

Estudo de aplicação de coletores solares na produção de eletricidade e calor para uso doméstico

Hugo Miguel dos Santos Maia

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em
Energias Sustentáveis

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

22 de Agosto de 2013

Relatório da Unidade Curricular de Dissertação/Projecto/Estágio do 2º ano do Mestrado em
Energias Sustentáveis

Candidato: Hugo Miguel dos Santos Maia, N° 1050876, 1050876@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Leonardo Ribeiro, LSR@isep.ipp.pt

Supervisão: Leonardo Ribeiro, LSR@isep.ipp.pt

Mestrado em Engenharia Energias Sustentáveis

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

22 de Agosto de 2013

Agradecimentos

Agradeço ao Eng.º Leonardo Ribeiro a confiança que depositou em mim, aceitando ter-me como seu orientando, as sugestões que dele recebi, bem como a disponibilidade que sempre manifestou na orientação deste trabalho. A todos os meus familiares, amigos e colegas que me incentivaram e apoiaram na elaboração deste trabalho, manifesto também a minha gratidão.

Resumo

O trabalho apresentado explora o aproveitamento da energia solar para suprir as necessidades energéticas, tanto elétricas como térmicas, de uma habitação tipo 3, recorrendo ao uso de coletores solares, em que o fluido de trabalho é água.

As necessidades elétricas serão supridas através da produção de energia com recurso a um ciclo de Rankine, em que fluido de trabalho é um frigorigénio aquecido através de um permutador cujo fluido quente será uma mistura, de água com anticongelante, aquecida pelo coletor solar. Por outro lado, as necessidades térmicas serão satisfeitas através do calor libertado no ciclo de Rankine.

Na instalação solar estará integrado um acumulador térmico com apoio energético, caldeira elétrica, que funcionará nas situações em que coletor seja insuficiente para satisfazer as necessidades térmicas.

No final será feita uma avaliação económica para que possa atestar a viabilidade económica do projeto, tendo em conta os seus custos totais versus as poupanças energéticas que este sistema origina.

Palavras-Chave

Fração solar, frigorigénio, coletor solar, necessidades energéticas, critérios, *VAL*, *TIR*, *tempo de retorno*.

Abstract

The work presented consists in the use of solar energy to meet the energy requirements, both electrical and thermal in a house with three bedrooms. Solar energy is collected in solar collectors whose working fluid is water.

The needs will be met by electric energy production using a Rankine cycle, where the working fluid will be a refrigerant. The refrigerant is heated with a heat exchanger where the hot fluid is water heated by the solar collectors. The thermal requirements will be satisfied by the heat released by the condenser in the Rankine cycle.

Solar installation will integrate the heat accumulator with an energetic support such as an electric boiler which will operate whenever the energy requirements are higher than the solar energy available.

This work will make an economic study to check the economic viability of the project against its total costs versus the energy savings that the system originates.

Keywords

Solar fraction, refrigerant, solar collector, energy needs, *VAL*, *TIR*, *tempo de retorno*.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
NOMENCLATURA	XIII
1.INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVO.....	3
1.2. CALENDARIZAÇÃO	4
1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	5
2. NECESSIDADES ENERGÉTICAS	7
2.1. CÁLCULO DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS	7
3. FRIGORIGÉNIO E CICLO DE RANKINE	17
3.1. CIRCUITO PRIMÁRIO E SECUNDÁRIO	17
3.2. CLASSIFICAÇÕES DE FRIGORIGÉNIO	19
3.3. COMPARAÇÃO DE FRIGORIGÉNIOS	22
3.4. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS	25
4. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO PELO MÉTODO DA FRAÇÃO SOLAR	37
4.1. INTRODUÇÃO À RADIAÇÃO SOLAR.....	37
4.2. CÁLCULOS EFETUADOS DA FRAÇÃO SOLAR	55
5. ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÓMICA	65
5.1. INSTALAÇÃO.....	66
5.2. CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS	66
5.3. CUSTO DA INSTALAÇÃO	68
5.4. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO ATRAVÉS DE CRITÉRIOS ECONÓMICOS	70
6. CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	83
ANEXO A. TABELAS DE FOLHAS DE CÁLCULOS E GRÁFICOS DE APOIO AOS CÁLCULOS DA FRAÇÃO SOLAR	85

ANEXO B. TABELAS DE FOLHAS DE CÁLCULOS DE APOIO AOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO	109
ANEXO C. COMPONENTES DA INSTALAÇÃO.	115
ANEXO D. DIAGRAMAS DE FASE DO FRIGORIGÉNIOS.	123

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema dos constituintes da instalação.	2
Figura 2 – Circuito primário e secundário.	18
Figura 3 – Esquema de classificação de alguns refrigerantes[3]	21
Figura 4 – Classificação de refrigerantes mediante a norma ASHARE 34-92 [3].	22
Figura 5 – Diagrama T-S de ciclo aquecimento de um fluido.	23
Figura 6 – Esquema do ciclo de aquecimento do refrigerante.....	23
Figura 7 - Diagrama de entrada e saída de calor no sistema Q_{CT} de Verão.....	29
Figura 8 - Diagrama de entrada e saída de calor no sistema Q_{CT} de Inverno.	31
Figura 9 – Desenho e características da torre de arrefecimento T-25 [8].	33
Figura 10 – Poder emissivo espectral hemisférico da radiação solar nos confins da atmosfera terrestre e sobre a superfície terrestre [14].	38
Figura 11 – Valores médios de índice de claridade [14]......	40
Figura 12 - Correlações D_{h}^{dm}/G_{h}^{dm} , em função de K_T	41
Figura 13 – Carta de insolação Portugal Continental [15].	44
Figura 14 – Mecanismos de transferências de calor num coletor solar [16]......	45
Figura 15 - Constituintes do coletor solar do painel solar SKE 2.0 [1].	46
Figura 16 - Fluxos de energia num coletor, E0 irradiação, E1 e E2 perdas por reflexão, Q1 e Q2 perdas térmicas, Q3 quantidade de calor disponível [16]......	47
Figura 17 - Ângulo de incidência diário médio mensal da radiação solar direta de um coletor solar [14].	49
Figura 18 – Valores de τ/τ_n para coletores com 1, 2 ou 3 coberturas de vidro sobrepostas, considerar-se- $\tau_n=0,88$ [14].	50
Figura 19 - Valores de α/α_n . Considerar-se-á aqui que $\alpha_n=0,94$ [14]......	51
Figura 20 – Valores recomendados para o ângulo β , em função da latitude e do tipo de utilização anual ou sazonal [14]......	52
Figura 21 – Gráfico da radiação global mensal par a cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.	57
Figura 22 – Gráfico relação R_s^{dm} da cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.	58
Figura 23 – Valores médios diários mensais de R^{dm} da cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.	58
Figura 24 – Gráfico de radiação direta, difusa e albedo da cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.	59
Figura 25 – Gráfico da irradiação I_β da cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.	59
Figura 26 – Valores diários médios mensais de $(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$, $(\tau\alpha)_s/(\tau\alpha)_n$, $(\tau\alpha)_D/(\tau\alpha)_n$ e $(\tau\alpha)_L/(\tau\alpha)_n$, baseado na Tabela 39 do anexo A.	61

Figura 27 – $I_{\beta}^{dm}(\tau\alpha)$ para a cidade do Porto, baseado na Tabela 39 do anexo A.	62
Figura 28 – Valor da fração solar para diferentes áreas, baseado na Tabela 58 do Anexo B.	63
Figura 29 - Gráfico do investimento, da poupança de energia anual e o custo do sistema auxiliar. 73	
Figura 30 – Gráfico de <i>VAL</i> com o aumento de área.	75
Figura 31 – Gráfico da <i>TIR</i> com o aumento de área.	75
Figura 32 - Características do termoacumulador 75 l [22].	115
Figura 33 - Características da do gerador/turbina [23].	116
Figura 34 – Inversor de onda pura Victron Phoenix 2000W (12V) [13].	117
Figura 35 - Bateria estacionária [11].	117
Figura 36 – Regulador Victron Blue 40A mppt [12].	118
Figura 37 - Características do painel Termo solar SKE 2.0 –s	119
Figura 38 - Purgador de boiá Klinger série A [6].	120
Figura 39 - Radiador para instalação na habitação.	121
Figura 40 - Diagrama T-S R507, linhas azuis- entalpia, linhas vermelhas temperatura, linhas verdes – volume específico, linhas pretas – título [4].	123
Figura 41 - Diagrama T-S R134a, linhas azuis- entalpia, linhas vermelhas temperatura, linhas verdes – volume específico, linhas pretas – título [4].	124
Figura 42 – Diagrama P-h R410a, linhas azuis entropia, linhas vermelhas – temperatura, linhas verdes – volume específico, linhas pretas – título [16]	124

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Calendarização do projeto.	4
Tabela 2 – Composição dos capítulos da dissertação.	5
Tabela 3 – Equipamentos e eletrodomésticos de cada divisão da habitação.	9
Tabela 4 – Consumo mensal elétrico de Inverno.	10
Tabela 5 – Consumo mensal elétrico de Verão	12
Tabela 6 – Consumo mensal em aquecimento de Inverno.	14
Tabela 7 – Consumo mensal em aquecimento de Verão.	15
Tabela 8 – Necessidades mensais de aquecimento e elétricas.	15
Tabela 9 – Características de consumo do veículo elétrico iMiVE.	16
Tabela 10 - Soma das necessidades de aquecimento e elétricas com o consumo do automóvel elétrico.	16
Tabela 11 – Consumo mensal de energia de Inverno e Verão da habitação T3.	16
Tabela 12 – Considerações para seleção de frigorifénio.	24
Tabela 13 – Propriedades do R507.	25
Tabela 14 - Propriedades do R134a.	26
Tabela 15 – Propriedades do R410a.	26
Tabela 16 – Comparação dos diversos frigorifénios para temperaturas entre 25 °C e 84 °C, para necessidades de Verão.	26
Tabela 17 - Comparação dos diversos frigorifénios para temperaturas entre 25 °C e 84 °C, para necessidades elétricas de Inverno.	27
Tabela 18 – Componentes da instalação.	66
Tabela 19 – Custo variável da instalação.	68
Tabela 20 – Custo fixo da instalação.	69
Tabela 21 – Custo anual em manutenção.	69
Tabela 22 – Composição das variáveis do investimento.	70
Tabela 23 – Dados indicativos da vida útil, taxa de atualização e inflação da energia.	70
Tabela 24 – Investimento, custo do sistema auxiliar e poupança em energia versus área.	72
Tabela 25 – Valores de <i>VAL</i> e <i>TIR</i> mediante a variação da área.	74
Tabela 26 – Valores de fluxo monetários do 13º ano ao 15ºano.	77
Tabela 27 - Valores diários (δ), <i>Ho</i> , <i>S_{ob}</i> e <i>DD</i> para o mês de Janeiro.	86
Tabela 28 - Valores diários (δ), <i>Ho</i> , <i>S_{ob}</i> e <i>DD</i> para o mês de Fevereiro.	87
Tabela 29 - Valores diários (δ), <i>Ho</i> , <i>S_{ob}</i> e <i>DD</i> para o mês de Março.	88
Tabela 30 - Valores diários (δ), <i>Ho</i> , <i>S_{ob}</i> e <i>DD</i> para o mês de Abril.	89
Tabela 31 - Valores diários (δ), <i>Ho</i> , <i>S_{ob}</i> e <i>DD</i> para o mês de Maio.	90

Tabela 32 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Junho.....	91
Tabela 33 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Julho.....	92
Tabela 34 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Agosto.....	93
Tabela 35 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Setembro.....	94
Tabela 36 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Outubro.....	95
Tabela 37 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Novembro.....	96
Tabela 38 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Dezembro.....	97
Tabela 39 - Folha de cálculo da radiação direta, difusa e albedo.....	98
Tabela 40 - Folha de cálculo para $I_{\beta}\tau\alpha$	99
Tabela 41 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 10 m ²	99
Tabela 42 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 20 m ²	100
Tabela 43 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 30 m ²	100
Tabela 44 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 40 m ²	101
Tabela 45 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 50 m ²	101
Tabela 46 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 60 m ²	102
Tabela 47 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 70 m ²	102
Tabela 48 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 80 m ²	103
Tabela 49 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 90 m ²	103
Tabela 50 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 100 m ²	104
Tabela 51 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 110 m ²	104
Tabela 52 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 120 m ²	105
Tabela 53 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 130 m ²	105
Tabela 54 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 140 m ²	106
Tabela 55 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 150 m ²	106
Tabela 56 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 160 m ²	107
Tabela 57 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 170 m ²	107
Tabela 58 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 180 m ²	108
Tabela 59 - Folha de cálculo do investimento, custo do sistema auxiliar e poupança em energia.....	109
Tabela 60 - Folha de cálculo dos cash-flows para o cálculo da <i>TIR</i>	110
Tabela 61 - Folha de cálculo para o cálculo do <i>VAL</i>	111
Tabela 62 - Folha de cálculo do somatório dos fluxos monetários.....	112
Tabela 63 - Orçamento para coletor solar [21].....	113
Tabela 64 - Orçamento de caldeira elétrica [21].....	114

Nomenclatura

Simbologia

	Unidades
A – Área	[m ²]
C_p – Calor específico a pressão constante	[kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹]
CFI – Custo fixo da instalação	[€]
CM – Custo de manutenção anual	[€]
CVI – Custo variável da instalação	[€]
$custo$ – Custo mensal de energia	[€]
CW – Preço por kWh	[€/kWh]
D – Intensidade de radiação difusa	[J.m ⁻²]
DD – Duração do dia natural	[h]
E – Energia	[J]
P_p – Potência produzida no gerador	[W]
f – Fração solar	-
F_R – Fator de remoção de um coletor solar	-
F' – Fator de eficiência de um coletor solar	-
F'' – Fator de escoamento de um coletor solar	-
G – Intensidade de radiação global	[J.m ⁻²]
Ho – Ângulo horário do pôr-do-sol	-

i	– Ângulo de incidência diário médio mensal entre os raios solares de radiação direta e a normal ao coletor solar	-
I	– Intensidade de irradiação de uma superfície	[J.m ⁻²]
INV	– Custos de investimento inicial	[€]
K_T	– Índice de claridade	-
L	– Intensidade de radiação de albedo	[J.m ⁻²]
N_{dias}	– Número de dias contidos num mês	-
$N_{segundos}$	– Número de segundos contidos num mês	-
M	– Volume de líquido armazenado por área de captação	[l.m ⁻²]
P	– Potência	[W]
Q	– Potência calorífica	[W]
Q_{CT}	– Carga térmica	[J]
$Q_{solar\ mensal}$	– Energia captada pela instalação de coletores solares num mês	[J]
$Receitas$	– Receitas anuais ou fluxos monetários	[€]
R	– Razão entre a irradiação numa superfície inclinada relativamente ao solo e a irradiação incidente na mesma superfície, mas assente sobre o solo	-
R_A	– Razão entre a capacidade de armazenamento de energia de um sistema considerado como padrão	-
R_D	– Razão entre a irradiação difusa numa superfície inclinada relativamente ao solo e a irradiação difusa incidente na mesma superfície, mas assente sobre o solo	-
R_L	– Razão entre a irradiação de albedo numa superfície inclinada relativamente ao solo e a irradiação de albedo incidente na mesma superfície, mas assente sobre o solo	-

R_S	– Razão entre a irradiação direta numa superfície inclinada relativamente ao solo e a irradiação direta incidente na mesma superfície, mas assente sobre o solo	-
S	– Intensidade de radiação direta	[J.m ⁻²]
T	– Temperatura	[K]
t	– Tempo	[s]
$taxa$	– Taxa do custo médio ponderado de capital	[€]
T_a	– Temperatura média ambiente do mês;	[K]
$Tempo\ de\ retorno$	– Tempo de pagamento do investimento	[anos]
TIR	– Taxa interna de rentabilidade	-
T_{ref}	– Temperatura de referência que toma o valor de 100°C.	[K]
U	– Coeficiente global de transferência de calor num coletor solar plano	[W.m ⁻² .k ⁻¹]
U_a	– Coeficiente global de perdas térmicas ascendentes num coletor solar plano	[W.m ⁻² .k ⁻¹]
V	– Volume de godos armazenados por área de captação	[m ³ .m ⁻²]
VAL	– Valor atual líquido	[€]
W	– Trabalho realizado	[J]
X	– Parâmetro do método da fração solar	-
Y	– Parâmetro do método da fração solar	-

Abreviaturas

CS – Coletor solar

- D - Referente a radiação difusa
- d - Diário médio
- dm - Diário médio mensal
- eqv - Equivalente
- h - Superfície horizontal dentro da atmosfera terrestre
- L - Referente a radiação albedo
- min - Mínimo
- n - Perpendicular aos raios solares
- oh - Superfície horizontal fora da atmosfera terrestre
- PR - Superfície horizontal
- s - Referente a radiação direta
- u - Útil

Caracteres Gregos

- α - Coeficiente de absorção da placa absorvedora
- β - Ângulo de inclinação de uma superfície relativamente ao solo
- δ - Declinação
- ρ - Coeficiente de reflexão
- Φ - Latitude de dado lugar
- η - Rendimento
- $\eta_{turbina}$ - Rendimento isentrópico da turbina
- $\eta_{permutador}$ - Rendimento de um permutador

η_{gerador} – Rendimento de gerador

Σ – Somatório

1.Introdução

O presente trabalho usa energia solar recolhida por coletores solares convencionais para suprir as necessidades térmicas e elétricas de uma habitação T3. De forma esquemática a Fig. 1 apresenta os diversos constituintes do sistema em estudo. O sistema é constituído por coletores solares planos que aquecem uma mistura de água e anticongelante; o sistema pode acumular água quente, com recurso a um acumulador, para posterior utilização. A água aquecerá um frigorigénio, usado num ciclo de Rankine que produzirá energia elétrica e o calor libertado no condensador será aproveitado para suprir necessidades térmicas da habitação.

O sistema também deverá ter baterias para acumular a energia elétrica produzida. Também se previu um sistema auxiliar (como torre de arrefecimento) para haver condensação completa do frigorigénio no ciclo de Rankine, pois as necessidades de aquecimento da casa são insuficientes para provocar essa condensação, como se verá adiante.

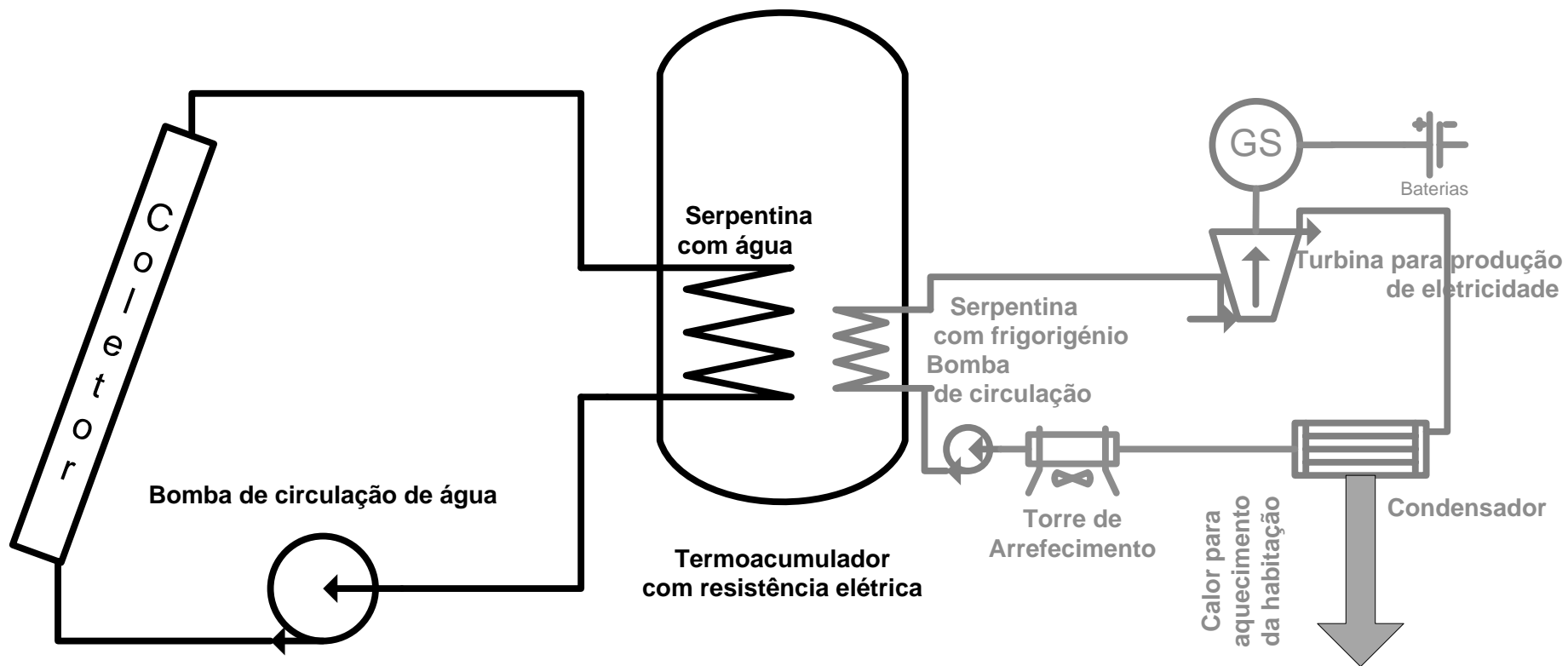


Figura 1 – Esquema dos constituintes da instalação.

1.1. Objetivo

O objetivo principal deste projeto é verificar a viabilidade técnica e económica da aplicação de coletores solares planos para produção de calor e eletricidade consumidos numa residência.

O trabalho foi subdividido em diversas tarefas, tais como:

- Análise das necessidades energéticas de uma habitação T3 típica;
- Escolha de um frigorifénio;
- Dimensionamento da instalação solar pelo método da fração solar;
- Análise económica e viabilidade do projeto.

1.3. Organização do relatório

De forma a ilustrar melhor a organização da dissertação, foi construída a seguinte tabela:

Tabela 2 – Composição dos capítulos da dissertação.

Capítulo 1	Descrição geral e breve do trabalho e dos respetivos objetivos.
Capítulo 2	Análise e cálculo das necessidades energéticas de uma habitação T3.
Capítulo 3	Escolha de frigorigénio pelo ciclo de Rankine.
Capítulo 4	Dimensionamento de coletores pelo método da fração solar.
Capítulo 6	Viabilidade económica do projeto e determinação da área dos coletores solar na instalação.
Capítulo 7	Conclusões gerais do trabalho.
Capítulo 8	Bibliografia usada.

2. Necessidades energéticas

Como ponto de partida para este trabalho importa calcular as necessidades energéticas, com base dos consumos elétricos dos eletrodomésticos e equipamentos mais usados numa habitação típica T3.

2.1. Cálculo das necessidades energéticas

Para o cálculo foi considerada uma habitação de tipologia T3 constituída por: cozinha, três quartos, uma casa de banho, uma sala, uma lavandaria e um escritório; considera-se um conjunto de eletrodomésticos e equipamentos usados em cada uma das secções da habitação.

Para determinar a energia consumida mensalmente por dado equipamento em Wh, multiplicou-se o tempo de funcionamento desse equipamento pela potência desse equipamento.

O custo mensal gasto em energia foi determinado multiplicando a energia total consumida por todos os equipamentos em kWh pelo custo unitário do kWh, que está indicado na página da EDP com valor de 0,139 €/kWh.

$$Custo = kWh * CW \text{ [€]}. \quad (2.1)$$

Para elaboração das Tabelas 4 a 7 abaixo indicadas utilizou-se o simulador de uma empresa de energia COPEL [1], que apresenta os equipamentos típicos de cada divisão da habitação, potência dos equipamentos e o tempo médio de uso diário.

