravessar outros alojamentos para entrar ou sair do alojamento onde habitam.

Alojamento Familiar - Alojamento que, normalmente, se destina a alojar apenas uma família e não é totalmente utilizado para outros fins.

Aquecimento Central - Sistema de aquecimento por difusão ou distribuição de calor através de uma rede de água quente ou ar quente, a partir de um sistema de produção de calor centralizado (caldeira, recuperador de calor, bomba de calor, entre outros).

Ar Condicionado - Equipamento de climatização que permite controlar a temperatura, a humidade, a qualidade e a velocidade de ar num local, servindo apenas uma divisão ou um conjunto de divisões de um alojamento.

Automóvel Ligeiro - Veículo automóvel cuja lotação ou peso bruto não excedam, respectivamente, nove lugares (incluindo o condutor) ou 3500 Kg.

Biomassa - Combustível com origem nos produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), nos resíduos das florestas e indústrias conexas e na fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos.

Bomba de calor - Instalação que extrai uma quantidade de calor de uma fonte a baixa temperatura (fonte fria, como por exemplo, a camada freática, a água de superfície, o solo, o ar exterior) e que, mediante a utilização de uma energia nobre num sistema evaporador ou absorvedor, restitui este calor a uma temperatura mais elevada (fonte quente) para aquecimento de espaços interiores e de águas ou mais baixa para arrefecimento do ambiente.

Caldeira - Equipamento concebido para aquecer água ou produzir vapor graças a uma fonte de calor.

Carvão - Combustível de cor negra que pode ser um sedimento fóssil orgânico, formado por resíduos de vegetais e solidificado por baixo de camadas geológicas (carvão mineral), ou consistir em madeira carbonizada (pela combustão sem ar, por

exemplo), e ser usado para cozinhar e para aquecimento doméstico (carvão vegetal) entre outros fins.

Carvão Vegetal - Madeira carbonizada por combustão parcial ou pela aplicação de calor a partir de fontes externas.

Colector Solar Fotovoltaico - Dispositivo constituído por um conjunto de módulos solares interligados que utilizam o efeito fotovoltaico para recolher a radiação solar incidente e a converter em energia eléctrica.

Colector Solar Térmico - Dispositivo constituído por um conjunto de módulos destinados à recolha de energia solar, que converte a radiação solar incidente em energia térmica, transferindo-a para um fluido condutor de calor.

Edifício - Construção permanente, dotada de acesso independente, coberta e limitada por paredes exteriores ou paredes-meias que vão das fundações à cobertura e destinada à utilização humana ou a outros fins.

Energia Eléctrica - Energia produzida por centrais hidroeléctricas, nucleares e térmicas convencionais, de ondas e marés, eólicas e solares fotovoltaicas.

Energia Eólica - Energia cinética do vento explorada para a produção de electricidade em turbinas eólicas.

Energia Geotérmica - Energia disponível como calor emitido do interior da crosta terrestre, geralmente sob a forma de água quente ou de vapor.

Energia Solar Fotovoltaica - Radiação solar convertida em electricidade pela utilização de células solares geralmente constituídas por material semiconductor que, exposto à luz, gera electricidade.

Energia Solar Térmica - Calor resultante da radiação solar, podendo vir de centrais solares termoeléctricas, de equipamento para a produção de água quente de uso doméstico ou para o aquecimento sazonal de piscinas como por exemplo colectores planos

Esquentador - Aparelho de aquecimento alimentado por um combustível (como o gás propano, o gás butano ou o gás natural), e alguma pressão da rede de água. A água é aquecida num permutador exposto ao calor das chamas de queimadores, pelo que a saída de água quente é imediata.

Fração Solar - Relação entre a energia útil, captada pela instalação solar térmica, que chega ao reservatório e a energia solar disponível durante este tempo

Fonte de Energia Renovável - Fonte de energia não fóssil e não mineral, renovável a partir dos ciclos naturais.

Gás Butano - Hidrocarboneto gasoso, formado por 4 átomos de carbono e 10 átomos de hidrogénio (C_4H_{10}), que consiste num gás inodoro e extremamente inflamável, derivado do petróleo e usado na constituição de combustíveis.

Gasolina - Combustível líquido de cor avermelhada, cheiro intenso e muito inflamável, constituído maioritariamente por hidrocarbonetos e obtido por destilação do petróleo, usado em motores de combustão interna

Gás Natural - Gás constituído essencialmente por metano, que existe em estado natural em depósitos subterrâneos, associado ao petróleo bruto ou ao gás recuperado das minas de carvão

Gás Propano - Hidrocarboneto gasoso, formado por 3 átomos de carbono e 8 átomos de hidrogénio (C_3H_8), que consiste num gás inodoro e extremamente inflamável, derivado do petróleo e usado na constituição de combustíveis.

Gases de Petróleo Liquefeito (GPL) - Hidrocarbonetos parafínicos claros obtidos dos processos de refinação e nas instalações de estabilização do petróleo bruto e de transformação de gás natural. Constituídos principalmente por propano (C_3H_8) e butano (C_4H_{10}) ou por uma combinação dos dois, podem igualmente incluir propileno, butileno, isopropileno e isobutileno e são normalmente liquefeitos sob pressão para o transporte e a armazenagem.

Gasóleo - Destilado médio que destila entre 180°C e 380°C. Incluem-se os compostos para mistura. Estão disponíveis diversos graus, conforme as utilizações: gasóleo para motores diesel, biodiesel, gasóleo de aquecimento e matéria-prima petroquímica.

Gasóleo de Aquecimento - Produto derivado do petróleo destinado ao aquecimento (queima), para utilização em caldeiras industriais, comerciais e domésticas.

Isolamento Térmico - Processo pelo qual, utilizando materiais adequados, se dificulta a dissipação do calor de um corpo ou de um ambiente.

Lenha - Quantidade de madeira removida para ser consumida nesse estado (para aquecimento, para cozinhar) ou para ser utilizada como matéria-prima para a obtenção de carvão.

Pellets - Aglomerado combustível feito a partir de matéria resultante da limpeza das florestas e dos desperdícios da indústria da madeira, matéria essa que é triturada, seca e comprimida em pequenos cilindros.

Rendimento de um Colector - Razão entre a radiação incidente no colector e a energia convertida em calor. Depende da diferença de temperatura entre o absorvedor e o meio ambiente, bem como da radiação solar global.

Rendimento Líquido - Rendimento depois da dedução do imposto sobre o rendimento, das contribuições obrigatórias dos empregados para regimes de Segurança Social e das contribuições dos empregadores para a Segurança Social.

Residência Principal/ Habitual - Alojamento que constitui a residência de pelo menos um agregado familiar durante a maior parte do ano, ou para onde um agregado tenha transferido a totalidade ou maior parte dos seus haveres.

Residente no Alojamento - Pessoa que, no período de referência, está presente no alojamento, sendo este a sua residência principal ou que, estando ausente, não ocupa outro alojamento de forma permanente.

Tarifa simples de electricidade - Tarifa que se destina à generalidade dos clientes residenciais e cujo preço do kWh é constante em todas as horas do dia.

Termoacumulador - Aparelho de aquecimento que funciona com energia eléctrica, sendo constituído por um depósito que armazena a água, aquecida por uma resistência eléctrica, normalmente com sistema de controlo da temperatura (termóstato).