A habitação possui 3 quartos: um quarto de criança, um quarto de casal e um quarto de visita. Mediante o tipo de quarto é apresentado um conjunto de equipamentos: no quarto de criança, ver Tabela 3, temos um aquecedor, um computador, iluminação, relógio, consola de jogos, televisor; no quarto casal, ver Tabela 3, um aquecedor, iluminação, relógio, aparelhagem e um computador; no quarto visita, ver Tabela 3, iluminação, relógio e um aquecedor.

A cozinha da habitação, ver Tabela 3, possui os típicos eletrodomésticos usados: uma batedeira, cafeteira elétrica, grelhador elétrico, exaustor, fogão elétrico, frigorífico, iluminação, máquina de lavar loiça, micro-ondas, telefone, televisor e uma torradeira.

A lavandaria, ver Tabela 3, contém os seguintes equipamentos: um cilindro, aspirador, iluminação, máquina de lavar loiça, máquina de secar, ferro elétrico e um relógio. Foi colocado o consumo do aspirador na lavandaria, contudo podia ser colocado na cozinha.

O quarto de banho tem aquecedor, iluminação, secador de cabelo e máquina de barbear.

O escritório, ver Tabela 3, possui um carregador telemóvel, computador, impressora, iluminação e um telefone.

A sala, ver Tabela 3, contém ar-condicionado, aparelho de *DVD*, *Home-Theater*, iluminação, televisor e um aparelho da televisão por cabo. O ar condicionado só foi aplicado numa divisão da habitação devido ao seu custo; foi aplicado na sala porque é a divisão da casa onde os habitantes permanecem mais tempo.

Tabela 3 – Equipamentos e eletrodomésticos de cada divisão da habitação.

Lavandaria	Escritório	Sala	Casa de banho	Quarto de visita	Quarto de casal	Quarto de criança	Cozinha
Cilindro	Carregador Telemóvel	Ar-Condicionado	Aquecedor	Iluminação	Aquecedor	Aquecedor	Batedeira
Aspirador	Computador	Aparelho de DVD	Iluminação	Relógio	Iluminação	Computador	Cafeteira Elétrica
Iluminação	Impressora	Home – Theater	Secador de Cabelo	Aquecedor	Relógio	Iluminação	Grelhador Elétrico
Máquina de Lavar Roupa	Iluminação	Iluminação	Máquina de Barbear		Aparelhagem	Relógio	Exaustor
Máquina de Secar	Telefone	Televisor			Computador	Consola de Jogos	Fogão Elétrico
Ferro Elétrico		Aparelho Tv por cabo				Televisor	Frigorífico
Relógio							Iluminação
							Máquina de Lavar a Loça
							Micro-ondas
							Telefone
							Televisor
							Torradeira

2.1.1. Cálculo das necessidades elétricas mensais de Inverno

As necessidades de elétricas de Verão são diferentes das necessidades de elétricas de Inverno. Na tabela a seguir apresenta-se as necessidades elétricas de Inverno para cada uma das divisões da habitação, sendo apresentado no fim o consumo total de energia elétrica mensal de Inverno.

Tabela 4 – Consumo mensal elétrico de Inverno.

	Potência [W]	Tempo de uso médio diário [min]	Tempo de uso médio diário [Horas]	Energia [J/dia]	Energia [Wh/mês]	Custo [€/mês]
Cozinha						
Batedeira	200	5	0,083	60000	500	0,070
Cafeteira Elétrica	1000	5	0,083	300000	2500	0,348
Grelhador Elétrico	3800	25	0,417	5700000	47500	6,603
Exaustor	170	120	2,000	1224000	10200	1,418
Fogão Elétrico	2000	17	0,283	2040000	17000	2,363
Frigorífico	130	1440	24,000	11232000	93600	13,010
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Máquina de Lavar a Loiça	1500	40	0,667	3600000	30000	4,170
Micro-ondas	1000	10	0,167	600000	5000	0,695
Telefone	50	60	1,000	180000	1500	0,209
Televisor	110	120	2,000	792000	6600	0,917
Torradeira	600	5	0,083	180000	1500	0,209
Quarto de criança						
Aquecedor	0	0	0	0	0	0
Computador	300	180	3,000	3240000	27000	3,753
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Relógio	5	1440	24,000	432000	3600	0,500
Consola de Jogos	100	30	0,500	180000	1500	0,209
Televisor	100	110	2	660000	5500	0,765
Quarto de Casal						
Aquecedor	0	0	0	0	0	0
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Relógio	5	1440	24,000	432000	3600	0,500
Aparelhagem	80	30	0,500	144000	1200	0,167
Computador	300	180	3,000	3240000	27000	3,753
Quarto de visita						
Aquecedor	0	0	0	0	0	0
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Relógio	5	1440	24,000	432000	3600	0,500
Casa de Banho						
Aquecedor	0	0	0	0	0	0
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Secador de Cabelo	1400	10	0,167	840000	7000	0,973
Máquina de Barbear	10	30	0,500	18000	150	0,021
Sala						
Aparelho de DVD	50	30	0,500	90000	750	0,104
Home –Theater	350	30	0,500	630000	5250	0,730
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Televisor	100	110	1,833	660000	5500	0,765
Ar-Condicionado	0	0	0	0	0	0
AparelhoTv por cabo	80	110	1,833	528000	4400	0,612
Escritório						
Carregador Telemóvel	1,5	60	1,000	5400	45	0,006
Computador	300	120	2,000	2160000	18000	2,502
Impressora	400	10	0,167	240000	2000	0,278
Iluminação	9	120	2,000	64800	540	0,075
Telefone	100	60	1,000	360000	3000	0,417
Lavandaria						
Cilindro	0	0	0	0	0	0
Aspirador	1000	10	0,167	600000	5000	0,695
Iluminação	9	100	1,667	54000	450	0,063
Máq. de Lavar Roupa	1000	20	0,333	1200000	10000	1,390
Máquina de Secar	1500	15	0,250	1350000	11250	1,564
Ferro Elétrico	1000	10	0,167	600000	5000	0,695
Relógio	9	100	1,667	54000	450	0,063
Total						
	16409	9092	151,533	45094200	375785	52,234

2.1.2. Cálculo das necessidades mensais elétricas de Verão

Da mesma maneira que foi calculado o consumo elétrico mensal de Inverno, também se calcularam os consumos elétricos mensais de Verão. Apresenta-se na seguinte tabela o consumo elétrico mensal de Verão para cada divisão. No final da tabela pode-se ver o consumo mensal elétrico total de Verão que é a soma do consumo dos eletrodomésticos e equipamentos de cada divisão.

Tabela 5 – Consumo mensal elétrico de Verão .

	Potência [W]	Tempo de uso médio diário [min]	Tempo de uso médio diário [Horas]	Energia [J/dia]	Energia [Wh/mês]	Custo [€/mês]
Cozinha						
Batedeira	200	5	0,083	60000	500	0,070
Cafeteira Elétrica	1000	5	0,083	300000	2500	0,348
Grelhador Elétrico	3800	25	0,417	5700000	47500	6,603
Exaustor	170	120	2,000	1224000	10200	1,418
Fogão Elétrico	2000	17	0,283	2040000	17000	2,363
Frigorífico	130	1440	24,000	11232000	93600	13,010
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Máquina de Lavar Loiça	1500	40	0,667	3600000	30000	4,170
Micro-ondas	1000	10	0,167	600000	5000	0,695
Telefone	50	60	1,000	180000	1500	0,209
Televisor	110	120	2,000	792000	6600	0,917
Torradeira	600	5	0,083	180000	1500	0,209
Quarto de criança						
Aquecedor	0	0	0	0	0	0
Computador	300	180	3,000	3240000	27000	3,753
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Relógio	5	1440	24,000	432000	3600	0,500
Consola de Jogos	100	30	0,500	180000	1500	0,209
Televisor	100	110	2	660000	5500	0,736
Quarto de Casal						
Aquecedor	0	0	0	0	0	0
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Relógio	5	1440	24,000	432000	3600	0,500
Aparelhagem	80	30	0,500	144000	1200	0,167
Computador	300	180	3,000	3240000	27000	3,753
Quarto de visita						
Aquecedor	0	0	0	0	0	0
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Relógio	5	1440	24,000	432000	3600	0,500
Casa de Banho						
Aquecedor	0	0	0	0	0	0
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Secador de Cabelo	1400	10	0,167	840000	7000	0,973
Máquina de Barbear	10	30	0,500	18000	150	0,021
Sala						
Aparelho de DVD	50	30	0,500	90000	750	0,104
Home –Theater	350	30	0,500	630000	5250	0,730
Iluminação	9	300	5,000	162000	1350	0,188
Ar-Condicionado	1000	300	5,000	18000000	150000	20,850
Aparelho de DVD	50	30	0,500	90000	750	0,104
Escritório						
Carregador Telemóvel	1,5	60	1,000	5400	45	0,006
Computador	300	120	2,000	2160000	18000	2,502
Impressora	400	10	0,167	240000	2000	0,278
Iluminação	9	120	2,000	64800	540	0,075
Telefone	100	60	1,000	360000	3000	0,417
Lavandaria						
Cilindro	0	0	0	0	0	0
Aspirador	1000	10	0,167	600000	5000	0,695
Iluminação	9	100	1,667	54000	450	0,063
Máq. de Lavar Roupa	1000	20	0,333	1200000	10000	1,390
Máquina de Secar	1500	15	0,250	1350000	11250	1,564
Ferro Elétrico	1000	10	0,167	600000	5000	0,695
Relógio	9	100	1,667	54000	450	0,063
Total						
	17409	9392	156,533	63094200	525785	73,084

2.1.3. Cálculo das necessidades mensais de aquecimento de Inverno

As necessidades de aquecimento de Verão são diferentes das necessidades de aquecimento de Inverno. Na tabela a seguir apresenta-se a energia consumida em aquecimento, de Inverno, para cada uma das divisões da habitação.

Tabela 6 – Consumo mensal em aquecimento de Inverno.

	Potência [W]	Tempo de uso médio diário [min]	Tempo de uso médio diário [Horas]	Energia [J/dia]	Energia [Wh/mês]	Custo [€/mês]
Cozinha						
Batedeira	0	0	0	0	0	0
Cafeteira Elétrica	0	0	0	0	0	0
Grelhador Elétrico	0	0	0	0	0	0
Exaustor	0	0	0	0	0	0
Fogão Elétrico	0	0	0	0	0	0
Frigorífico	0	0	0	0	0	0
Iluminação	0	0	0	0	0	0
Máquina de Lavar Loiça	0	0	0	0	0	0
Micro-ondas	0	0	0	0	0	0
Telefone	0	0	0	0	0	0
Televisor	0	0	0	0	0	0
Torradeira	0	0	0	0	0	0
Quarto de criança						
Aquecedor	1000	300	5,000	18000000	150000	20,850
Computador	0	0	0	0	0	0
Iluminação	0	0	0	0	0	0
Relógio	0	0	0	0	0	0
Consola de Jogos	0	0	0	0	0	0
Televisor	0	0	0	0	0	0
Quarto de Casal						
Aquecedor	1000	300	5,000	18000000	150000	20,850
Iluminação	0	0	0	0	0	0
Relógio	0	0	0	0	0	0
Aparelhagem	0	0	0	0	0	0
Computador	0	0	0	0	0	0
Quarto de visita						
Aquecedor	1000	350	5,833	21000000	175000	24,325
Iluminação	0	0	0	0	0	0
Relógio	0	0	0	0	0	0
Casa de Banho						
Aquecedor	1000	60	1,000	3600000	30000	4,170
Iluminação	0	0	0	0	0	0
Secador de Cabelo	0	0	0	0	0	0
Máquina de Barbear	0	0	0	0	0	0
Sala						
Ar-Condicionado	1000	300	5	18000000	150000	20,850
Aparelho de DVD	0	0	0	0	0	0
Home –Theater	0	0	0	0	0	0
Iluminação	0	0	0	0	0	0
Ar-Condicionado	0	0	0	0	0	0
Aparelho de DVD	0	0	0	0	0	0
Escritório						
Carregador Telemóvel	0	0	0	0	0	0
Computador	0	0	0	0	0	0
Impressora	0	0	0	0	0	0
Iluminação	0	0	0	0	0	0
Telefone	0	0	0	0	0	0
Lavandaria						
Cilindro	2000	90	1,5	10800000	90000	12,510
Aspirador	0	0	0	0	0	0
Iluminação	0	0	0	0	0	0
Máq. de Lavar Roupa	0	0	0	0	0	0
Máquina de Secar	0	0	0	0	0	0
Ferro Elétrico	0	0	0	0	0	0
Relógio	0	0	0	0	0	0
Total						
	7000	1400	23,333	89400000	745000	103,555

2.1.4. Cálculo necessidades de aquecimento mensais de Verão

A energia consumida em aquecimento de Verão será utilizada para o aquecimento de águas para banhos, por isso a necessidade de aquecimento de Verão é igual ao consumo energético do cilindro.

Tabela 7 – Consumo mensal em aquecimento de Verão.

Lavandaria	Potência [W]	Tempo de uso médio diário [min]	Tempo de uso médio diário [Horas]	Energia [J/dia]	Energia [Wh/mês]	Custo [€/mês]
Cilindro	2000	90	1,500	10800000	90000	12,510

2.1.5. Necessidade elétricas e de aquecimento mensais

As necessidades de energia de elétrica e aquecimento de Verão e de Inverno indicadas na Tabela 8 foram obtidas pela multiplicação do valor total de energia diária da 5ª coluna das Tabelas 4, 5, 6 e 7 por 30 dias. As potências foram calculadas por divisão da energia consumida mensalmente pelo número de segundos no mês.

Tabela 8 – Necessidades mensais de aquecimento e elétricas.

	Energia [MJ/mês]	Potência [kW]
Necessidades de aquecimento de Inverno mensal	2682	1,035
Necessidades de aquecimento de Verão mensal	324	0,125
Necessidades elétricas de Inverno mensal	1353	522
Necessidades elétricas de Verão mensal	1893	730

2.1.6. Necessidades de energia para transporte

Devido ao incremento da utilização do automóvel elétrico na sociedade, decidiu-se de somar às necessidades energéticas da habitação o consumo energético de um automóvel elétrico neste caso um Mitsubishi iMiVE.

A Tabela 9 indica as características de um automóvel elétrico em termos de consumo energético. O automóvel tem uma autonomia de 160 quilómetros. Em média um cidadão europeu faz 31 quilómetros por dia de automóvel [2]; mediante isto assumir-se-á que o automóvel vai percorrer em média 50 quilómetros por dia, o que obriga a carregar a bateria do

veículo em 3 em 3 dias, ou seja, 10 vezes por mês como a bateria armazena 58 MJ, então a energia mensal requerida, no caso da análise, será de 580 MJ.

Tabela 9 – Características de consumo do veículo elétrico iMiVE.

Automóvel elétrico MITSUBISHI iMiVE	
Potência [W]	3300
Tempo de carregamento [horas]	6,5
Capacidade de bateria [MJ]	58
Capacidade da bateria [kWh]	16
Energia mensal [MJ/mês]	580
Custo mensais [€]	22,24

2.1.7. Necessidades energéticas totais

A Tabela 10 é o resultado da soma das necessidades elétricas mensais de Verão e de Inverno da Tabela 8 com a energia mensal consumida no carregamento do carro elétrico, da tabela 9.

Tabela 10 - Soma das necessidades de aquecimento e elétricas com o consumo do automóvel elétrico.

	Energia [MJ/mês]	Potência [kW]
Necessidades de aquecimento de Inverno mensal	2682,000	1,035
Necessidades de aquecimento de Verão mensal	324,000	0,125
Necessidades elétricas de Inverno mensal	1932,826	0,746
Necessidades elétricas de Verão mensal	2472,826	0,954

Na Tabela 11 está indicado o consumo para os meses de Verão e de Inverno que corresponde à soma das necessidades de aquecimento com as elétricas da Tabela 10.

Tabela 11 – Consumo mensal de energia de Inverno e Verão da habitação T3.

	[MJ]
Consumo mensal de Inverno	4614,826
Consumo mensal de Verão	2796,826

O gerador elétrico terá que produzir energia elétrica igual ou maior que as necessidades elétricas de Verão indicadas na 2ª coluna da Tabela 10, que corresponde ao valor máximo em termos de necessidades elétricas.

3. Frigorigénio e ciclo de Rankine

Fluido frigorigénio é o fluido utilizado no sistema de produção de frio. A instalação vai ter dois fluidos a circular sendo que um será água e o outro frigorigénio. O fluido do circuito secundário, frigorigénio, circula no circuito de Rankine, para produção de energia elétrica.

3.1. Circuito primário e secundário

Na Fig. 2 é apresentado um diagrama da instalação dividida em dois circuitos, um circuito primário, a preto, onde circula uma mistura de água anticongelante e um circuito secundário, a cinza, onde circula frigorigénio.

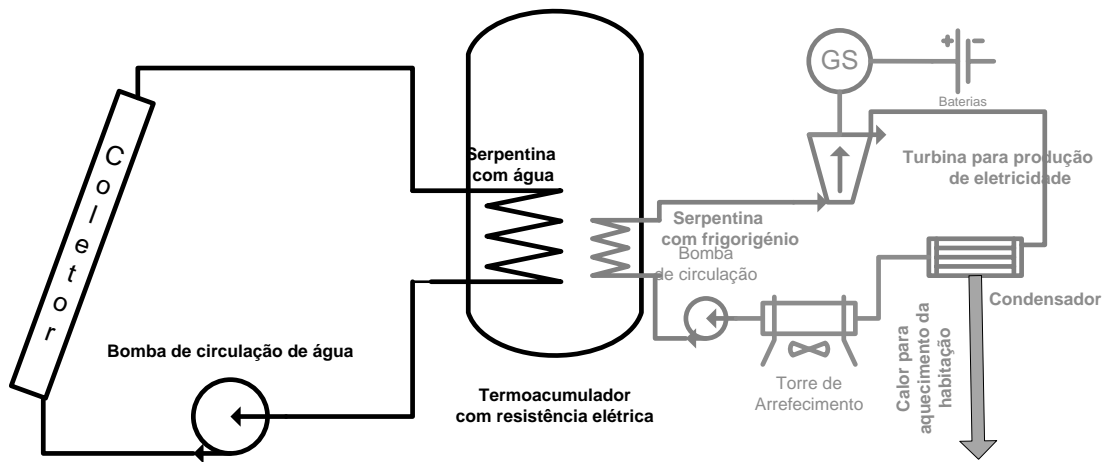


Figura 2 – Circuito primário e secundário.

Constituintes do sistema primário:

- Coletor solar plano;
- Termoacumulador (resistência elétrica);
- Bomba centrífuga;
- Serpentina.

Constituintes do sistema secundário;

- Turbina;
- Condensador/Torre de Arrefecimento;
- Purgador;
- Serpentina;
- Bomba centrífuga;
- Gerador;
- Baterias;
- Inversor;

- Regulador de carga.

A conceção da instalação teve como preocupação primordial, nomeadamente, o custo do frigorigénio em relação ao da água, bem como os custos inerentes à vedação eficaz.

3.2. Classificações de frigorigénio

A escolha do frigorigénio teve em conta aspetos económicos e ambientais. Os frigorigénios são substâncias químicas responsáveis pelo transporte de energia num ciclo de refrigeração.

Características desejáveis do frigorigénio:

- Não inflamável, não explosivo e não tóxico em seu estado puro ou quando misturado com o ar;
- Não deve contaminar alimentos ou outros produtos armazenados no espaço refrigerado, se ocorrer uma fuga no sistema;
- Pressões correspondentes às temperaturas disponíveis com os meios de condensação normais não devem ser excessivas, para assim eliminar a necessidade de construção dispendiosa;
- As pressões correspondentes às temperaturas necessárias para maior parte dos processos de condicionamento de ar e refrigeração devem ser acima da pressão atmosférica, para assim evitar penetração de ar e vapor de água;
- Um calor de vaporização alto é desejável para que as capacidades necessárias possam ser obtidas com o menor fluxo de frigorigénio;
- O vapor deve ter um volume específico relativamente baixo, porque este volume é importante na determinação da cilindrada do compressor;
- O frigorigénio deve ter baixo calor específico no estado líquido, para que menos calor seja necessário para arrefecer o líquido, partindo da temperatura de condensação até a temperatura o arrefecimento alcançado;

- O refrigerante deve ser facilmente detectado por indicadores adequados, para localizar fugas no sistema;
- O refrigerante deve ser compatível com os óleos lubrificantes usuais e não deve alterar a sua eficácia quando em contacto com lubrificantes;
- O refrigerante não deve ser corrosivo para os metais usados no sistema de refrigeração e deve ser quimicamente estável;
- O refrigerante deve ser facilmente disponível, de baixo custo, ambientalmente seguro, não contribuindo para a destruição da camada de ozono ou para aumentar o efeito estufa e ser de fácil manuseio.

Os refrigerantes mais usados na indústria podem ser classificados nos seguintes grupos:

- Hidrocarbonetos halogenados;
- Hidrocarbonetos puros;
- Compostos inorgânicos;
- Misturas azeotrópicas;
- Misturas não azeotrópicas;
- HFCs.

Muitos dos primeiros refrigerantes eram compostos inorgânicos e alguns mantiveram a sua proeminência até o presente, como o amoníaco.

Uma mistura azeotrópica de duas substâncias é aquela que não pode ser separada nos seus componentes por destilação. Um azeótropo evapora e condensa como uma substância simples com propriedades diferentes das de cada um dos seus constituintes.

Um comportamento característico de uma mistura não azeotrópica ocorre durante a mudança de fase, quando as concentrações de líquido e vapor são diferentes da concentração original da mistura.

HFCs, ou hidrofluorcarbonos, são substâncias químicas utilizadas em aplicações de refrigeração e ar condicionado. Estes são frigorigênicos não inflamáveis, recicláveis e de baixa toxicidade. HFCs foram desenvolvidos pelas indústrias químicas como alternativas aos CFCs – que destroem a camada de ozono.

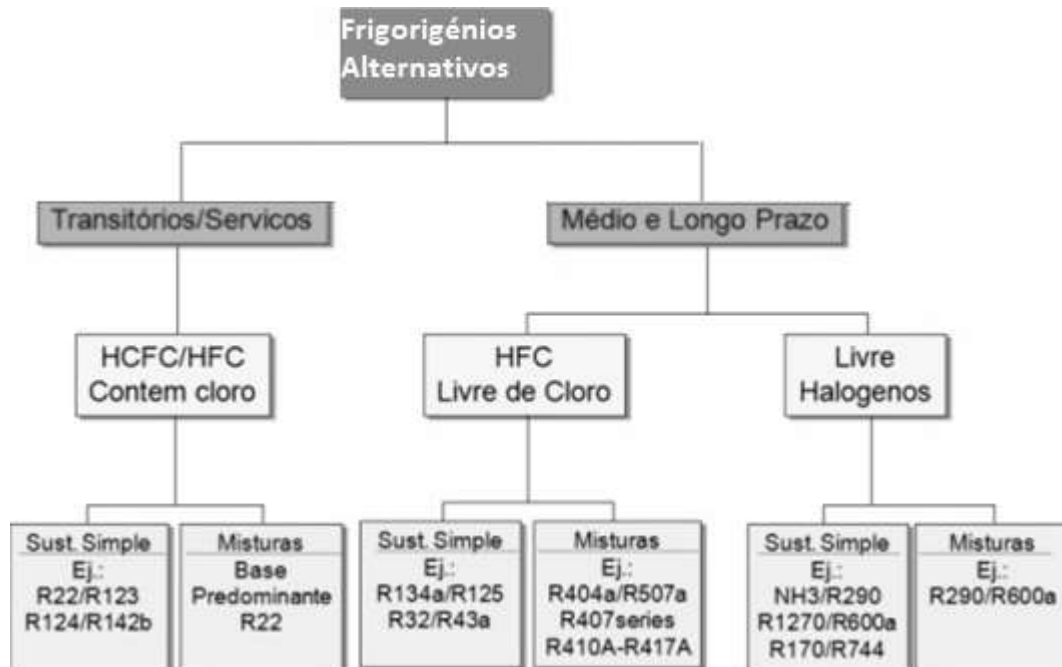


Figura 3 – Esquema de classificação de alguns frigorigênicos[3] .

A norma ASHRAE 34-92 classifica os frigorigênicos, de acordo com seu nível de toxicidade e inflamabilidade. Cada frigorigénio recebe uma designação composta por dois caracteres alfanuméricos, sendo o primeiro uma letra maiúscula que caracteriza seu nível de toxicidade e o segundo um algarismo que indica o seu grau de inflamabilidade.

Assim, dependendo do grau de toxicidade para concentrações abaixo de 400 ppm, os compostos são classificados em dois grupos:

- Classe A – Compostos cuja toxicidade não foi identificada.
- Classe B – Foram identificadas evidências de toxicidade.

Quanto ao nível de inflamabilidade os frigorigénios são classificados em três grupos:

- Classe 1 – Não se observa propagação de chama em ar a 18°C e 101,325 kPa.
- Classe 2 – Limite inferior de inflamabilidade superior a 0,10 kg.m⁻³ a 21°C e 101,325 kPa, poder calorífico inferior a 19000 kJ.kg⁻¹.
- Classe 3 – Inflamabilidade elevada, caracterizando-se por inferior ou igual a 0,10 kg.m⁻³ a 21 °C e 101,325 kPa, poder calorífico superior a 19000 kJ.kg⁻¹.

	Classe	Frigorigénio	Classe	Frigorigénio	Classe
R11	A1	R134a	A1	R502	A1
R12	A1	R152a	A2	R507a	A1
R13	A1	R401A	-	R170	A3
R22	A1	R402A	-	R290	A3
R23	A1	R403A	-	R600	A3
R32	A2	R404A	-	R600a	A3
R113	A1	R407A	-	R717	B2
R123	B1	R410A	-	R718	A1
R125	A1	R500	A1	R744	A1

Figura 4 – Classificação de frigorigénios mediante a norma ASHARE 34-92 [3].

A comparação dos frigorigénios em relação à sua toxicidade e inflamabilidade é importante, dado que ninguém deseja ter em sua casa um equipamento que possua frigorigénio tóxico e inflamável. Por outro lado razões ambientais se levantam, como a prevenção da destruição da camada de ozono.

3.3. Comparação de frigorigénios

Analisar-se-ão três frigorigénios: R507, R134a e R410a. A escolha do frigorigénio a usar, entre os três referidos, terá em consideração a toxicidade e inflamabilidade, mas também o rendimento térmico do ciclo de Rankine.

O ciclo de Rankine é constituído por, ver Fig. 5:

- 1-2 Processo isentrópico em que existe um aumento de pressão;
- 2-3 Aquecimento isobárico do fluido de trabalho em que existe aumento de entalpia do fluido que passa do estado líquido para o estado de vapor sobreaquecido;

- 3-4 Existe uma queda de entalpia em que o vapor passa pela turbina, onde sofre uma expansão idealmente isentrópica, que movimenta a turbina e consequentemente existe a produção de energia elétrica;
- 4-1 O fluido de trabalho sai da turbina ainda com elevada temperatura no estado de vapor pelo que existe a necessidade de arrefecer o fluido de trabalho num condensador.

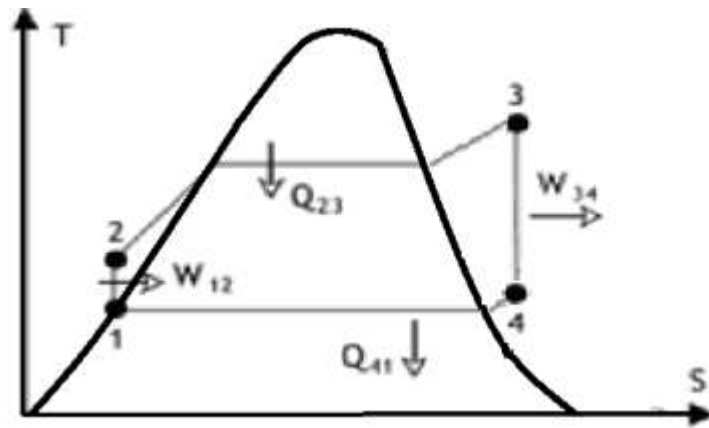


Figura 5 – Diagrama T-S de ciclo aquecimento de um fluido.

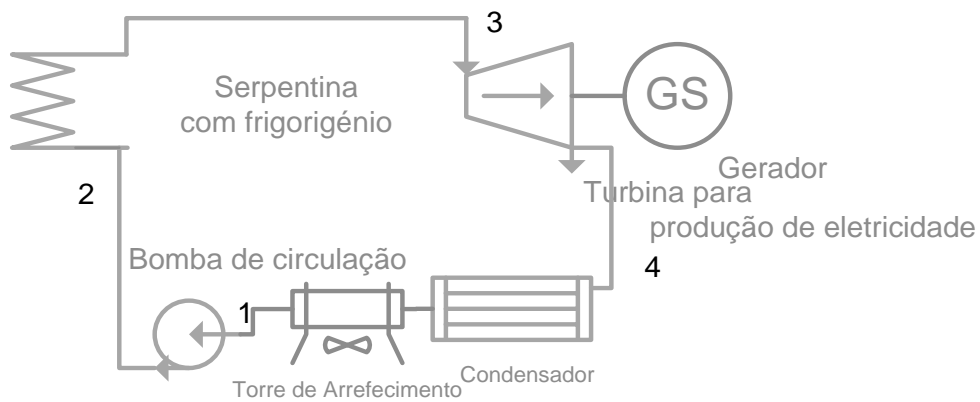


Figura 6 – Esquema do ciclo de aquecimento do refrigerante.

Para a seleção do refrigerante para a instalação teve-se em conta algumas considerações da Tabela 12.

A temperatura de condensação foi escolhida à pensar no aquecimento da habitação, pois com esta temperatura ainda é possível que o condensador aqueça a casa.

A temperatura de 84 ° C para o refrigerante foi à pensar no coletor solar, porque é uma temperatura normal da água num coletor solar plano.

O rendimento da turbina e do gerador foi escolhido mediante uma pesquisa e escolheu-se um valor típico.

A potência elétrica produzida pelo gerador foi estabelecida mediante os cálculos da Tabela 10.

Tabela 12 – Considerações para seleção de refrigerante.

O rendimento da turbina de 70 % [30].

O rendimento do gerador de 90 % [30];

Temperatura de mínima no sistema de cerca 25 °C;

Temperatura máxima do sistema cerca de 84 °C;

A potência elétrica produzida pelo gerador de 0,954 W.

Ao saber o rendimento da turbina, do gerador e a potência elétrica que é necessário produzir, podemos calcular o caudal mássico de fluido através das seguintes equações:

$$\dot{m}_{\text{refrigerante}} = \frac{P_P}{\eta_{\text{Turbina}} \times \eta_{\text{gerador}} \times (h_4 - h_3)}. \quad (3.0)$$

A potência produzida na turbina para um caudal mássico de refrigerante é :

$$W_{4-3} = \dot{m}_{\text{refrigerante}} \times (h_4 - h_3) \times \eta_{\text{Turbina}}. \quad (3.1)$$

A entrada da potência calorífica no ciclo:

$$Q_{3-2} = \dot{m}_{\text{refrigerante}} \times (h_3 - h_2). \quad (3.2)$$

Saída da potência calorífica do ciclo através do condensador:

$$Q_{1-4} = \dot{m}_{\text{frigorígeno}} \times (h_1 - h_{\text{Real4}}) . \quad (3.3)$$

Cálculo da entalpia real à saída da turbina

$$Q_{1-4} = \dot{m}_{\text{frigorígeno}} \times (h_1 - h_{\text{Real4}}) . \quad (3.4)$$

Os valores apresentados em seguida foram obtidos com recurso ao programa *Coolpack* [4] que reproduz o diagrama T-S para os vários fluidos, que podem ser consultados no Anexo D.

3.4. Apresentação de resultados

Os valores nas Tabelas 13 a 15 foram obtidos com uma temperatura da fonte fria de 25 °C (foi escolhido esta temperatura a pensar no aquecimento da habitação, pois com temperatura de 25 °C no frigorígeno que passa no condensador ainda é possível aquecer a casa), o valor de 84 °C da fonte quente foi escolhida porque não é usual ter-se temperaturas muito maiores no coletor solar plano. No diagrama T-S o valor mais de baixo de temperatura vai corresponder ao ponto 1 da Fig. 5 e o valor de mais elevado de temperatura ao ponto 3 da Fig. 4.

Tabela 13 – Propriedades do R507.

R507	Entalpia [kJ.kg⁻¹]	Temperatura [K]	Entropia [kJ.kg⁻¹.K⁻¹]	Pressão [MPa]	Pressão [Bar]
Ponto 1	231	298	1,100	1,300	13
Ponto 2	231	298	1,100	3,500	35
Ponto 3	399	357	1,604	3,500	35
Ponto 4 (ideal)	380	306	1,604	1,300	13
Ponto 4 (real)	395	-	-	-	-

Tabela 14 - Propriedades do R134a.

R134a	Entalpia [kJ.kg⁻¹]	Temperatura [K]	Entropia [kJ.kg⁻¹.K⁻¹]	Pressão [MPa]	Pressão [Bar]
Ponto 1	234	298	1,121	0,670	6,700
Ponto 2	234	298	1,121	2,500	25,000
Ponto 3	440	357	1,720	2,500	25,000
Ponto 4 (ideal)	413	300	1,720	0,670	6,700
Ponto 4 (real)	421	-	-	-	-

Tabela 15 – Propriedades do R410a.

R410a	Entalpia [kJ.kg⁻¹]	Temperatura [K]	Entropia [kJ.kg⁻¹.K⁻¹]	Pressão [MPa]	Pressão [Bar]
Ponto 1	242	298	1,147	1,700	17
Ponto 2	242	298	1,147	2,600	26
Ponto 3	486	357	1,883	2,600	26
Ponto 4 (ideal)	463	328	1,906	1,700	17
Ponto 4 (real)	470	-	-	-	-

Nos cálculos, ver Tabelas 16 e 17 premeia-se a produção de elétrica em detrimento da produção de calor. À partir do valor de potência elétrica que é necessário produzir para colmatar as necessidades elétricas de Verão e Inverno, calcula-se o caudal de refrigerante à circular no ciclo de Rankine, para de seguida se calcular o calor perdido no condensador, disponível para as necessidades de aquecimento da casa.

Tabela 16 – Comparação dos diversos refrigerantes para temperaturas entre 25 °C e 84 °C, para necessidades de Verão.

	R410a	R134a	R507a
Energia calorífica por cada quilograma entre 4 e 3 [J/kg]	23200	26670	20959
Potência W_{4-3} [W]	1515	1515	1515
$\dot{m}_{\text{refrigerante}}$ [kg.s⁻¹]	0,065	0,057	0,072
Potência calorífica necessária no coletor solar Q_{3-2} [W]	15933	11643	12147
Potência de bombagem [W]	88	156	238
Potência calorífica no condensador Q_{1-4} [W]	14873	10441	11695
Rendimento térmico	0,095	0,130	0,125

Tabela 17 - Comparação dos diversos frigorigénios para temperaturas entre 25 °C e 84 °C, para necessidades elétricas de Inverno.

	R410a	R134a	R507a
Energia calorífica por cada quilograma entre 4 e 3 [J/kg]	23200	26670	20959
Potência W_{4-3} [W]	1184	1184	1184
$\dot{m}_{\text{frigorigénio}}$ [kg.s⁻¹]	0,051	0,044	0,056
Potência calorífica necessária no coletor solar Q_{3-2} [W]	12459	9105	9498
Potência de bombagem [W]	69	122	186
Potência calorífica no condensador Q_{1-4} [W]	11630	8164	9145
Rendimento térmico	0,105	0,150	0,142

A partir dos dados anteriores conclui-se que o frigorigénio mais adequado ao objetivo apresentado neste trabalho será o R134a, dado que proporciona o maior rendimento térmico.

3.4.2. Carga térmica Q_{CT} da fração solar de Verão

O frigorigénio utilizado nos cálculos será o R134a, escolhido no ponto anterior.

O gerador tem de produzir potência elétrica igual ou superior à necessidade elétrica de Verão que corresponde ao valor indicado na Tabela 10 de $P_p=0,954$ kW.

O caudal de frigorigénio perante as necessidades elétricas é de $0,057$ kg.s⁻¹ mediante a equação (3.0).

A potência térmica no condensador, de acordo com a equação (3.3), é de $10,441$ kW.

Potência calorífica recebida pelo ciclo Q_{3-2} é de $11,643$ kW mediante equação (3.2), que utiliza o caudal calculado na equação (3.0).

O caudal de água é calculado mediante a equação:

$$\dot{m}_{\text{água}} = \frac{Q_{3-2}}{c_p \times \Delta t} \quad (3.4)$$

Considerar-se-á que a potência absorvida pela água é igual à potência calorífica recebida pelo frigorigénio, $Q_{CT} = Q_{3-2}$, assume-se $\Delta t = 5$ °C, como $c_p = 4,180$ kJ.kg⁻¹.K⁻¹, o valor de caudal de água é de $0,557$ kg.s⁻¹.

A energia mensal que sai pelo condensador é obtida mediante Q_{1-4} , que está na Tabela 16, no caso do R134a. Este valor foi calculado por:

$$Q_{1-4} = 10441 \text{ W} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ dias} \times 3600 \text{ segundos} = 27063072000 \text{ J} \quad (3.5)$$

A quantidade de calor que sai do condensador no ciclo de Rankine excede as necessidades de aquecimento de Verão da habitação, que são de 324 MJ, ver Tabela 10.

A carga térmica Q_{CT} sobre o coletor solar vai ser igual à quantidade de calor que entra no ciclo de Rankine.

$$Q_{CT}(\text{Verão}) = 11643 \text{ W} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ dias} \times 3600 \text{ segundos} = 30178656000 \text{ J} \quad (3.6)$$

O valor de 11643 W é a potência Q_{3-2} , ver Tabela 16 para o R134a.

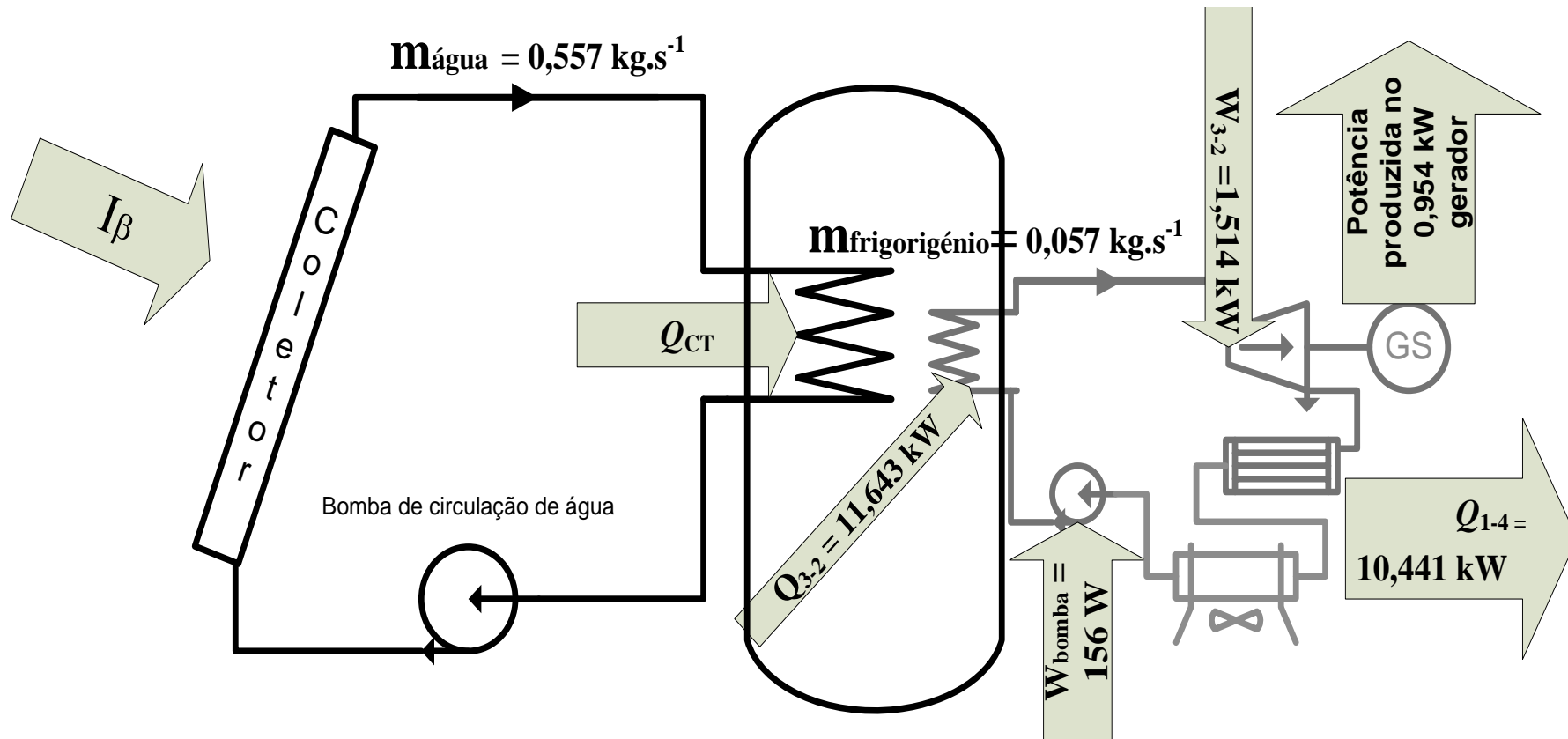


Figura 7- Diagrama de entrada e saída de calor no sistema Q_{CT} de Verão.

3.4.3. Carga térmica Q_{CT} da fração solar de Inverno

O gerador tem de produzir igual ou superior às necessidades elétrica de Inverno que corresponde ao valor indicado na Tabela 10 de $P_p=0,746$ kW.

O caudal de frigorígeno perante as necessidades elétricas é de $0,044 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ mediante a equação (3.0).

A potência térmica no condensador, de acordo com a equação (3.3), é de $8,164$ kW.

Potência calorífica recebida pelo ciclo Q_{3-2} é de $9,105$ kW mediante equação (3.2), que utiliza o caudal calculado na equação (3.0).

O caudal de água é calculado mediante a equação (3.4).

Considerar-se-á a potência absorvida pela água é igual à potência calorífica recebida pelo frigorígeno, $Q_{CT} = Q_{3-2}$, assume-se $\Delta t = 5$ °C, como o $C_p = 4,180 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, o valor de caudal de água é de $0,536 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

A energia mensal que sai pelo condensador é obtida mediante Q_{1-4} , que está na Tabela 17. Este valor foi calculado por:

$$Q_{1-4} = 8164 \text{ W} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ dias} \times 3600 \text{ segundos} = 21161088000 \text{ J} \quad (3.7)$$

A quantidade de calor que sai do condensador do ciclo de Rankine excede as necessidades de aquecimento de Inverno da habitação, que são de 2682 MJ, ver Tabela 10.

A carga térmica Q_{CT} sobre o coletor solar vai ser igual a quantidade de calor que entra no ciclo de Rankine.

$$Q_{CT}(\text{Inverno}) = 9105 \text{ W} \times 24 \text{ horas} \times 30 \text{ dias} \times 3600 \text{ segundos} = 23600160000 \text{ J} \quad (3.8)$$

O valor de 9105 W é a potência Q_{3-2} , ver Tabela 17 para o R134a.

O Q_{CT} (Verão) é utilizado nos meses de Junho a Setembro no cálculo da fração solar e Q_{CT} (Inverno) nos meses de Janeiro a Maio e de Outubro a Dezembro.

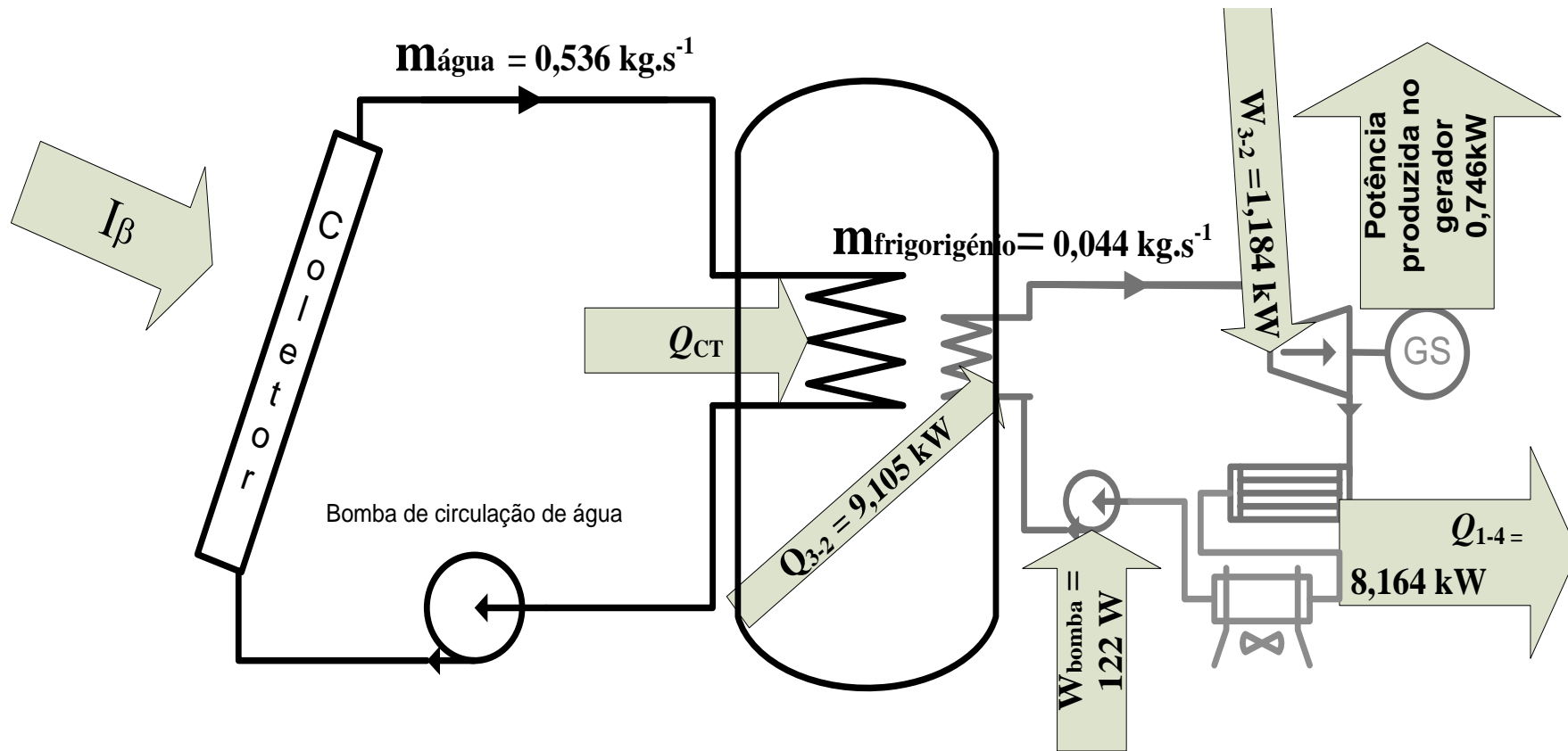


Figura 8 - Diagrama de entrada e saída de calor no sistema Q_{CT} de Inverno.

3.4.4. Torre de arrefecimento

No ciclo apresentado anteriormente verifica-se que o condensador vai ter de libertar uma quantidade de calor superior à quantidade de calor requerida pelo aquecimento da casa, quer para os meses de Verão quer para os meses de Inverno. Utilizar-se-á uma torre de arrefecimento para garantir a total condensação do frigorifénio no ponto 1, ver Fig. 6.

Funcionamento da torre

Após sair da turbina, o frigorifénio deverá passar por um permutador que transfira calor para casa e em seguida por serpentina colocada dentro da torre de arrefecimento. A condensação de frigorifénio deverá estar completa depois do frigorifénio passar pelo dito permutador e serpentina.

A torre de arrefecimento funcionará de modo que o frigorifénio passa dentro de uma serpentina e à volta da serpentina escoará saturado de humidade, à temperatura do bolbo húmido.

A torre de arrefecimento vai ter de dissipar, no máximo, para atmosfera uma potência calorífica máxima de 10,129 kW, ver Tabela 16.

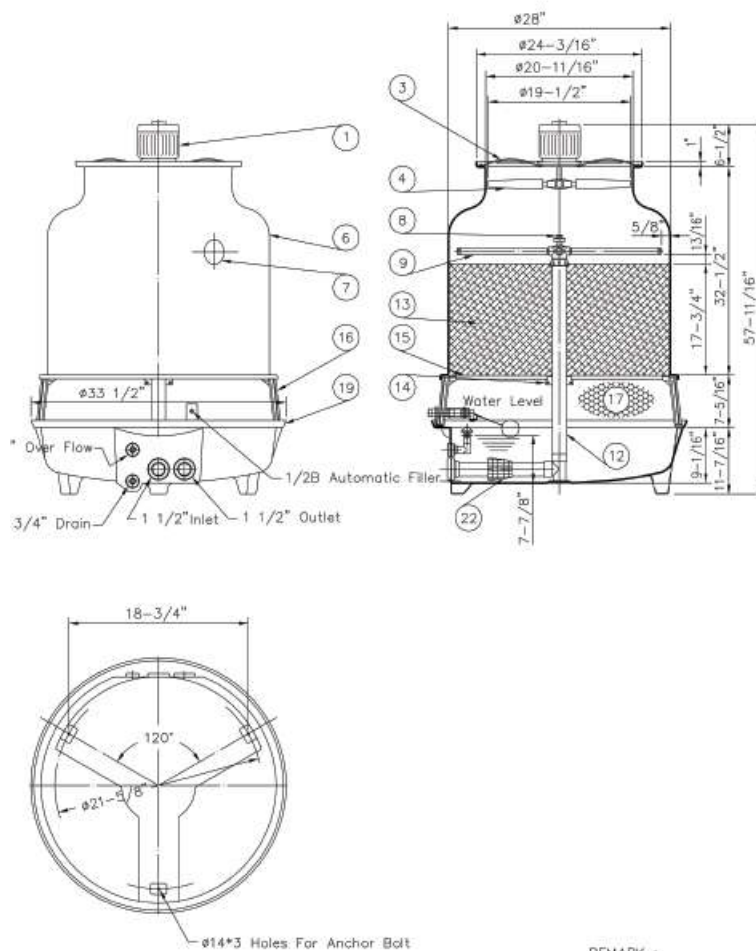
Purgador

À saída da serpentina da torre de arrefecimento deverá existir um purgador, tal como os que existem em instalações de vapor, que garanta a condensação total do frigorifénio à saída da torre de arrefecimento.

Um purgador de boia será a melhor escolha, pois não permite a saída de vapor e permite uma saída constante de condensado é muito usado para reter o vapor na saída de aparelhos de aquecimento [5].

O purgador escolhido será um de tipo boia da marca Klinger [6]. Estima-se que o seu custo seja de 50 euros [7]. As características do purgador são apresentadas no anexo C.

Em seguida mostra-se uma torre de arrefecimento adequada para instalação que se projectou.



Item	Description	Part no.	Weight	M.T	Specification	Qt'y
1	Fan Motor				1/6HP*6P	1pc
2						
3	Motor Frame Ass'y			HDGS		1pc
4	Fan			ABS	LSF-050	1set
5						
6	Casing			F.R.P		3pc
7	Hand Hole			E.V.A		1pc
8	Sprinkler Head			Nylon	LSH-040	1pc
9	Sprinkler Pipe			P.E		4pc
10						
11						
12	Stand Pipe			P.V.C		1pc
13	Filling			P.V.C		1set
14	Stopper or Column			P.P		1set
15	Filling Supporter			P.V.C		1set
16	Casing Supporter			Nylon		3pc
17	Inlet Louver			P.V.C		1set
18						
19	Water Basin			F.R.P		1pc
20						
21						
22	Strainer			P.E		1pc
23						
24						

Drain	20A(3/4")	Over Flow	25A(1 ")
Outlet	40A(1 1/2")		
Inlet	40A(1 1/2")	Automatic Filler	15A(1/2")
Pipe Connections			
Dry Weight	86 LBS	Operating Weight	251 LBS
Loading Data			
Ambient Wetbulb	75F	Air Volume	2,100 CFM
Outlet Water Temp	85F	Water Flow	15 G/MIN
Inlet Water Temp	95F	Cooling Capacity	75,000 BTU/HR
Design Condition			
Modified No.	Date	Modifier	Approver
		T-25	
TITLE	Cooling Tower Outline Drawing		C.T.S
Approved	Designed	MM	07-02-14
Checked	Drawn		DWG NO.

REMARK :
L.HDGS :Hot Dip Galvanized Steel

Figura 9 – Desenho e características da torre de arrefecimento T-25 [8].

A torre de arrefecimento custa 1383 dólares que corresponde aproximadamente a 1064 euros [9].

3.4.5. Armazenamento de energia elétrica em baterias

A habitação em determinadas horas tem picos de consumo de energia elétrica e noutras alturas consumos energéticos baixos. Conclui-se que a nossa instalação vai em determinadas horas do dia produzir em excesso e noutras não vai conseguir satisfazer o consumo.

Usar-se-á baterias para acumular energia. Durante as horas de menor consumo as baterias armazenam energia produzida em excesso e durante as horas de maior consumo as baterias fornecem a energia necessária.

Dimensionamento do banco de baterias

Para o cálculo é necessário saber a energia elétrica consumida diariamente. Esse valor é determinado multiplicando o valor de 0,954 kW, na Tabela 10, mais 15% desse valor, correspondente a perdas no inversor, que é 1,097 kW [10].

Assumiu-se um valor de autonomia de 3 horas, que multiplicado por 1,097 kW dá 3,291 kWh. Dividindo 3,291 kWh por 12V, que corresponde ao valor de tensão no banco de baterias, tem-se 274 Ah, ou seja, a capacidade do banco de baterias tem ser igual ou superior a 274 Ah.

A bateria escolhida possui as seguintes características:

- Estacionária;
- Constituída por 6 blocos de 2V cada um;
- Capacidade de 345 Ah;
- Preço de 640 €.

As vantagens das baterias estacionárias são grandes sobre as convencionais:

- · Regulação por válvulas;
- · Vida útil maior do que as convencionais, baterias ácido-chumbo, quando aplicadas em sistemas solares;
- · Alta fiabilidade;
- · Alta densidade de energia;

- · Livres de manutenção;
- · Baixa resistência na recarga;
- · Permitem até 90% de descarga;
- · Temperatura de trabalho de - 15° a + 45° C.

A capacidade da bateria escolhida é de 375 Ah, mediante o que foi dito anteriormente, o banco de baterias é constituído por 1 bateria. A escolha da bateria foi efetuada também tendo em conta o valor de euro/Ah mais baixo. O custo do banco de baterias é de 640 euros [11].

Controlador de carga

É um componente utilizado nos sistemas autónomos para gerir e controlar o processo de carga e descarga do banco de baterias.

Funções do controlador de carga:

- Aplicável aos vários tipos de baterias;
- Função MPPT, Maximum Power Point Tracker, função de detetar o ponto de máxima potência do painel e mediante isso entregar esta potência máxima na tensão da bateria, proporcionando, assim, um aumento substancial no rendimento do sistema;
- Microprocessador controlador de modulação por largura de pulso (PWM) de carga;
- Sensor de temperatura para compensação do carregamento das baterias;
- Proteção contra sobrecarga (automaticamente restabelecida);
- Proteção contra sobre descarga (automaticamente restabelecida);
- Proteção contra curto-circuito (automaticamente restabelecida);
- Proteção contra trovão;
- Proteção contra inversão de descarga;
- Proteção de conexão de inversão de polaridade (automaticamente restabelecida);
- Proteção contra sobretensão.

O dimensionamento do controlador de carga é feito dividindo o consumo de energia 0,954 kWh mais 15% desse valor de margem de segurança pela tensão de 12V, obtendo-se o valor de 99 A. O controlador de carga escolhido está definido para uma carga de corrente de 50 A, neste caso será preciso 2 controladores de corrente e por consequência 2 barramentos para ligar os controladores de corrente.

O controlar de carga foi Regulador Victron blue solar 40/50A mppt, com um custo de 245 euros [12].

Inversor de corrente

O inversor converte corrente alternada em contínua, para carregar as baterias e continua em alternada, que vai ser utilizada para alimentar os equipamentos da habitação. Faz-se o dimensionamento do inversor ao comparar o consumo em Wh da habitação com a capacidade real do inversor (Capacidade em W x FP). O inversor deve ter capacidade superior ao consumo.

A habitação tem um consumo médio num dia, do mês de Verão 0,954 Wh, logo o carregador/inversor tem de ser de uma potência ou energia superior e com entradas e saídas de 12 V e 220 V.

O carregador/inversor escolhido é o modelo de onda pura Inversor-Carregador Victron Centaur 2000W (12V), para uma potência de 2000 W [13]. Na escolha deste carregador/inversor teve-se em conta uma larga margem de segurança pois o valor de 0,954Wh é um valor médio.

Turbina /Gerador

Durante a pesquisa não se conseguiu encontrar uma turbina que utilize um frigorigénio como fluido de trabalho, por isso escolheu-se uma turbina hídrica para determinar um custo aproximado da turbina para o ciclo de Rankine.

No anexo C na Fig. 33 estão apresentadas as características da turbina e do gerador de potência de 1,5 kW. O valor do conjunto turbina mais gerador é de 800 euros.

4. Dimensionamento da instalação pelo método da fração solar

A potência de radiação solar incidente na Terra ronda 8×10^{16} W. O Sol tem $1,39 \times 10^9$ m de diâmetro; dista sensivelmente $1,5 \times 10^8$ de quilómetros do nosso planeta [14], estima-se que a sua temperatura à superfície seja de 5775 K e é considerado corpo negro.

Para o estudo subsequente é preciso quantificar a energia solar que um coletor solar recebe do Sol; as equações necessárias para isso serão apresentadas mais à frente.

4.1. Introdução à Radiação solar

Ao contrário da condução e convecção, a radiação térmica não depende do meio envolvente, pois é possível o transporte de energia em vácuo. A radiação solar tem distribuição espectral conforme representada na Fig.10, numa gama de comprimentos de onda que varia essencialmente entre os valores de 0,2 e os 3 μm .

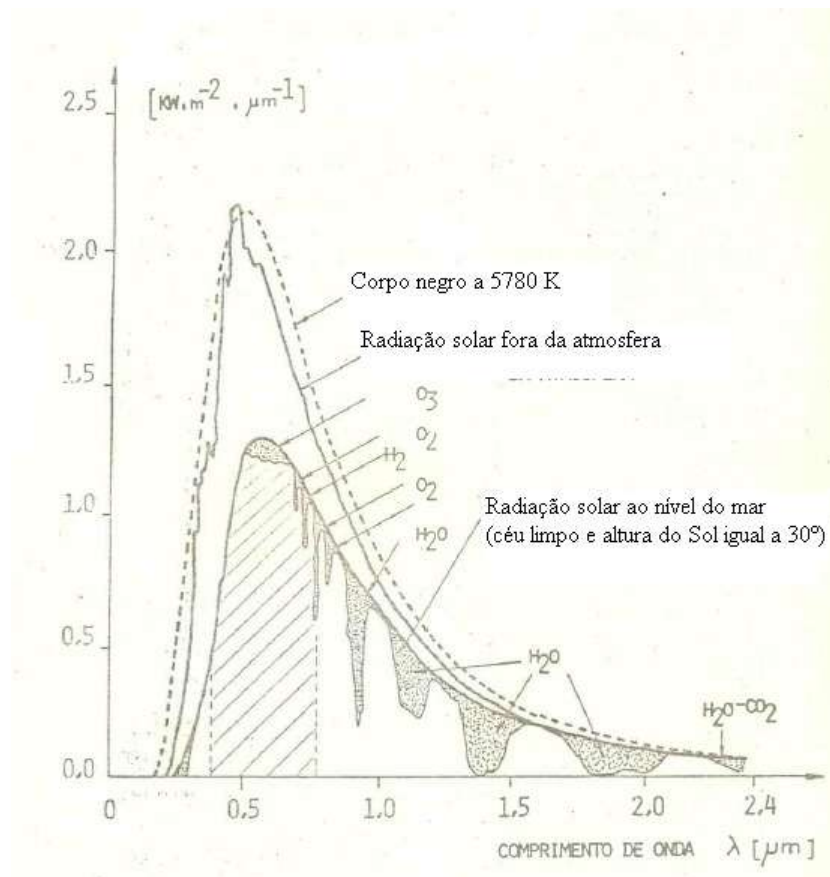


Figura 10 – Poder emissivo espectral hemisférico da radiação solar nos confins da atmosfera terrestre e sobre a superfície terrestre [14].

A constante solar é o total de potência térmica que atinge o limite superior da atmosfera na superfície, por unidade de área perpendicular aos raios solares. Essa constante tem o valor aproximado de 1367 W/m^2 .

De toda a radiação solar incidente no topo da atmosfera, apenas cerca de 47 % chega à superfície da Terra, 34 % é refletida para o espaço e 19 % é absorvida pela atmosfera.

A radiação solar disponível na Terra divide-se em três tipos: direta, difusa e refletida ou albedo. A radiação direta provém diretamente do Sol; a difusa inclui a difusão de radiação solar por moléculas de ar (difusão de Rayleigh) e por partículas de pó e contaminantes do ar (difusão de Mie); por fim a radiação refletida ou albedo provém de superfícies assentes na Terra.

O símbolo S será aplicado à radiação direta; o símbolo D será aplicado à radiação difusa; e o símbolo L será aplicado ao albedo.

A radiação global é dada pela seguinte equação [14]:

$$G = S + D \text{ [} J \cdot m^{-2} \text{]}. \quad (4.1)$$

A irradiação de uma superfície é a soma [14]:

$$I = S + D + L [J.m^{-2}]. \quad (4.2)$$

A radiação direta, difusa e a refletida podem ser instantâneas, diárias ou mensais. A irradiação é a soma da radiação da instantânea, diária ou mensal. Os valores de radiação direta instantâneos, horários médios mensais, diários e diários médios mensais serão simbolizados por S^i , S^{hm} , S^d e S^{dm} ; os valores de radiação difusa instantâneos, horários médios mensais, diários e diários médios mensais serão simbolizados por D^i , D^{hm} , D^d e D^{dm} ; os valores de albedo instantâneos, horários médios mensais, diários e diários médios mensais serão simbolizados por L^i , L^{hm} , L^d e L^{dm} .

As fórmulas que se vão apresentar serão utilizadas no cálculo da irradiação sobre o coletor solar; essa irradiação permitirá saber a quantidade de energia solar convertida em energia térmica.

Constante solar

A expressão seguinte dá o valor médio diário da constante solar fora da atmosfera numa superfície normal aos raios solares, S_{on} , expressa em $W.m^{-2}$, em função do dia n do ano [14]:

$$S_{on} = 1367 \left(1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) [W.m^{-2}]. \quad (4.3)$$

Declinação do Sol

A declinação do Sol é o ângulo entre o raio vector Sol-Terra e o plano do equador celeste, e é dada pela seguinte fórmula de P. Copper [14]:

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen} \left(360 \frac{284+n}{365} \right). \quad (4.4)$$

Duração do dia

Durante o ano pode-se verificar que existe um maior número de horas solares no Verão do que de Inverno. A duração do dia é calculada com a seguinte fórmula, que entra em conta com a declinação do Sol e da latitude do lugar [14]:

$$DD = \frac{2}{15 \operatorname{arccos}(-\operatorname{tag} \delta \operatorname{tag} \Phi)} [h]. \quad (4.5)$$

Ângulo de horário do pôr-do-sol

O ângulo de horário do pôr-do-sol pode ser definido por [14]:

$$Ho = \operatorname{arccos}(-\operatorname{tag} \delta \operatorname{tag} \Phi). \quad (4.6)$$

Radiação solar extraterrestre sobre superfície horizontal

O cálculo da energia média diária, S_{oh}^d , em $J.m^{-2}$, que incide numa superfície horizontal, colocada fora da atmosfera terrestre, é calculado pela seguinte expressão [14]:

$$S_{oh}^d = \frac{24 \times 3600}{\pi} 1367 \left[1 + 0.033 \cos \left(\frac{360n}{365} \right) \right] \cdot \left[\cos \Phi \cos \delta \sin H_o + \frac{2\pi H_o}{360} \sin \Phi \sin \delta \right] [J.m^{-2}]. \quad (4.7)$$

Índice de claridade K_T

O índice de claridade K_T indica a transparência da atmosfera. Em dia completamente nublado o valor de K_T é nulo e em dia completamente claro K_T é um. O índice de claridade K_T é definido como [14]:

$$K_T = \frac{G_h}{S_{oh}}. \quad (4.8)$$

que pode ser instantâneo, diário ou mensal. Os valores do índice de claridade estão tabelados como podemos ver na Figura 11.

Valores diários médios mensais do índice de claridade K_T^{dm} para várias cidades portuguesas.

	Bragança	Coimbra	Évora	Faro	Lisboa	Porto
Janeiro	0,437	0,503	0,463	0,527	0,510	0,465
Fevereiro	0,518	0,552	0,524	0,572	0,563	0,522
Março	0,535	0,554	0,529	0,585	0,572	0,545
Abril	0,588	0,583	0,589	0,643	0,620	0,619
Mai	0,615	0,573	0,612	0,673	0,632	0,617
Junho	0,635	0,571	0,641	0,692	0,663	0,641
Julho	0,702	0,615	0,699	0,714	0,709	0,674
Agosto	0,676	0,620	0,676	0,694	0,696	0,659
Setembro	0,608	0,582	0,603	0,664	0,640	0,604
Outubro	0,535	0,572	0,551	0,605	0,588	0,554
Novembro	0,491	0,537	0,493	0,542	0,535	0,498
Dezembro	0,411	0,546	0,472	0,528	0,508	0,475

Figura 11 – Valores médios de índice de claridade [14].

Através da fórmula do índice claridade podemos calcular a radiação global [14]:

$$G_h^{dm} = K_T^{dm} * S_{oh}^{dm} [J.m^{-2}]. \quad (4.9)$$

Quocientes D_h^d/G_h^d e D_h^{dm}/G_h^{dm} .

Existe uma relação entre o índice de claridade e os quocientes entre a radiação difusa e radiação global. A relação entre os quocientes e índice de claridade pode ser aproximada pelas seguintes correlações:

$$\begin{aligned} \frac{D_h^d}{G_h^d} &= 0,99 \text{ se } K_T^d \leq 0,17, \\ \frac{D_h^d}{G_h^d} &= 1,188 - 2,727K_T^d + 9,473(K_T^d)^2 - 21,8652(K_T^d)^2 \\ &\quad + 14,648(K_T^d)^4 \text{ se } 0,17 \leq K_T^d \leq 0,75, \\ \frac{D_h^d}{G_h^d} &= 0,54K_T^d + 0,632 \text{ se } 0,75 \leq K_T^d \leq 0,80, \\ \frac{D_h^d}{G_h^d} &= 0,2 \text{ se } K_T^d \geq 0,80. \end{aligned} \tag{4.10}$$

A relação entre a radiação difusa diária mensal e a radiação global diária mensal está indicado nas correlações do gráfico da Fig. 12.

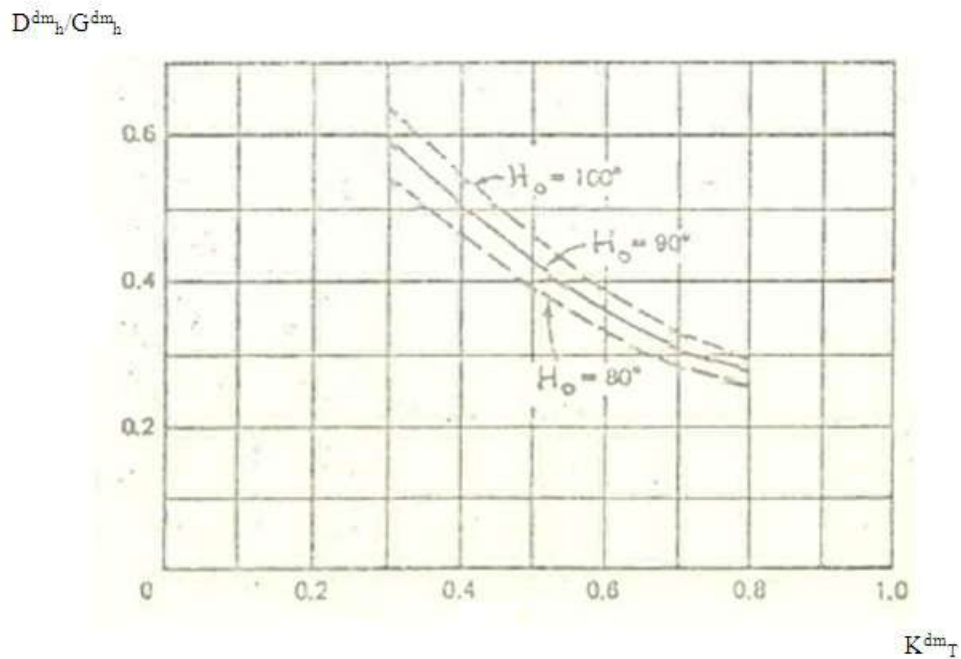


Figura 12 - Correlações D_h^{dm}/G_h^{dm} , em função de K_T

A correlação indicada na Fig. 12 é aproximada pela seguinte equação:

$$\begin{aligned} \frac{D_h^{dm}}{G_h^{dm}} &= 0,775 + 0,00653 \times (H_0 - 90) - (0,505 + 0,00455 \times (H_0 - 90)) \times \\ &\quad \text{COS}((115 \times K_T - 103)). \end{aligned} \tag{4.11}$$

Radiação incidente sobre uma superfície inclinada relativamente à horizontal

A radiação total incidente sobre uma superfície pousada na Terra e inclinada com o ângulo β relativamente à horizontal, I_β , relaciona-se com a radiação global incidente sobre uma superfície horizontal pousada na Terra, G_h , mediante [14]:

$$R = \frac{I_\beta}{G_h}. \quad (4.12)$$

A radiação direta, difusa ou de albedo incidentes podem ser relacionadas entre o ângulo β e a radiação incidente homónima sobre uma superfície horizontal através das seguintes equações [14]:

$$R_S = \frac{S_\beta}{S_h}. \quad (4.13)$$

$$R_D = \frac{D_\beta}{D_h}. \quad (4.14)$$

$$R_L = \frac{L_\beta}{L_h}. \quad (4.15)$$

Através da conjugação das fórmulas (4.12) e (4.13), (4.14) e (4.15) obtêm-se a seguinte expressão [14]:

$$R = \frac{I_\beta}{G_h} = \frac{S_h R_S + D_h R_D + L_h R_L}{G_h}. \quad (4.16)$$

O valor de R_S diário médio mensal é dado, para superfícies pousadas no hemisfério norte e orientadas a sul, por [14]:

$$R_S^{dm} = \frac{\cos(\Phi - \beta) \cos \delta \cdot \text{sen} H_o^{\text{min}} + \pi / 180 H_o^{\text{min}} \text{sen}(\Phi - \beta) \text{sen} \beta}{\cos \Phi \cos \beta \text{sen} H_o + \pi / 180 H_o \text{sen} \Phi \text{sen} \beta}. \quad (4.17)$$

em que H_o^{min} é igual ao valor mínimo dentre o valor de $\arcsin(-\text{tag} \Phi \text{tag} \delta)$ e o valor de $\arcsin[-\text{tag}(\Phi + \beta) \text{tag} \delta]$ [2]:

O valor de R_D é dado por [14]:

$$R_D = \frac{1 + \cos \beta}{2}. \quad (4.18)$$

O valor de R_L é dado por [14]:

$$R_L = \frac{1 - \cos \beta}{2}. \quad (4.19)$$

Como $S_h^{dm} = G_h^{dm} - D_h^{dm}$ e $L_h^{dm} = \rho G_h^{dm}$, em que ρ é o coeficiente de reflexão total hemisférico dos edifícios, da vegetação e solo que circundam o coletor, então R^{dm} é dado, a partir da equação [14]:

$$R^{dm} = \left(1 - \frac{D_h^{dm}}{G_h^{dm}}\right) R_S^{dm} + \frac{D_h^{dm}}{G_h^{dm}} \left(\frac{1+\cos\beta}{2}\right) + \rho \left(\frac{1-\cos\beta}{2}\right). \quad (4.20)$$

4.1.1. Energia Solar em Portugal

Portugal, devido à sua localização, possui elevado número horas de insolação por ano, o que torna o aproveitamento da energia solar de extrema relevância.

A Carta de Insolação de Portugal Continental retratada na Fig. 13 foi preparada pelo Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, atualmente denominado por Instituto de Meteorologia, IP Portugal, com base nos valores médios obtidos no período entre 1931 e 1960 [15].

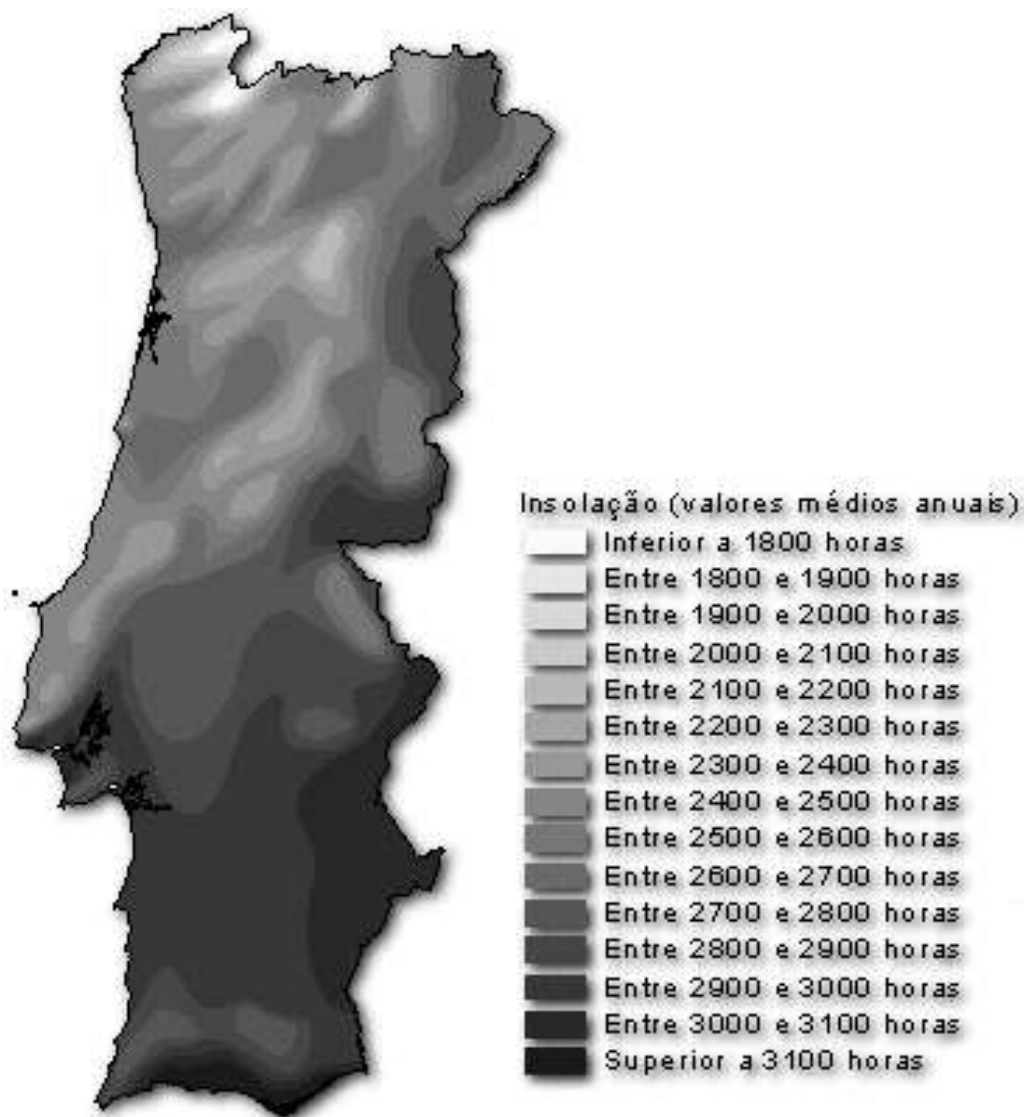


Figura 13 – Carta de insolação Portugal Continental [15].

Em Portugal podemos ver uma variação na radiação global que aumenta de norte para sul como indicado na Fig. 13. O Algarve é a região com maior número de horas de Sol e consequentemente com o maior índice de radiação global; à medida que nos deslocamos para sul mais atrativa se torna a utilização da energia solar.

4.1.2. Coletores Solares

Os coletores solares captam energia proveniente do Sol e transferem-na para fluidos como água ou ar. Por seu turno, estes fluidos aquecidos com a energia solar podem ser usados para fornecer calor em habitações, nomeadamente em banhos, aquecimento ambiente, aquecimento de piscinas, etc. Num coletor solar coexistem três tipos de processos de transferência de calor, que são condução, convecção e radiação.

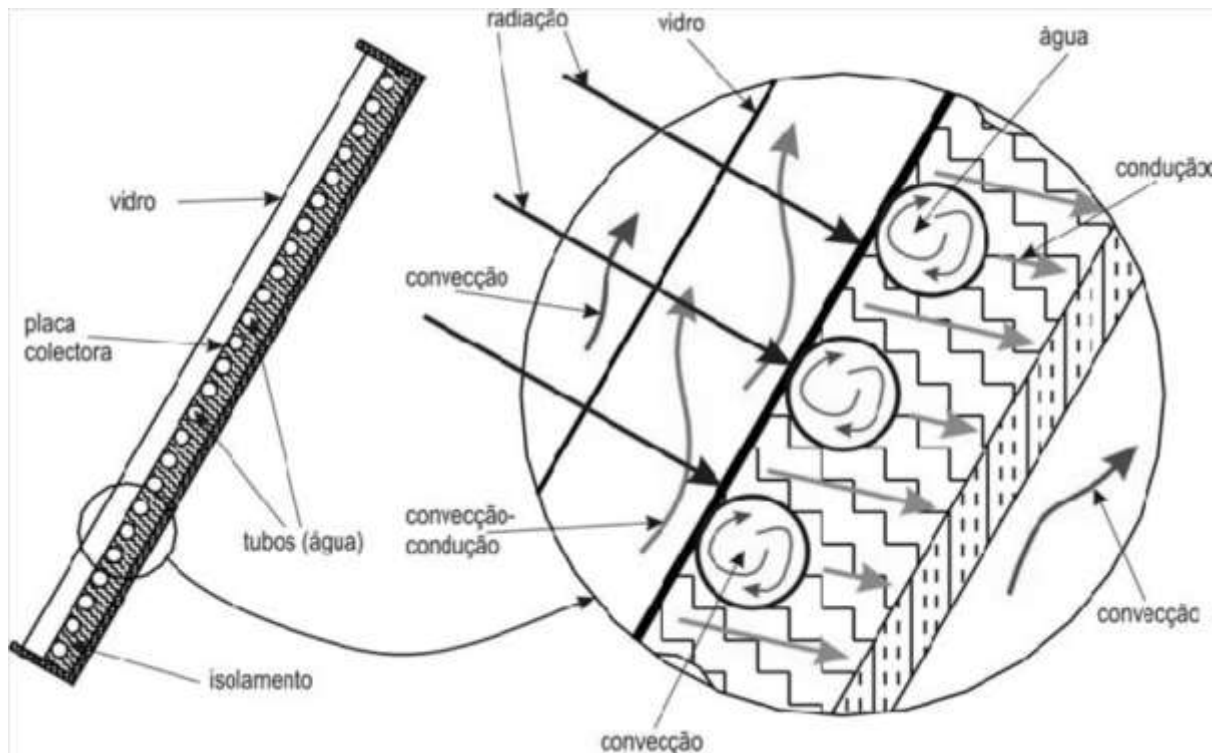


Figura 14 – Mecanismos de transferências de calor num coletor solar [16].

O coletor solar deve garantir o mínimo de perdas por convecção, radiação e condução para exterior. Um coletor solar deve ter uma superfície absorvedora com elevado coeficiente de absorção na gama de comprimentos de onda de 0,3 a 3 μm para maximizar a absorção da energia solar que sobre si incide; é isolado termicamente, de modo a ter reduzidas perdas por convecção e condução; tem placa absorvedora com baixa emissibilidade para comprimentos de onda acima de 3 μm .

Neste trabalho serão considerados coletores solares planos. Na Fig. 15 apresentada em baixo, temos a figura do coletor plano escolhido para em instalação, com a enunciação dos seus componentes.

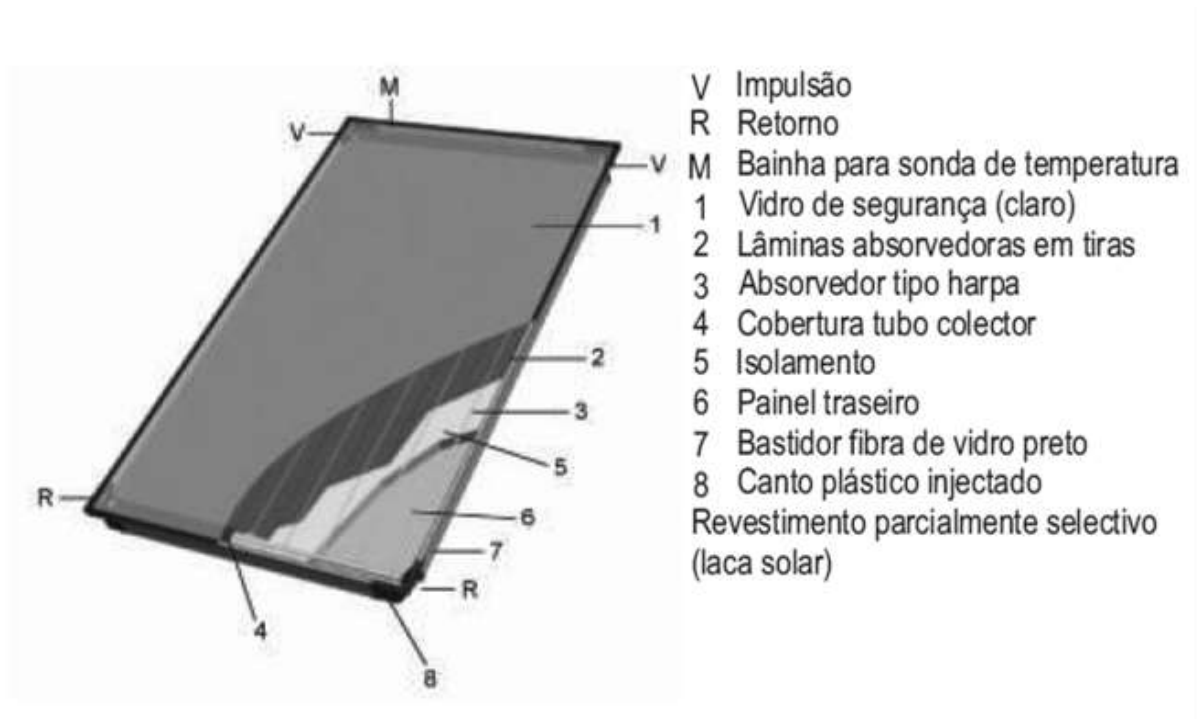


Figura 15 - Constituintes do coletor solar do painel solar SKE 2.0 [1].

Vantagens dos coletores planos relativamente a outros coletores:

- Mais barato que um coletor de vácuo e parabólico composto.
- Tem múltiplas opções de montagem: sobre o telhado, integrado no telhado, montado na fachada e de instalação livre.
- Tem boa relação de preço/desempenho.
- Permite montagem simples (módulos de construção de coletor).

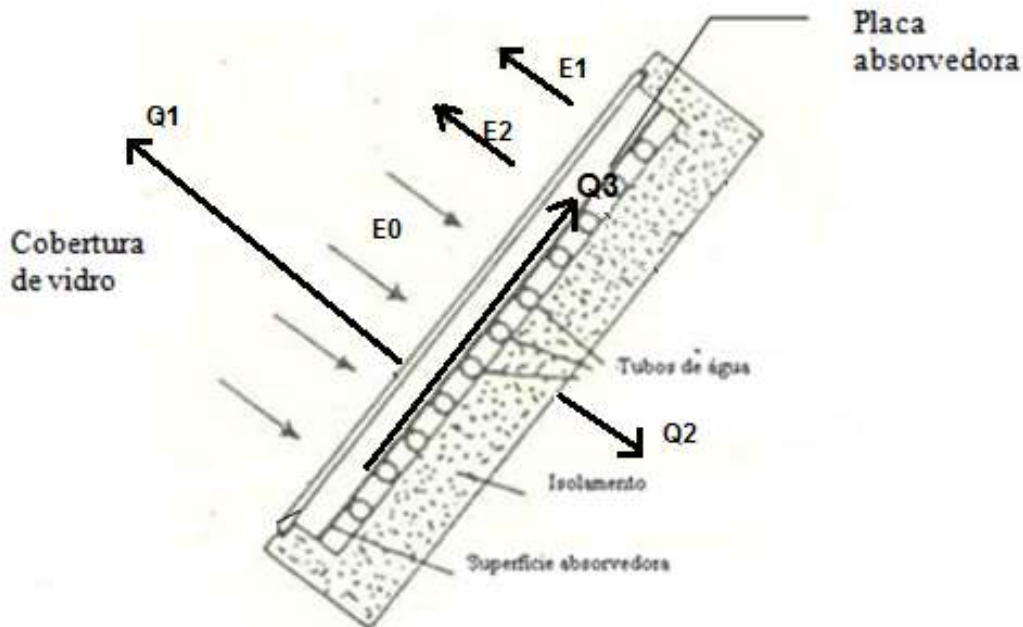
Desvantagens dos coletores planos relativamente a outros coletores:

- Tem menor eficiência em relação aos coletores de vácuo e coletores parabólicos compostos (CPCs).
- Exige mais espaço no telhado do que os coletores de vácuo.

A irradiação (E_0), ver Fig.16, atinge a cobertura transparente e antes de entrar no coletor uma pequena parte da energia (E_1) é refletida, pelas superfícies interna e externa do vidro. A superfície seletiva do absorsor também reflete uma pequena parte da luz (E_2).

Com um bom isolamento térmico no coletor, tal como a lã mineral e/ou poliuretano sem CFC, as perdas de energia (Q_1) são reduzidas ao mínimo possível. A cobertura transparente tem a função de reduzir perdas na superfície do absorsor, através da radiação e convecção (Q_2).

Assim, da irradiação de energia solar (E_0) e retirando os diferentes tipos de perdas (E_1 , E_2 , Q_1 e Q_2) fica o calor remanescente (Q_3) que está disponível para ser utilizado no sistema [16].



Q_2 perdas térmicas, Q_3 quantidade de calor disponível [16].

A transmissibilidade da cobertura de vidro e o coeficiente de absorção da placa absorvedora serão designados respectivamente por τ e α , e devem ser o mais próximo possível de 1 (valor máximo). A transmissibilidade e o coeficiente de absorção na direção perpendicular à superfície do coletor são definidos por τ_n e α_n . Definem-se os seguintes produtos: $(\tau\alpha)_s$ para radiação direta; $(\tau\alpha)_D$ para radiação difusa; $(\tau\alpha)_L$ para o albedo. A radiação solar absorvida pela placa absorvedora é [14]:

$$I_\beta(\tau\alpha) = S_\beta(\tau\alpha)_S + D_\beta(\tau\alpha)_D + L_\beta(\tau\alpha)_L \quad [J \cdot m^{-2}]. \quad (4.21)$$

Ao introduzir as equações (4.13), (4.14), (4.15) e $L_h = \rho G_h$ na equação anterior tira-se que [14]:

$$I_\beta(\tau\alpha) = R_S S_h(\tau\alpha)_S + R_D D_h(\tau\alpha)_D + \rho G_h R_L(\tau\alpha)_L \quad [J \cdot m^{-2}]. \quad (4.22)$$

Para estabelecer $(\tau\alpha)_S$ começa-se por encontrar pelo gráfico da Fig. 17, o valor do ângulo de incidência diário médio mensal entre os raios solares de radiação direta e a normal ao coletor solar; com esse ângulo tira-se τ/τ_n a partir da Fig.18 e α/α_n a partir da Fig. 19. Com

o valor do ângulo de incidência diário médio mensal e mediante o coletor seja de 1, 2 ou 3 coberturas de vidro sobrepostas, estabelece-se a partir destes dados os valores de τ/τ_n .

Os raios de radiação difusa e de albedo não têm direção definida. Para achar $(\tau\alpha)_D$ e $(\tau\alpha)_L$ começa-se por assumir que o valor do ângulo de incidência diário médio mensal entre os raios solares de radiação difusa ou albedo e a normal ao coletor solar é 60° , com esse ângulo tira-se τ/τ_n , a partir da Fig. 18 e α/α_n a partir da Fig. 19. O valor de $(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$ será determinado a partir da equação (4.22) divide-se essa equação por $I_\beta(\tau\alpha)_n$ em que se obtêm [14]:

$$\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} = \frac{R_S S_h(\tau\alpha)_S}{I_\beta(\tau\alpha)_n} + \frac{R_D D_h(\tau\alpha)_D}{I_\beta(\tau\alpha)_n} + \frac{\rho G_h R_L(\tau\alpha)_L}{I_\beta(\tau\alpha)_n} \quad (4.23)$$

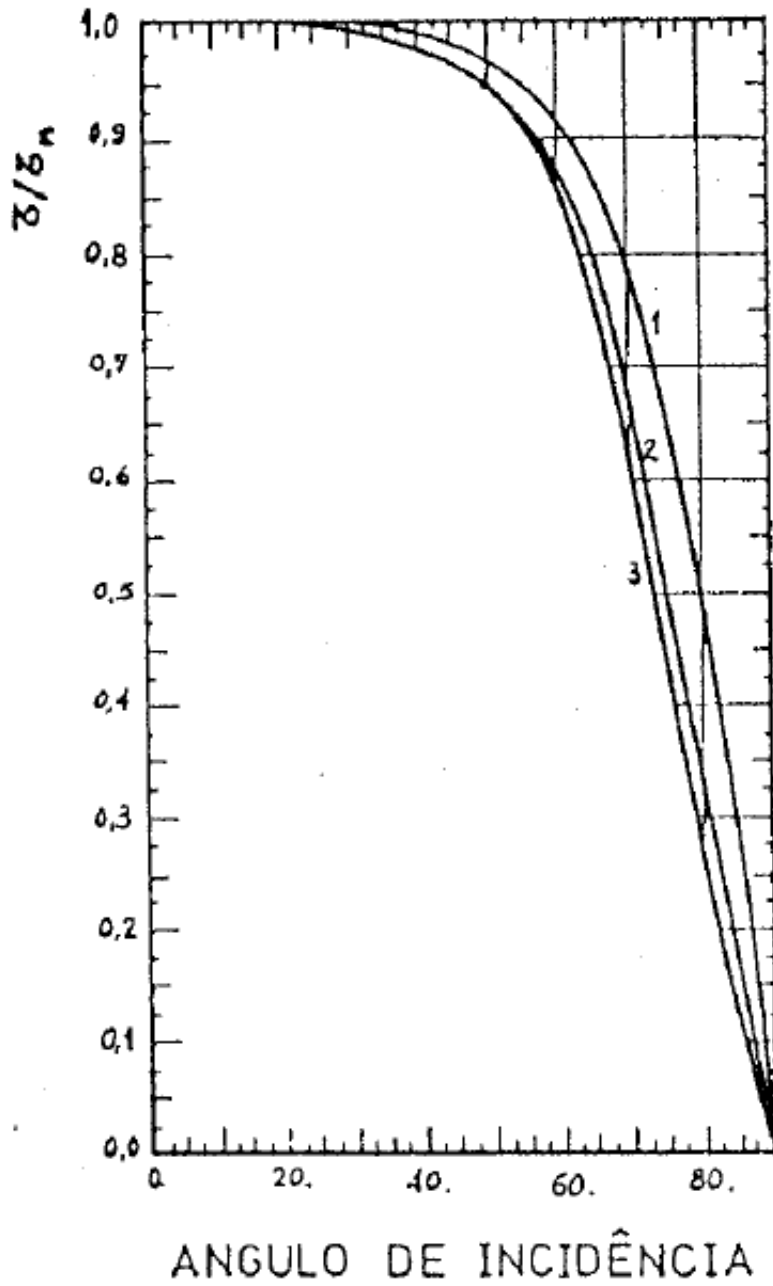


Figura 18 – Valores de τ/τ_n para coletores com 1, 2 ou 3 coberturas de vidro sobrepostas, considerando-se $\tau_n=0,88$ [14].

Os valores α/α_n são determinados pelo gráfico da Fig. 19, através do valor do ângulo de incidência diário medio mensal no eixo das ordenadas.

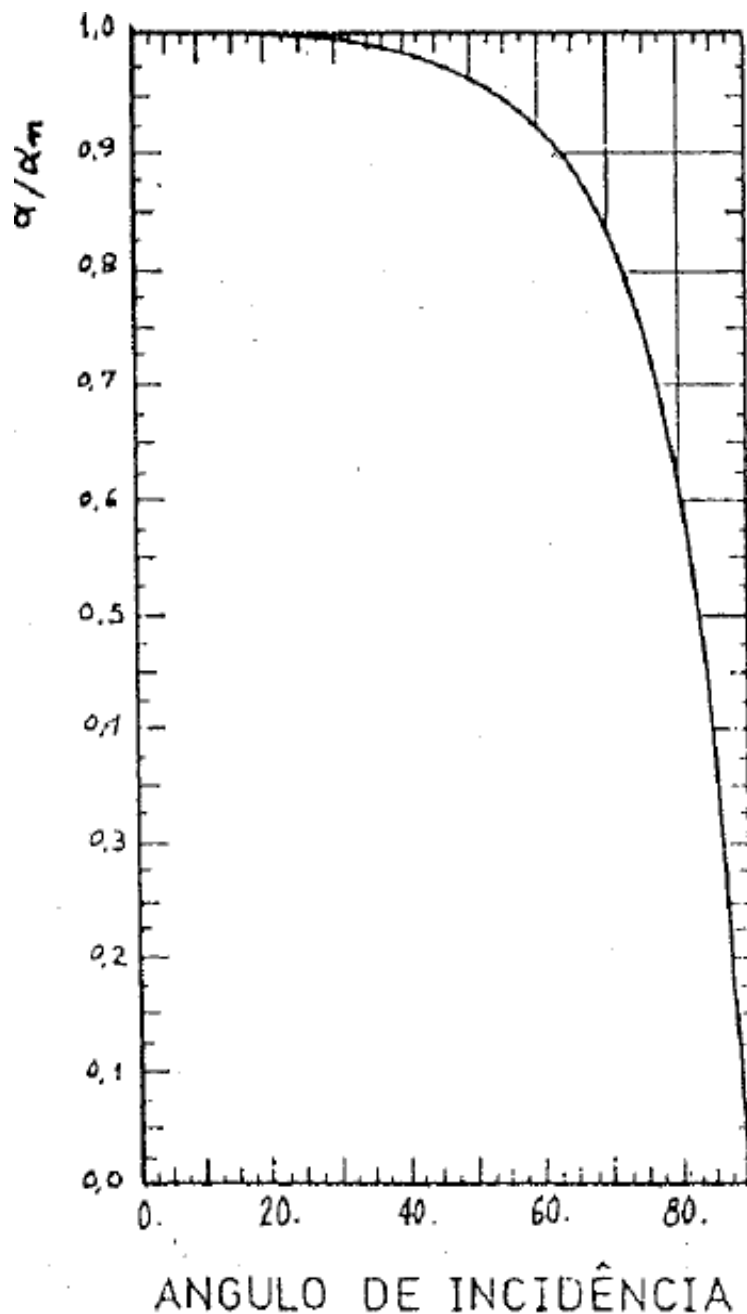


Figura 19 - Valores de α/α_n . Considerar-se-á aqui que $\alpha_n=0,94$ [14].

Ângulo de inclinação e orientação de um coletor solar

Os coletores solares podem funcionar só durante uma parte do ano, ou então todo o ano. No gráfico seguinte são mostrados os valores recomendados para o ângulo β de inclinação de coletores solares em relação ao solo, que são dados em função da latitude do lugar onde os coletores são instalados e do tipo de utilização, sazonal ou anual. Os ângulos de inclinação β indicados maximizam a captação de energia solar nos coletores.

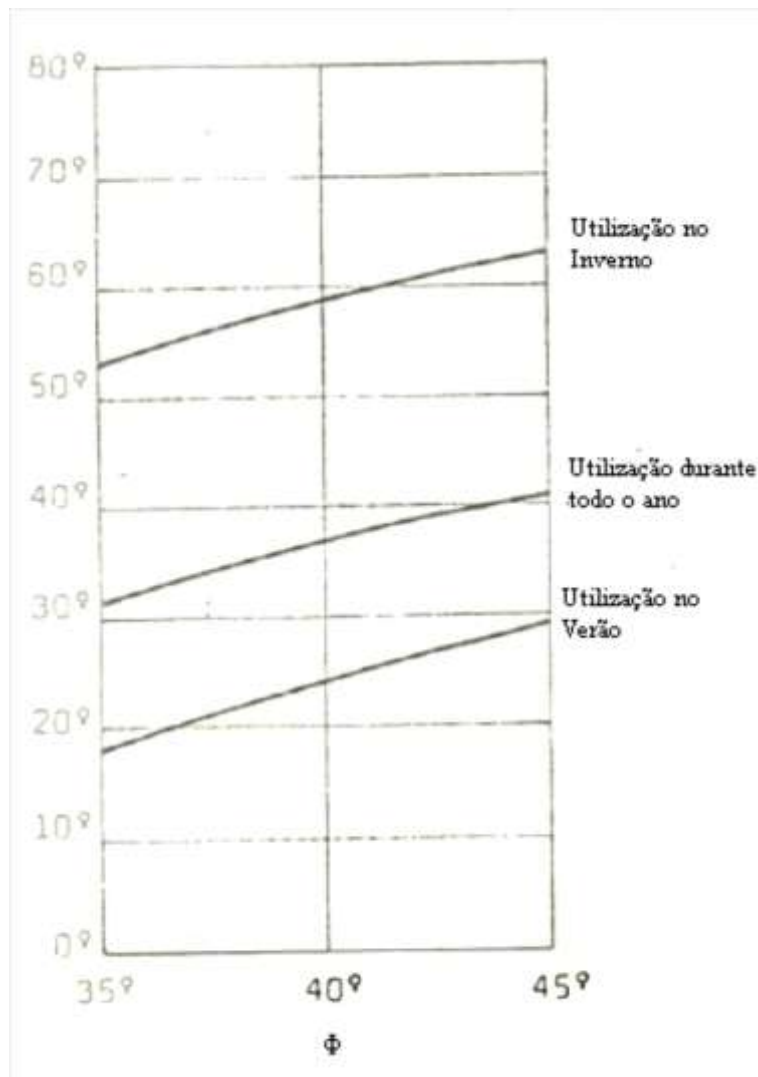


Figura 20 – Valores recomendados para o ângulo β , em função da latitude e do tipo de utilização anual ou sazonal [14].

A colocação dos coletores deve ter orientação a sul, ou próximo do sul no hemisfério norte com desvio máximo de $\pm 10^\circ$.

4.1.3. Fração solar

O caso em estudo consiste numa residência, cuja carga térmica é a energia necessária para por o ciclo de Rankine a produzir a eletricidade necessária. Parte da carga térmica da residência será suprida com energia solar; o resto da energia requerida será suprido com uma caldeira elétrica. Define-se fração solar como a fração da carga térmica e consumo de energia elétrica que é suprida pelos coletores solares.

O método da fração solar aplica-se ao dimensionamento dos coletores solares; está sujeito à restrição que a temperatura mínima de fornecimento de água ao sistema seja de 20°C .

Para aplicar o método da fração solar (i) considera-se um sistema termodinâmico, neste caso uma habitação T3, ligada a uma instalação de coletores solares, e (ii) calculam-se as necessidades energéticas mensais/cargas térmicas;

A fração solar pode ser definida mensalmente ou anualmente conforme seja a energia captada mensalmente ou anualmente e carga térmica mensal ou anual.

$$f = \frac{Q}{Q_{CT}} \quad (4.24)$$

A fração solar pode relacionar-se com as perdas térmicas da instalação solar, mediante o parâmetro X , e a energia solar recolhida pela instalação, mediante o parâmetro Y [2].

$$X = F_R U \left(\frac{F'_R}{F_R} \right) (T_{ref} - T_a) N_{segundos} \frac{A_{CS}}{Q_{CT}} \quad (4.25)$$

$$Y = F_R (\tau\alpha)_n \left(\frac{F'_R}{F_R} \right) \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} I_\beta N_{dias} \frac{A_{CS}}{Q_{CT}} \quad (4.26)$$

O valor de f mensal tem por base a fórmula seguinte para instalações em que o fluido seja líquido [14]:

$$f = 0,29Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3 \quad (4.27)$$

em que $0 < Y < 3$ e $0 < X < 18$.

Para meses em que f seja maior 1 assume-se que o f é igual a 1.

O método da fração solar tem as seguintes limitações; $(\tau\alpha)_n$ deve ser entre 0,6 e 0,9; $F'_R A_{CS}$ entre 5 e 120 m²; U entre 2,1 e 8,3 W.m⁻².K⁻¹; β entre 30° e 90° ; perdas térmicas do edifício a aquecer entre 83 e 667 W.K⁻¹ [2].

A fração solar aumenta com o aumento de Y mantendo constante X e diminui mantendo constante Y e aumentando X .

A área ótima de coletores solares corresponde ao tempo mínimo de amortização do investimento; para calcular essa área vai adotar-se o seguinte procedimento:

- Calculam-se as cargas térmicas mensais requeridas;
- Escolhe-se uma área de coletores solares;
- Obtêm-se os valores mensais de X e Y ;
- Calcula-se a fração solar anual;
- Determina-se o custo de exploração da instalação de aquecimento que incluem os custos de manutenção e os custos da utilização de outras fontes de energia para suprir as necessidades quando a captação solar for insuficiente;
- Calculam-se as poupanças de energia que se obtêm com a instalação solar em relação a outra instalação de aquecimento convencional.

O processo é repetido para várias áreas de coletores solares até se obter a área com o tempo de amortização menor.

Caso a instalação não esteja de acordo com as limitações indicadas anteriormente será preciso fazer certas correções. O método da fração solar tem implícito que haja 75 litros de líquido armazenado por metro quadrado de área de captação. Se o volume de líquido armazenado por área de coletor for diferente de 75 L.m^{-2} , tem-se que o valor de X deve ser corrigido de acordo com a seguinte fórmula [14],

$$\frac{X_{\text{corrigido}}}{X} = \left(\frac{M^{-0,25}}{75^{-0,25}} \right), \quad (4.28)$$

em que M é o valor realmente usado do volume de líquido por área de captação, expresso em L.m^{-2} , e deve ser tal que $37,5 \text{ L.m}^{-2} < M < 300 \text{ L.m}^{-2}$.

Com armazenamento de energia térmica em godos, o método da fração solar f sugere que, de forma a ter-se bom desempenho da instalação solar, haja 0,25 metros cúbicos de godos dentro do depósito de armazenamento por metro quadrado de área de captação. Os valores da fração solar calculados nas fórmulas anteriores têm implícito que haja 0,25 metros cúbicos de godos por metro quadrado de área de captação. Se o volume de godos armazenado por área de coletor for diferente de $0,25 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}$, tem-se que o valor de X deve ser corrigido de acordo com [14],

$$\frac{X_{\text{corrigido}}}{X} = \left(\frac{V^{-0,3}}{0,25^{-0,3}} \right), \quad (4.29)$$

em que V é valor realmente usado do volume de godos por área de captação, expresso em $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$, e deve ser tal que $0,125 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} < V < \text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2}$.

4.2. Cálculos efetuados da fração solar

Para definir a radiação solar recebida é preciso definir a localização. Escolheu-se a cidade do Porto em Portugal continental que possui uma latitude $\Phi = 41^\circ$.

Os cálculos efetuados basearam-se na teoria e nas fórmulas apresentadas no ponto anterior. Primeiro foi calculado a quantidade de irradiação que o coletor solar recebe; dessa irradiação uma parte é convertida em energia térmica, ou seja, a quantia de energia solar que realmente contribui para necessidades energéticas do sistema.

Para o cálculo da fração solar definiram-se certos parâmetros:

- Localização do coletor solar na cidade do Porto, latitude $\Phi = 41^\circ$;
- Inclinação do coletor solar $\beta = 35^\circ$;
- Permutador de calor entre o coletor e o depósito $F'R/FR = 0,97$;
- Coeficiente global de perdas do coletor $5,773 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;
- $F_R U = 7,84 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$;
- $F_R(\tau\alpha)_n = 0,81$;
- $\rho = 0,1$.

O cálculo da quantidade de irradiação que o coletor recebe, será o ponto de partida para o cálculo para fração solar. A irradiação solar está relacionada com a posição do coletor e inclinação do coletor, entre outros. Os cálculos efetuados foram feitos numa folha de cálculo, dada a sua dimensão as folhas de cálculos encontram-se no anexo A para melhor visualização.

Os cálculos efetuados para fração solar iniciam-se na Tabela 26, onde se determina S_{oh}^{d} , mediante a equação (4.7), na 9ª coluna. O valor de S_{oh}^{d} vai depender do cálculo de δ e H_o pela equação (4.4) e (4.6), a conversão de S_{oh}^{d} , de $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ em W é feito ao dividir o valor inicial

em joule por metro quadrado por 24 horas e 3600 segundos. O valor DD também presente na Tabela 26 foi calculado pela equação (4.5) e também está presente o número de dias do ano na coluna 3. Cada um dos valores da Tabela 26 foram calculados para todos os dias do mês de Janeiro. Foram construídas tabelas iguais para todos os meses do ano que correspondem as Tabelas 27 a 37.

Os valores da Tabela 38 foram calculados após a determinação dos valores das Tabelas 26 a 37. O valor S_{oh}^{dm} , Ho e δ^{dm} são calculados pela elaboração da média diária mensal feita nos valores das Tabelas 26 a 37. Os valores G_h^{dm} foram obtidos pela multiplicação de S_{oh}^{dm} , da 3ª coluna, e K_T^{dm} , da 5ª coluna, conforme a equação (4.8). A 7ª coluna da Tabela 38 que corresponde ao quociente D_h^{dm}/G_h^{dm} para cada mês do ano foi determinado pela equação (4.11), que depende de Ho e K_T^{dm} anteriormente já referidos.

Os valores da relação radiação direta incidente sobre superfície de inclinação β em relação a horizontal R_S^{dm} , foram calculados pela equação (4.17), que depende de Ho^{dm} , δ^{dm} , e Ho^{min} , pelo que se deve escolher o valor mínimo dentre o valor de $\arcsin(-\tan\Phi\tan\delta)$ e o valor de $\arcsin[-\tan(\Phi+\beta)\tan\delta]$ para o valor de Ho^{min} indicado na 9ª coluna da Tabela 38.

Para o cálculo da radiação direta S^{dm} da 12ª coluna da Tabela 38 utiliza-se a seguinte equação:

$$S^{dm} = \left(1 - \frac{D_h^{dm}}{G_h^{dm}}\right) \times R_S^{dm} \times G_h^{dm} \quad [J \cdot m^{-2}], \quad (4.32)$$

Para o cálculo da radiação difusa D^{dm} da coluna 14ª da Tabela 38 utiliza-se a seguinte equação:

$$D^{dm} = \left(\frac{D_h^{dm}}{G_h^{dm}}\right) \times \frac{(1+\cos\beta)}{2} \times G_h^{dm} \quad [J \cdot m^{-2}], \quad (4.33)$$

Para o cálculo da radiação difusa L^{dm} da coluna 16ª da Tabela 38 utiliza-se a seguinte equação:

$$L^{dm} = \rho \frac{(1-\cos\beta)}{2} \times G_h^{dm} \quad [J \cdot m^{-2}], \quad (4.34)$$

O cálculo de irradiação com ângulo de inclinação, I_{β} na coluna 18ª coluna da Tabela 38 foi obtido pela multiplicação de G_h^{dm} por R^{dm} , em que R^{dm} é o somatório de R_S^{dm} , R_D^{dm} e R_L^{dm} , o somatório da 11ª, 13ª e da 15ª coluna da Tabela 38.

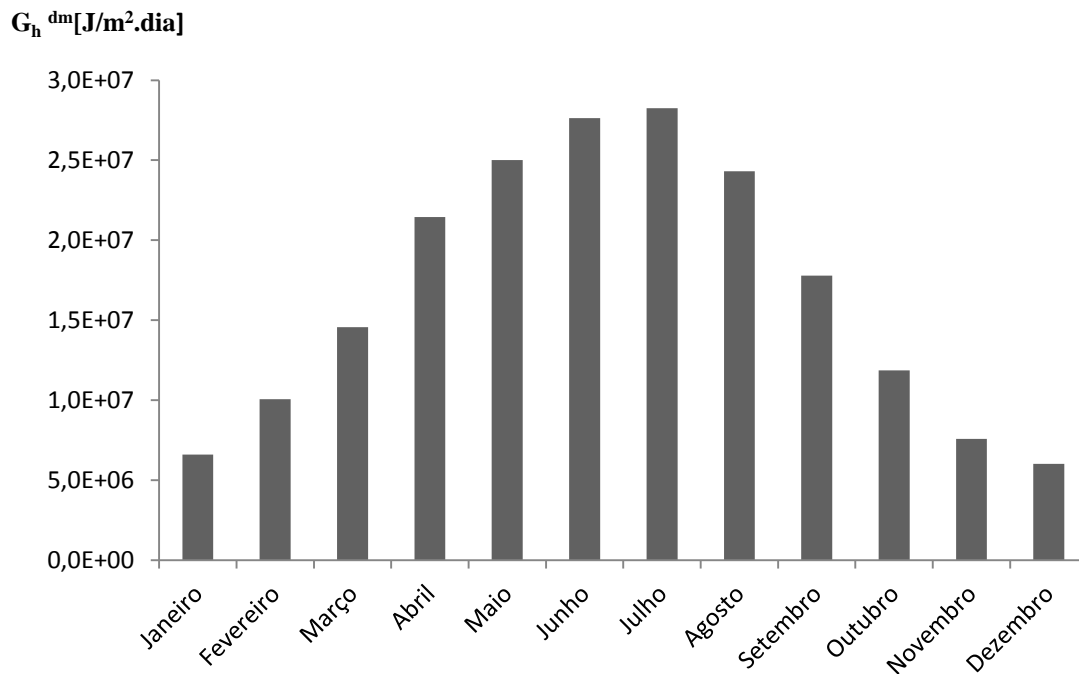


Figura 21 – Gráfico da radiação global mensal par a cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.

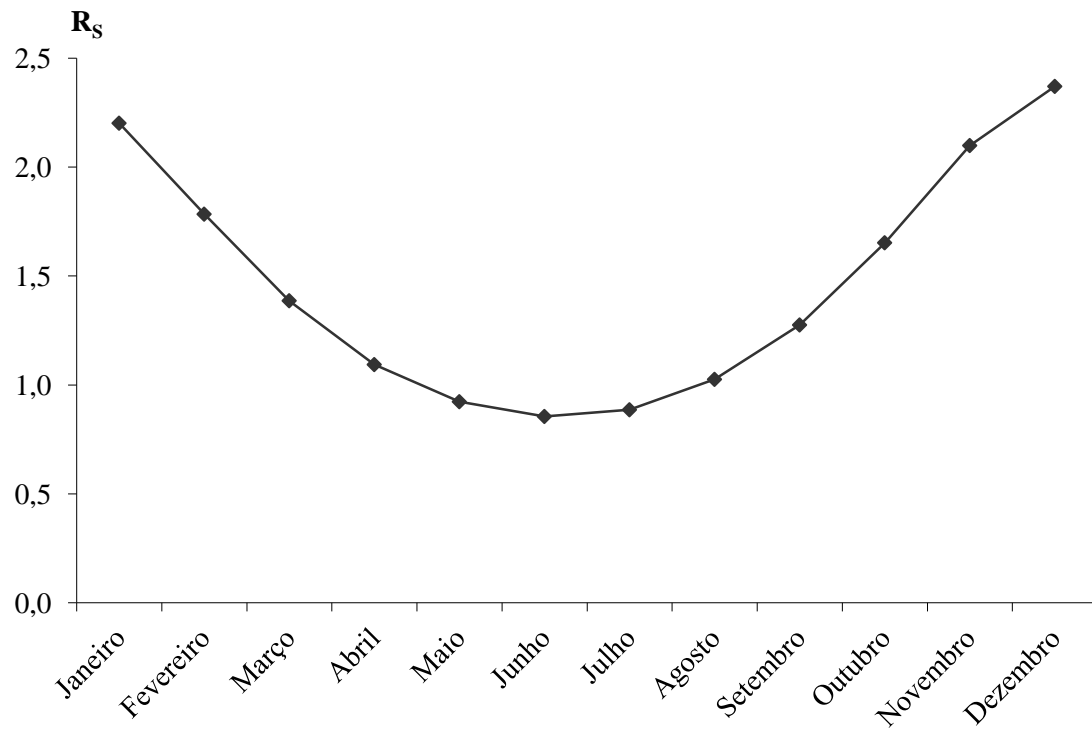


Figura 22 – Gráfico relação R_s^{dm} da cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.

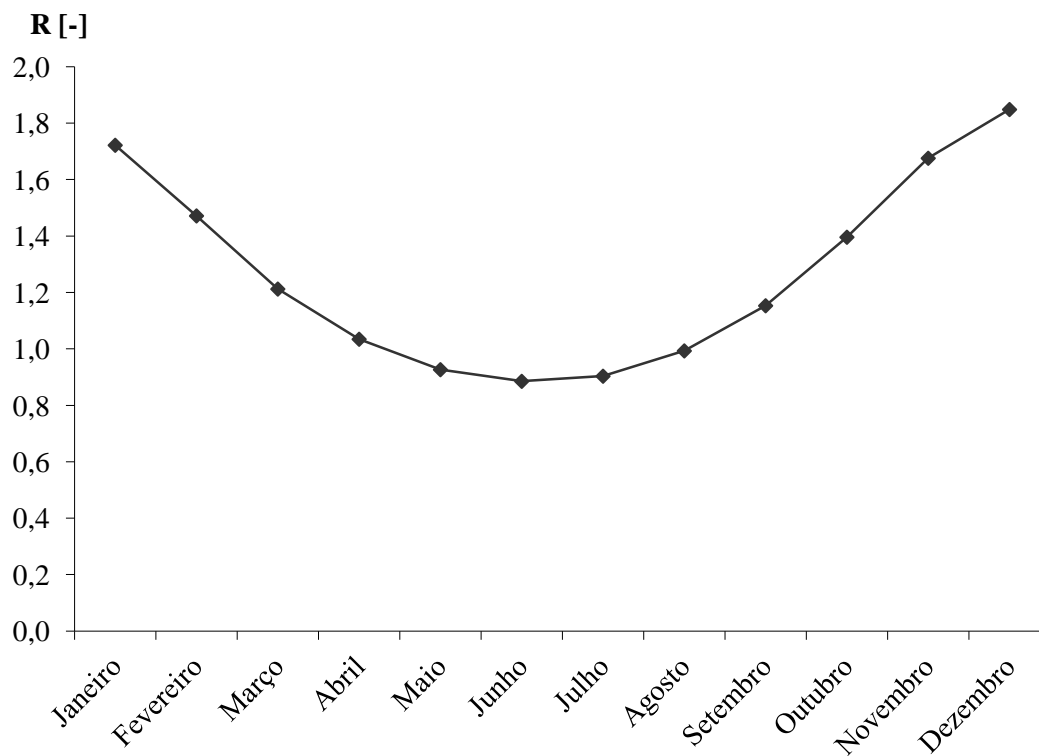


Figura 23 – Valores médios diários mensais de R^{dm} da cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.

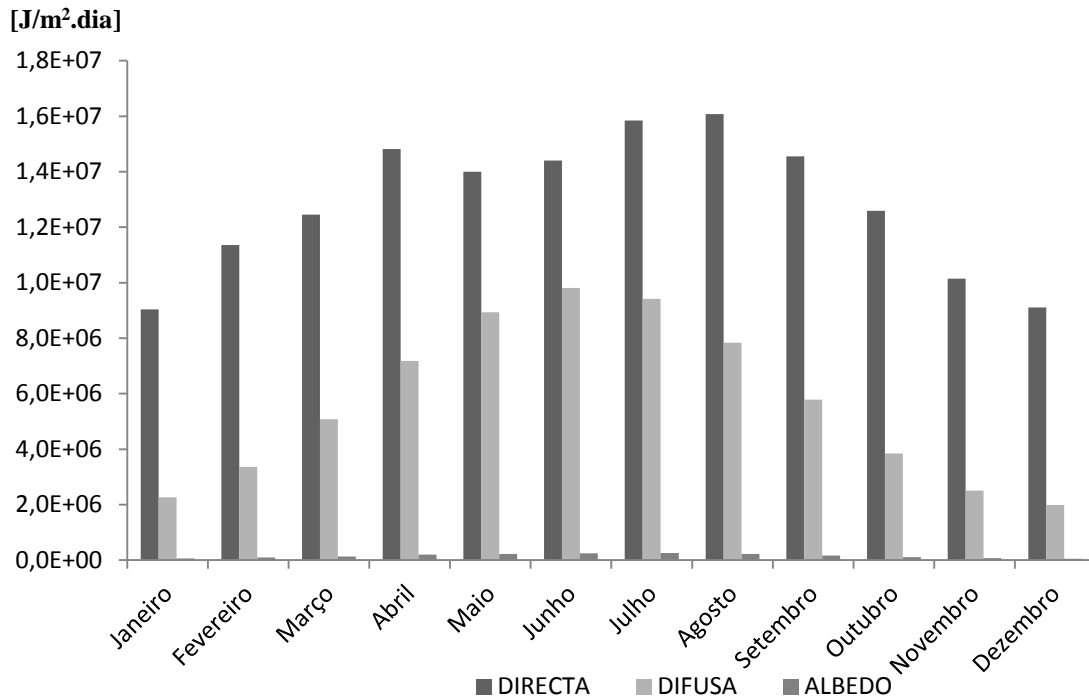


Figura 24 – Gráfico de radiação direta, difusa e albedo da cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.

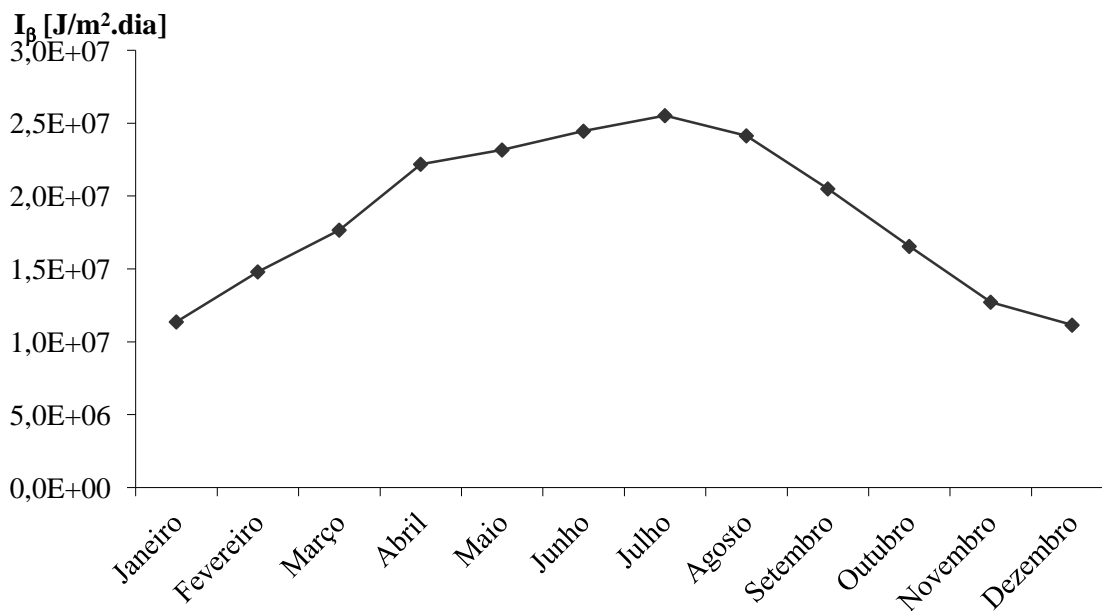


Figura 25 – Gráfico da irradiação I_{β} da cidade do Porto, baseado na Tabela 38 do anexo A.

Os coletores solares, como foi indicado anteriormente possuem, uma cobertura de vidro com uma transmissibilidade τ e uma placa absorvedora com um coeficiente de absorção α . Considera-se neste trabalho que $\tau_n=0,88$ e $\alpha_n=0,94$.

Para determinar τ e α o primeiro passo é calcular o ângulo de incidência diário mensal da radiação solar direta i , ver Fig. 17, que contém as curvas de i para cada mês do ano. Achou-se o valor de i através de $|\Phi - \beta|$ e do mês.

Na Tabela 39 na 2ª coluna encontra-se os valores determinados de i para cada mês do ano, na 2ª e 3ª coluna temos os valores τ/τ_n e α/α_n determinados, pelo valor i , através da Fig.18 e Fig.19. Faz-se o quociente entre os valores de R_s^{dm} por R^{dm} , da 5ª coluna da Tabela 39 retirados da Tabela 38. Os valores da 6ª coluna da Tabela 39 foram calculados fazendo $1 - D_h^{dm}/G_h^{dm}$, o quociente D_h^{dm}/G_h^{dm} foi determinado anteriormente na Tabela 38.

Para o cálculo dos valores $(\tau\alpha)_S/(\tau\alpha)_n$, indicados na 7ª coluna da Tabela 39, utilizou-se os valores calculados anteriormente da 3ª, 4ª, 5ª e 6ª coluna da Tabela 38, na seguinte equação:

$$\frac{(\tau\alpha)_S}{(\tau\alpha)_n} = \left(1 - \frac{D_h^{dm}}{G_h^{dm}}\right) \times \frac{R_s^{dm}}{R^{dm}} \times \frac{\alpha}{\alpha_n} \times \frac{\tau}{\tau_n}. \quad (4.35)$$

Para determinar $(\tau\alpha)_D$ assumiu-se um ângulo de mensal diário mensal de 60° e retirou-se os valores de $\tau/\tau_n(60^\circ)$ e os valores $\alpha/\alpha_n(60^\circ)$ pela Fig.18 e Fig.19. Para o cálculo de $(\tau\alpha)_D/(\tau\alpha)_n$, indicados na 10ª coluna da Tabela 39, utilizou-se os valores calculados anteriormente da 8ª e 9ª coluna, da Tabela 39 e os valores da 7ª coluna da Tabela 38, que foram utilizados na seguinte equação:

$$\frac{(\tau\alpha)_D}{(\tau\alpha)_n} = \frac{1}{\left(\frac{D_h^{dm}}{G_h^{dm}}\right) \times \frac{(1 + \cos\beta)}{2}} \times \frac{\alpha}{\alpha_n}(60^\circ) \times \frac{\tau}{\tau_n}(60^\circ). \quad (4.36)$$

Para o cálculo de $(\tau\alpha)_L/(\tau\alpha)_n$, indicados na 13ª coluna da Tabela 39, assumiu-se o mesmo ângulo mensal diário mensal de 60° e retirou-se os valores de $\tau/\tau_n(60^\circ)$ e os valores $\alpha/\alpha_n(60^\circ)$, pela Fig.18 e Fig.19, que estão indicados na 11ª e 12ª coluna da Tabela 39. Os valores de $(\tau\alpha)_L/(\tau\alpha)_n$ foram determinados pela utilização dos valores da 11ª e 12ª da Tabela 39 e os valores da 7ª coluna da Tabela 38 na seguinte equação:

$$\frac{(\tau\alpha)_L}{(\tau\alpha)_n} = \left(\frac{D_h^{dm}}{G_h^{dm}}\right) \times \frac{(1 + \cos\beta)}{2} \times \frac{\alpha}{\alpha_n}(60^\circ) \times \frac{\tau}{\tau_n}(60^\circ). \quad (4.37)$$

O valores de $(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$ será indicado na 14ª coluna da Tabela 39 foram calculados pelo somatório da 7ª, 10ª e 13ª coluna da Tabela 39, para cada um dos meses.

$$\frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n} = \frac{(\tau\alpha)_S}{(\tau\alpha)_n} + \frac{(\tau\alpha)_D}{(\tau\alpha)_n} + \frac{(\tau\alpha)_L}{(\tau\alpha)_n}. \quad (4.38)$$

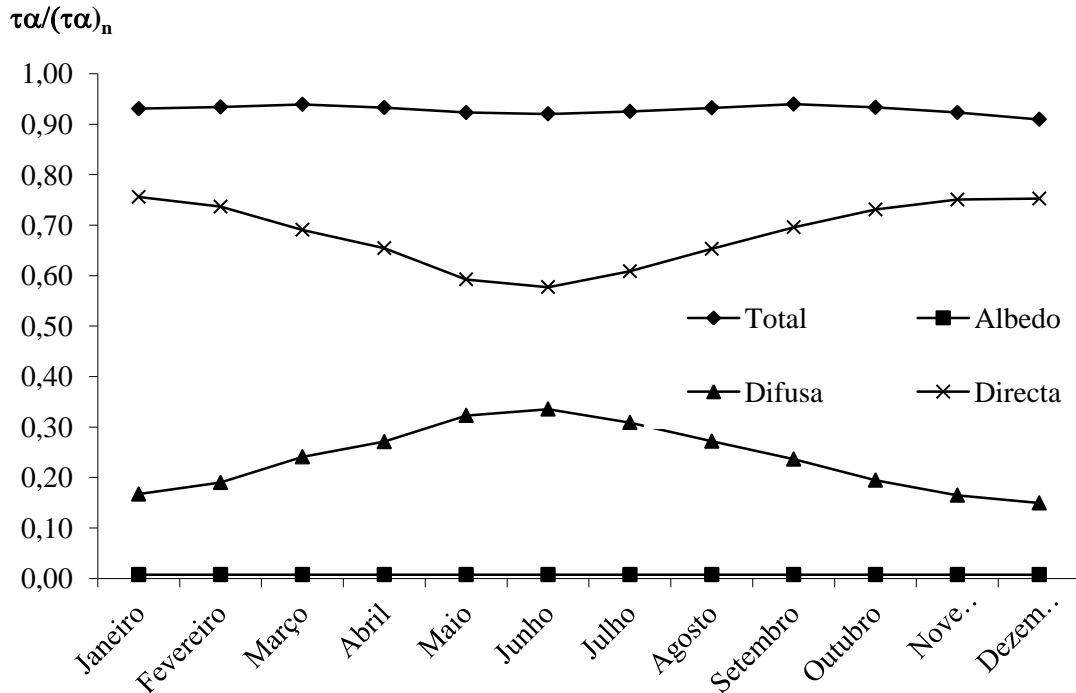


Figura 26 – Valores diários médios mensais de $(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$, $(\tau\alpha)_S/(\tau\alpha)_n$, $(\tau\alpha)_D/(\tau\alpha)_n$ e $(\tau\alpha)_L/(\tau\alpha)_n$, baseado na Tabela 39 do anexo A.

Os valores de $I_\beta\tau\alpha$, indicados na 15ª coluna da Tabela 39, é o resultado da utilização dos valores obtidos da 14ª coluna da Tabela 39, com os valores da última coluna da Tabela 38 e por $\tau_n=0,88$ e $\alpha_n=0,94$ na seguinte equação:

$$I_\beta(\tau\alpha) = \frac{\tau\alpha}{(\tau\alpha)_n} \times I_\beta \times 0,88 \times 0,94 [J.m^{-2}]. \quad (4.39)$$

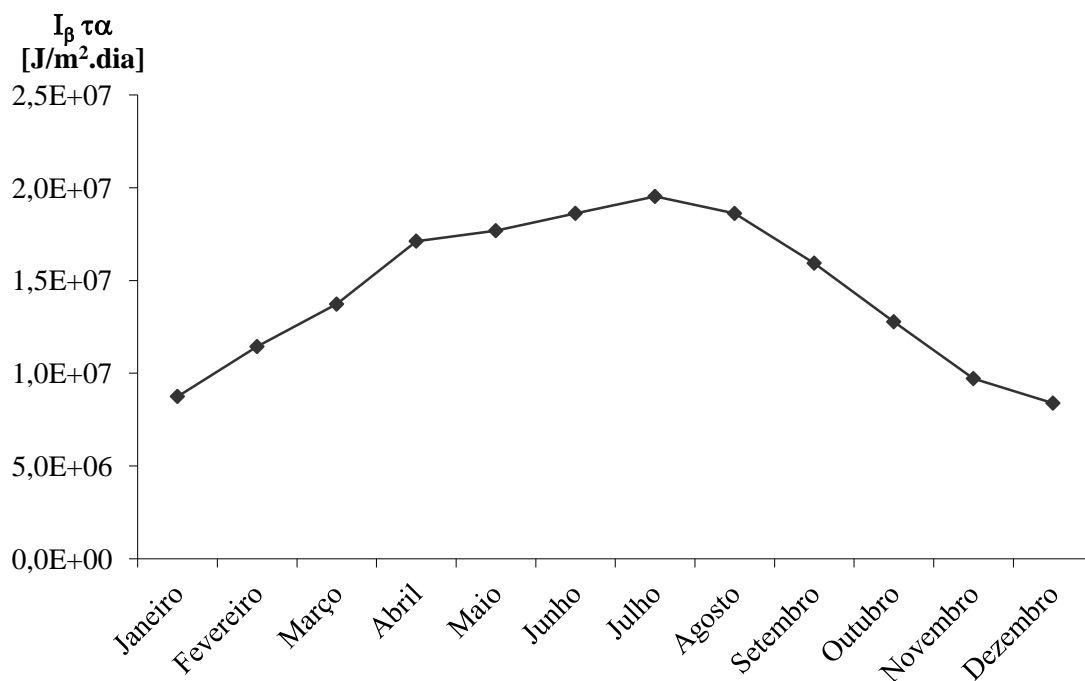


Figura 27 – $I_{\beta}^{dm}(\tau\alpha)$ para a cidade do Porto, baseado na Tabela 39 do anexo A.

A fração solar é o próximo passo nos cálculos, com a determinação da irradiação $I_{\beta}\tau\alpha$ anteriormente obtida.

Os valores da fração solar são obtidos pela equação (4.27), que depende de dois parâmetros X e Y , que são calculados pelas fórmulas (4.25) e (4.26). Pela primeira vez usa-se o valor Q_{CT} que corresponde a necessidades térmicas da instalação (carga térmica), entra-se com o valor Q_{CT} que foram calculadas anteriormente no capítulo 3.

O dimensionamento do sistema será efetuado pela variação da área de coletores solares em que se vai obter diferentes frações para diferentes áreas. A variação de área foi de 10 m² até um valor máximo de área de coletores de 180 m². Posteriormente no capítulo 6 faz-se a seleção da área de coletores mais vantajosa.

A explicação da construção Tabela 40 é a mesma para as Tabelas 41 à 57, porque estão relacionadas com cálculo da fração solar.

A Tabela 40 corresponde a uma área de 10 m² de área de coletores solares como indicados na 10^a coluna. Na 2^a coluna da Tabela 40 estão os valores de I_{β} retirados da última coluna da Tabela 38, na 3^a coluna temos a temperatura média do ar para cada um dos meses do ano, na 4^a coluna a duração em segundos de cada um dos meses do ano, na 5^a coluna a

duração de cada mês do ano em dias. Na 6ª e 7ª coluna temos os valores de Q_{CT} em joules e giga-joules retirados das equações (3.6) e (3.8) para os meses de Verão e de Inverno. A 8ª coluna da Tabela 40 são valores retirados da 14ª coluna da Tabela 39 e a 9ª coluna é a multiplicação de $\tau_n=0,88$ por $\alpha_n=0,94$. Os valores de X e Y na 12ª e 13ª coluna da Tabela 40, foram calculados pelas equações (4.25) e (4.26). A fração solar para cada mês do ano na 15ª coluna da Tabela 40 foi calculada pela equação (4.27). Com a determinação da fração solar calculou-se $Q_{solar\ mensal}$, na última coluna da Tabela 40, para cada mês do ano; pela multiplicação do valor da fração do solar, da 15ª coluna, pelo valor de Q_{CT} , da 7ª coluna.

No gráfico apresentado a seguir temos a fração solar média anual calculada desde 10 m² até 180 m².

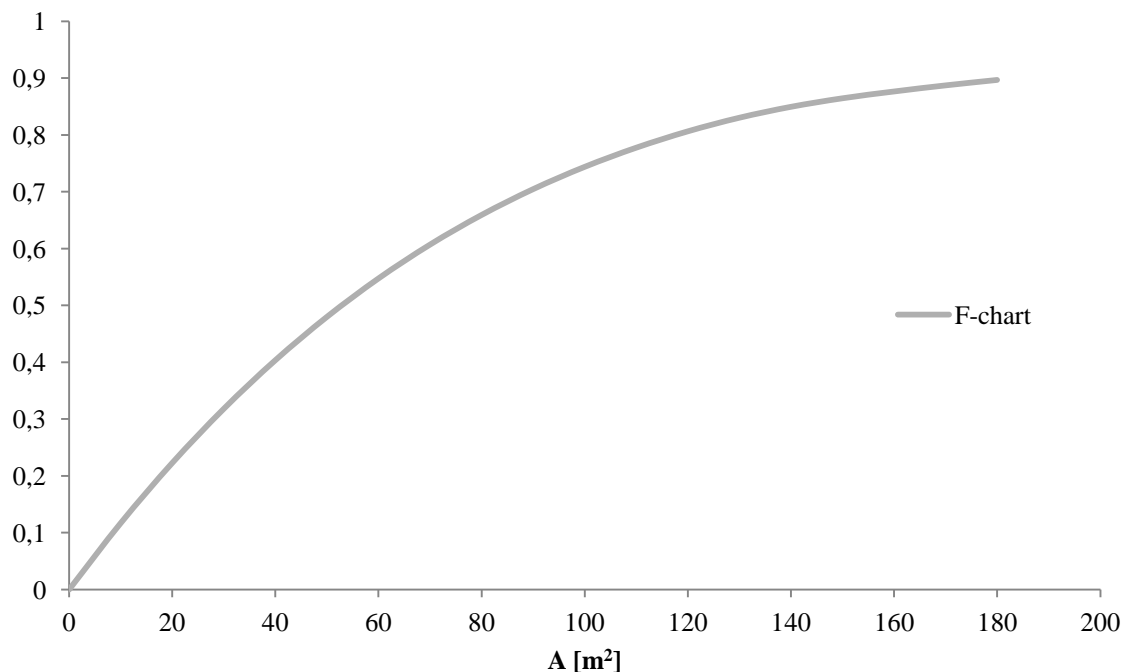


Figura 28 – Valor da fração solar para diferentes áreas, baseado na Tabela 58 do Anexo B.

À medida que aumentamos a área, a fração solar tende para 1. Quando $f = 1$ a energia recolhida pelos coletores corresponde a todas as necessidades energéticas, mas quanto maior a área de coletores, maior é o custo da instalação.

5. Análise de viabilidade económica

Um investidor não vai apostar numa ideia que não traga vantagens económicas para além das sociais; deseja saber qual o lucro que se vai obter e em quanto tempo fica pago o investimento. Existe certos critérios que permitem tomar uma decisão tais como o *VAL*, *TIR*, *tempo de retorno*. Neste capítulo vai-se definir a área de coletores, mediante os resultados dos critérios avaliação de investimentos. Quanto maior a área de coletores maior será a energia produzida mas o custo de instalação aumenta.

5.1. Instalação

A instalação é constituída por vários componentes. Na tabela abaixo estão descritos os principais componentes da instalação

Tabela 18 – Componentes da instalação.

Componente	Descrição	Anexo	Figura
Coletor solar	Coletor solar térmico plano, modelo Logasol SKE 2.0-s BUDERUS, montagem vertical de 1135x2115x112 mm, superfície útil 2,1 m ²	C	37
Termoacumulador	Termoacumulador 75L Termobrasa, 1500 kW	C	32
Caldeira Elétrica	Caldeira elétrica	B	-
Bomba Centrífuga	Aerovolt 24V-160W-76l/h-45m	C	-
Torre de Arrefecimento	Torre de arrefecimento T-25	C	9
Purgador	Purgador de bóia Klinger	C	38
Turbina/Gerador	Turbina e gerador hídrico de 1,5 kW	C	33
Radiadores	Radiador Mural CLASS 60	C	39
Baterias	Bateria estacionária C100 345Ah	C	35
Regulador de Carga	Regulador Victron blue solar 40/50A mppt	C	
Inversor de Corrente	Inversor-Carregador Victron Centaur 2000W (12V)	C	34

5.2. Critérios de avaliação de investimentos

O VAL devolve o valor líquido de fluxos monetários. Devido ao valor temporal do dinheiro, receber um euro hoje vale mais do que receber um euro amanhã. O VAL calcula o valor atual de cada série de fluxos monetários e adiciona-os para obter o valor atual líquido. A fórmula do VAL é a seguinte;

$$VAL = -I + \sum_{i=1}^n \frac{R}{(1+taxa)^i} [\text{€}]. \quad (5.1)$$

De acordo com este critério de avaliação, quando $VAL > 0$, o investimento tem mérito e poderá ser implementado. Através da fórmula pode-se verificar que quanto maior for a taxa do custo de oportunidade do capital mais difícil se torna obter um $VAL > 0$.

A *TIR* é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respetivos retornos futuros ou saldos de caixa. Sendo usada em análise de investimentos, significa a taxa de retorno de um projeto. A *TIR* é a taxa que o investidor obtém em média em cada ano sobre os capitais que se mantêm investidos no projeto, enquanto o investimento inicial é recuperado [17].

$$VAL = 0 = -I + \sum_{i=1}^n \frac{R}{(1+TIR)^i} [\text{€}]. \quad (5.2)$$

A *TIR* é obtida resolvendo-se a equação anterior, para o valor da taxa do custo médio ponderado do capital que torne o *VAL* igual a zero.

A taxa interna de retorno (*TIR*) de um investimento pode ser maior do que a taxa do custo médio ponderado do capital (*taxa*) e significa que o investimento é economicamente atrativo, pode ser igual e o investimento está economicamente numa situação de indiferença ou então pode ser menor ai o investimento não é economicamente atrativo,

O *tempo de retorno* é o período de tempo que um projeto leva a recuperar o capital inicialmente investido. É usualmente utilizado na avaliação de projetos mutuamente exclusivos. Goza de alguma popularidade dado ser um conceito intuitivo. A expressão (5.3), de aplicação simples, peca pelo facto de considerar os fluxos monetários constantes ao longo do tempo. Dado que na prática o mais comum são fluxos monetários de valor variável ao longo do tempo, será necessário recorrer à expressão (5.4), que tenha tal facto em conta [17].

$$\text{tempo de retorno} = \frac{I}{R} [\text{anos}], \quad (5.3)$$

tempo de retorno é definido quando no momento em que $(-I + \sum_{i=1}^n \frac{R}{(1+taxa)^i} > 0)$ (5.4)

5.3. Custo da instalação

Para o cálculo dos indicadores anteriores é preciso definir o investimento necessário. A instalação tem um custo fixo e um custo variável; o custo fixo será definido pelo tipo instalação, enquanto o variável depende diretamente da área de coletores: pois aumenta proporcionalmente com a área de coletores. A dimensão do termoacumulador vai aumentar a medida que se aumenta a área de coletores, definiu-se um custo por m² de área de instalação.

Através de uma pesquisa conseguiu-se chegar a um valor aproximado do custo fixo e variável da instalação.

Tabela 19 – Custo variável da instalação.

	[€]
Coletor solar térmico plano, com painel de montagem vertical de 1135x2115x112 mm, superfície útil 2,23 m²,	186,190
Caixilho, para cobertura inclinada, para coletor solar térmico.	38,100
Jogo de fixação, para cobertura inclinada, para caixilho de coletor solar térmico.	28,050
Oficial de 1º montador.	4,650
Ajudante montador.	4,150
Custo do Termoacumulador por m² de área de coletor	4,700
CVI [€·m⁻²]	265,840

Durante a pesquisa não se conseguiu encontrar uma turbina que utilize um frigorigénio como fluido de trabalho e por isso escolheu-se uma turbina hídrica para determinar um custo aproximado da turbina para o ciclo de Rankine.

Tabela 20 – Custo fixo da instalação.

Componentes	[€]
Kit de ligações hidráulicas para coletores solares térmicos, com ligações isoladas, tampões, passa-cabos etc .	91,670
Purgador automático, especial para aplicações de energia solar térmica, equipado com válvula de esfera e câmara de acumulação de vapor.	72,750
Válvula de segurança especial para aplicações de energia solar térmica, para uma temperatura máxima de 130°C .	38,800
Solução água-glicol para enchimento de coletor solar térmico, para uma temperatura de trabalho de -28°C a +200°C .	4,000
Válvula de esfera de latão niquelado para enroscar de 1” .	9,810
Caldeira mural elétrica para aquecimento, potência de 15 kW, com três escalões de potência de 5, 10 e 15 kW, constituída por corpo de caldeira, envolvente, vaso de expansão, bomba, termostato e todos aqueles componentes necessários para o seu funcionamento incorporados no seu interior; inclusive acessórios de fixação. .	2990,57
2xBomba de circulação .	1000,000
Turbina + gerador* .	800,000
Banco de baterias	640,000
Regulador de carga	490,000
Inversor	824,000
Torre de arrefecimento	1064,000
7xRadiadores para habitação	371
CFI [€]	8396,600

Tabela 21 – Custo anual em manutenção.

	[€]
Custo anual de manutenção coletor solar [€·m⁻²]	70
Custo anual de manutenção para a caldeira [€·m⁻²]	30
Custo de manutenção anual para o circuito do grupo gerador [€·m⁻²]	50
CM Custo de manutenção por ano [€]	150

No cálculo do investimento, o custo total da instalação é composto por custo variável que está relacionado com a área de coletores solares, o custo de manutenção também está relacionado com área de coletores e por um custo fixo que está relacionado com os elementos básicos de uma instalação. Os valores de investimento foram obtidos pela fórmula.

$$INV = A * (CVI + CM) + CFI \text{ [€]}. \quad (5.5)$$

Os valores de CVI, CFI e CM foram determinados nas Tabelas 19, 20 e 21. Os valores obtidos tiveram por base os orçamentos da Tabela 63 e 64.

Tabela 22 – Composição das variáveis do investimento.

<i>INV</i>	Investimento [€]	<i>INV = A*CVI +CFI+A*CM</i>
<i>CVI</i>	Custo variável da instalação [€/m ²]	265,840,
<i>CFI</i>	Custo fixo da instalação [€]	8396,600
<i>CM</i>	Custo de manutenção por ano [€/m ²]	150
<i>CW</i>	Preço por [kWh] (EDP)	0,139

O investimento aumenta à medida que a área de coletores solares engrandece, contudo a poupança da energia anual aumenta até uma determinada área, para depois manter um valor constante como se pode verificar na Fig. 29. Na 2ª coluna da Tabela 24 estão descritos os valores de investimento total para cada correspondente área.

5.4. Dimensionamento da instalação através de critérios económicos

A área de coletores solares na instalação vai ser determinada mediante os melhores resultados obtidos dos critérios avaliação de investimentos. Para os critérios de avaliação de investimentos definiu-se uma taxa do custo médio ponderado do capital [18], vida útil do sistema solar térmico [19] e uma taxa de inflação [20] de acordo com a pesquisa efetuada. O valor da taxa do custo médio ponderado e o número de anos de vida útil foram definidos para a determinação do *VAL* e *TIR*. Uma taxa de inflação foi também considerada tendo em conta o aumento do preço da energia e dos serviços de manutenção.

Tabela 23 – Dados indicativos da vida útil, taxa de atualização e inflação da energia.

Taxa de custo médio ponderado de capital taxa [5]	10,0%
Número de anos de vida útil do sistema solar [ano] [6]	20
Taxa de inflação anual [7]	3,1%

A poupança em energia anual foi calculada pela multiplicação dos valores da fração solar média anual da 2ª coluna da Tabela 59, pelo Q_{ct} anual e *CW* como indicado na seguinte equação:

$$Poupança\ em\ energia\ anual = f * Q_{ct}\ anual * CW \text{ [€]}. \quad (5.6)$$

O sistema auxiliar será uma caldeira elétrica, que entrará em funcionamento sempre que o sistema solar não conseguir fornecer energia suficiente. O cálculo efetuado para o *custo do sistema auxiliar* foi mediante a seguinte equação:

$$\text{Custo do sistema auxiliar} = (1 - f) * Q_{ct} \text{ anual} * CW \text{ [€]}. \quad (5.7)$$

As receitas obtidas anualmente foram obtidas como indicado na seguinte equação:

$$\text{Receitas} = \text{Poupança em energia} - \text{custo do sistema auxiliar} - CM \text{ [€]}. \quad (5.8)$$

A receita anual obtida teve em conta a poupança da energia solar, o *custo do sistema auxiliar* e o custo de manutenção anual da instalação.

Na Tabela 24 temos o investimento efetuado, custo do sistema anual auxiliar, a poupança de energia anual, a receita anual para cada correspondente área e os cálculos efetuados tiveram por base as equações (5.5), (5.6), (5.7) e (5.8).

Tabela 24 – Investimento, custo do sistema auxiliar e poupança em energia versus área.

Área [m²]	Investimento [€]	<i>Custo do sistema auxiliar</i> [€]	<i>Poupança em energia</i> [€]	<i>Receitas</i> [€]
0	8397	11977	0	-12127
10	12555	10576	1400	-9326
20	16713	9309	2668	-6791
30	20872	8167	3809	-4508
40	25030	7144	4833	-2461
50	29189	6231	5746	-635
60	33347	5421	6555	984
70	37505	4708	7269	2411
80	41664	4083	7893	3660
90	45822	3539	8437	4748
100	49981	3070	8907	5688
110	54139	2666	9311	6495
120	58297	2321	9655	7184
130	62456	2035	9942	7757
140	66614	1805	10172	8217
150	70773	1624	10352	8578
160	74931	1481	10495	8864
170	79089	1352	10624	9122
180	83248	1238	10739	9351

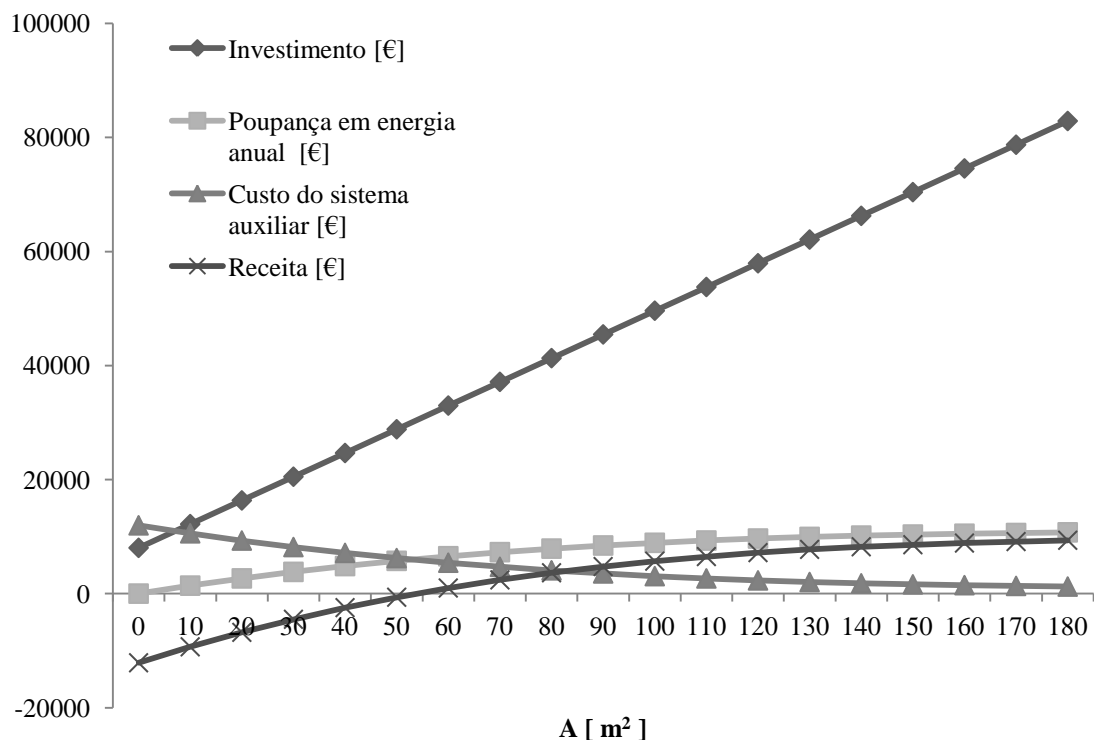


Figura 29- Gráfico do investimento, da poupança de energia anual e o custo do sistema auxiliar.

O cálculo dos valores do *VAL* e *TIR* que estão indicados na 2ª e 3ª coluna da Tabela 25, foram efetuados através das fórmulas (5.1) e (5.2). Para a elaboração dos cálculos da *TIR* e *VAL* teve-se em conta; as receitas anuais da última coluna da Tabela 24; a *taxa* e o tempo de vida útil da instalação da Tabela 23.

No Anexo B nas Tabelas 60 e 61 temos os valores de investimento e receitas anuais, que foram utilizados para o cálculo *VAL* e *TIR* mediante as equações (5.1) e (5.2); na 2ª coluna temos o investimento efetuado como indicado anteriormente na Tabela 23; na 3ª coluna temos a receita do primeiro ano do investimento, como indicada anteriormente na última coluna da Tabela 24; depois da 4ª coluna até 24ª coluna temos a receita anual com um aumento sucessivo 3,1 % ao ano.

Tabela 25 – Valores de *VAL* e *TIR* mediante a variação da área.

Área [m²]	VAL [€]	TIR
0	-125643	0,000%
10	-102817	0,000%
20	-82517	0,000%
30	-64603	0,000%
40	-48935	0,000%
50	-35372	0,000%
60	-23773	0,000%
70	-13997	3,909%
80	-5905	7,872%
90	646	10,203%
100	5795	11,632%
110	9682	12,485%
120	12450	12,947%
130	14119	13,113%
140	14706	13,043%
150	14351	12,804%
160	13292	12,465%
170	11957	12,112%
180	10354	11,747%

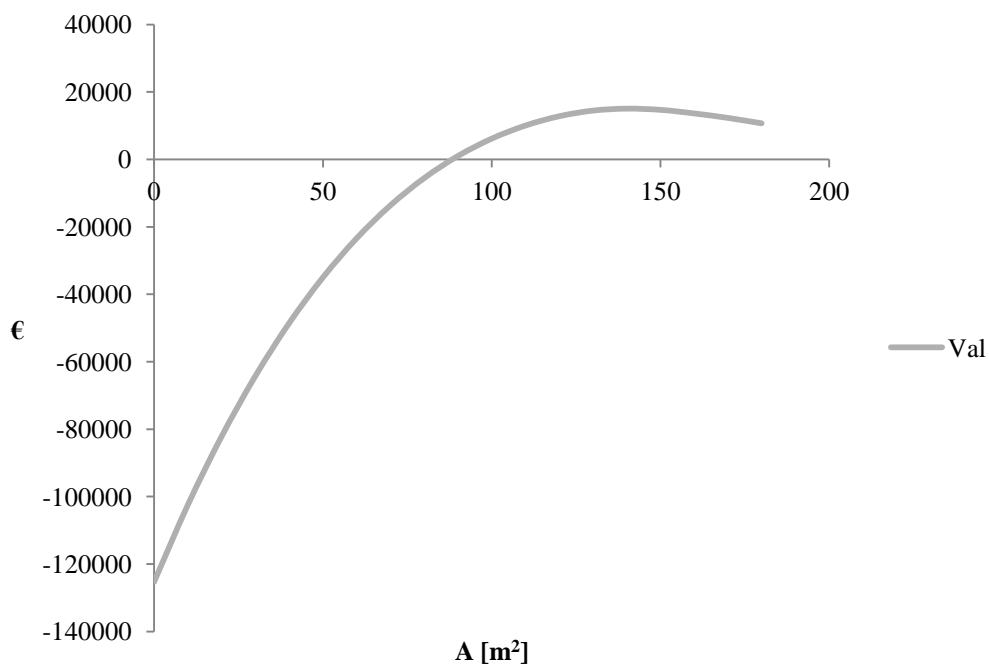


Figura 30 – Gráfico de VAL com o aumento de área.

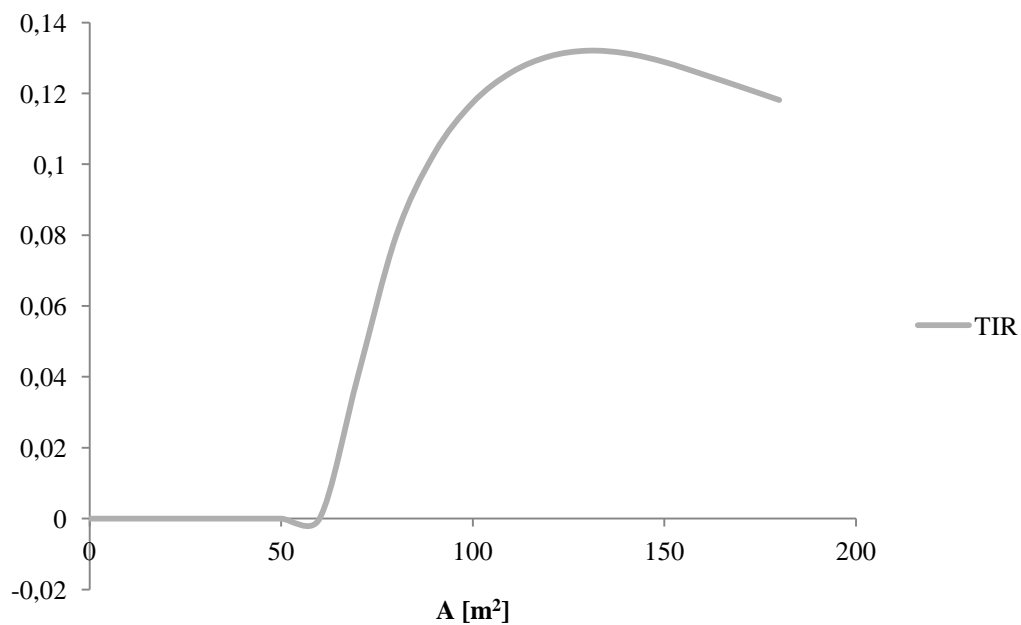


Figura 31 – Gráfico da TIR com o aumento de área.

A partir dos gráficos do VAL e do TIR das Fig. 30 e Fig. 31 e da análise da Tabela 25, pode-se concluir que a taxa interna de retorno mais elevada será de 13,113% com um correspondente VAL de 14119 € para uma área de 130 m².

O dimensionamento da área de coletores mediante os valores obtidos de *VAL* e *TIR* irá para 130 m². Mas para o dimensionamento é necessário ver um outro parâmetro de avaliação, o *tempo de retorno*.

A Tabela 62 do Anexo B indica o *tempo de retorno* do investimento; na 2^a coluna está indicado o investimento efetuado para cada área indicada na coluna; na 3^a coluna até a 23^a coluna temos o somatório dos fluxos monetários com o investimento efetuado, até ao ano em causa. Quando o somatório dos fluxos monetários é maior que o investimento, estes passam a positivo, verifica-se que o investimento obteve o seu retorno. Os cálculos efetuados na Tabela 62 vão de encontro com a equação (5.4).

Na Tabela 26 abaixo indicada pode-se ver o fluxo monetário atualizado líquido acumulado do 13^o ano até 15^o ano; verifica-se um valor positivo no 14^o ano com um valor de 1688 € para uma área de 130 m², mas o valor passa a positivo no 13^o ano. O *tempo de retorno* vem reconfirmar a escolha de área de 130 m².

Tabela 26 – Valores de fluxo monetários do 13º ano ao 15ºano.

Área [m ²]	Investimento [€]	Cash-flow do 13º ano [€]	Cash-flow do 14º ano [€]	Cash-flow do 15º ano [€]
0	-8397	-110363	-115167	-119664
10	-12555	-91532	-95252	-98736
20	-16713	-74884	-77624	-80190
30	-20872	-60297	-62155	-63894
40	-25030	-47651	-48717	-49715
50	-29189	-36824	-37184	-37521
60	-33347	-27694	-27427	-27178
70	-37505	-20139	-19321	-18555
80	-41664	-14039	-12737	-11519
90	-45822	-9271	-7549	-5937
100	-49981	-5714	-3629	-1676
110	-54139	-3247	-849	1396
120	-58297	-1748	916	3411
130	-62456	-1197	1688	4391
140	-66614	-1582	1482	4350
150	-70773	-2781	422	3422
160	-74931	-4587	-1274	1829
170	-79089	-6633	-3220	-24
180	-83248	-8911	-5409	-2130

Os critérios de avaliação de investimentos foram indispensáveis para o dimensionamento do projeto. Através dos critérios decidiu-se uma área de 130 m² de coletores solares. Na avaliação dos critérios de avaliação de investimentos a *TIR* é maior do que a taxa do custo médio ponderado do capital (*taxa*), o que significa que o investimento é economicamente atrativo. O somatório dos fluxos monetários atualizados líquidos ou seja o *VAL* para 20 anos é maior do que zero, o que indica que o investimento tem mérito e poderá ser implementado. O tempo de pagamento de investimento que é entre o 13º e 14º ano, enquadra-se dentro do tempo de vida útil do equipamento.

Todos os critérios convergem para uma área de 130 m², a única desvantagem será a dimensão da área de coletores solares e um elevado investimento inicial.

6. Conclusões

Este estudo incidiu numa estrutura caracterizada pelas seguintes etapas: efetuar o cálculo das necessidades energéticas de uma habitação T3; o estudo do frigorifénio mais conveniente para o projeto; determinação da quantidade de radiação solar que é convertida em energia térmica no sistema, em função da área; avaliação económica para determinar a área de coletores mais vantajosa mediante os critérios de avaliação de investimento.

As necessidades energéticas da habitação T3 foram determinadas através da soma dos consumos energéticos das secções, que constituem a habitação. Cada secção tem um conjunto de equipamento ou eletrodomésticos característicos, com um consumo específico e um tempo específico de funcionamento.

Devido ao incremento da utilização do automóvel elétrico na sociedade, decidiu-se de somar às necessidades energéticas da habitação o consumo energético de um automóvel elétrico neste caso um Mitsubishi iMiVE. Os valores obtidos nas Tabelas 10 e 11 indicam as necessidades energéticas para o Verão e Inverno; o consumo de Verão é inferior devido ao menor consumo de energia para aquecimento.

Foi selecionado o frigorifénio que melhor se adapta ao sistema e apresenta menor perigo para saúde e para o ambiente.

Pela análise da Tabela 16 e 17 chegou-se à conclusão que o R134a é o que proporciona maior rendimento no ciclo de Rankine.

A carga térmica ficou determinada nos pontos 3.4.2. à 3.4.3., Nestes pontos dá-se importância à produção de energia em detrimento da produção de calor, o calor que é libertado no ciclo para produção de energia elétrica, excede as necessidades térmicas da habitação. Nos pontos 3.4.2. e 3.4.3. ficou definido a Q_{ct} para o Inverno e Verão, valores que são utilizados no cálculo da fração solar. O Q_{CT} (Verão) é utilizado nos meses de Junho a Setembro no cálculo da fração solar e Q_{CT} (Inverno) nos meses de Janeiro a Maio e de Outubro a Dezembro.

À medida que se aumenta a área de coletores a fração solar aumenta até um valor máximo de 1 com se pode ver na Fig. 28 e quando se atinge o valor 1 significa que a instalação consegue satisfazer o total das necessidades energéticas.

A avaliação económica teve em conta três critérios de avaliação de investimentos *VAL*, *TIR* e *tempo de retorno* e através da conjugação dos três critérios determinou-se a área de coletores da instalação.

A avaliação económica iniciou-se pela determinação do custo da instalação tanto fixo, variável e de manutenção, indicado na Tabela 22, usados no cálculo do investimento. Com a obtenção do valor do investimento, procedeu-se ao cálculo da poupança de energia anual e o custo do sistema auxiliar anual, constituído por caldeira elétrica que entra em funcionamento sempre que a instalação não consegue satisfazer as necessidades energéticas. Na Fig. 29 verifica-se que o valor do investimento é diretamente proporcional ao aumento da área, como era de previsível. A poupança de energia anual cresce com área, enquanto o custo do sistema auxiliar tende a diminuir até zero, ao mesmo tempo que aumenta a área de coletores.

A receita anual ou o fluxo monetário foi calculada mediante a equação (5.8), que foi sujeita a uma inflação anual de 3,1%. Pela análise das Tabelas 25 e 26 os melhores resultados foram obtidos para uma área de coletores solares de 130 m² com valores de *VAL* de 14119 €, *TIR* de 13,113% e um *tempo de retorno* entre 13º e 14º ano.

Ao avaliar os critérios de avaliação de investimentos verifica-se que a *TIR* é maior que a taxa de custo ponderado, o que aponta que o investimento é economicamente atrativo, o *VAL* para 20 anos é maior que zero o que indica que o investimento poderá ser implementado

e tem mérito, o *tempo de retorno* obteve bom resultado, o valor entre o 13º e 14º ano encontra-se dentro do tempo de vida útil do equipamento.

Mediante os critérios económicos que foram todos positivos definiu-se uma área de 130 m², a desvantagem que se pode indicar será a área de coletores que origina um elevado investimento inicial e o espaço ocupado.

Os valores obtidos nos critérios de avaliação de investimentos estão dependentes de certos dados explícitos na Tabela 23, que poderão alterar os resultados. O *VAL* depende do número de anos de vida útil do equipamento e da *taxa*, um aumento dos anos para mesma *taxa* leva a um aumento do *VAL*, ou então um aumento da taxa para o mesmo número de anos leva á uma diminuição do *VAL* e um aumento do tempo de retorno. A taxa de inflação influencia o *VAL*, *TIR* e *tempo de retorno*, o aumento da inflação implica um aumento do *VAL* e *TIR* mas uma diminuição do *tempo de retorno*.

Os resultados apresentados anteriormente foram efetuados para a cidade do Porto, mas à medida que se desloca para sul os valores de *VAL* e *TIR* aumentam e diminui o *tempo de retorno* devido ao aumento da energia captada pelo coletores solares para mesma área, ou seja o investimento será mais atrativo a sul do país do que a norte.

Conclui-se também que o preço da energia do sistema auxiliar é um fator muito importante para a avaliação económica deste tipo de sistema, e que por si só, é decisivo para a viabilidade ou inviabilidade deste tipo de projetos. Assim quanto mais elevado for o preço da energia elétrica, maior será a viabilidade dos investimentos em sistemas solares térmicos

Referências Documentais

- [1] COPEL, “<http://www.copel.com/hpcopel/simulador/>,” [Online]. [Acedido em 1 20 2012].
- [2] Europa.eu, “http://europa.eu/rapid/press-release_IP-96-61_en.htm?locale=en,” [Online]. [Acedido em 31 08 2012].
- [3] Ambiente Gelado, “<http://www.ambientegegado.com.br/v21/flus-refrigerantes-mainmenu-71/tipos-de-flus-mainmenu-73/24-tipos-de-flus.html>,” [Online]. [Acedido em 31 08 2012].
- [4] Coolpack- 1.5, Department of Mechanical Engineering (MEK), Section of Energy Engineering (ET)at the Technical University of Denmark (DTU),2012
- [5] TLV,” <http://www.tlv.com/global/BR/news/gt5c.html#>,” [Online]. [Acedido em 10 04 2013].
- [6] Klinger,”<http://www.rklinger.com.br/SITE/pdf/armstrong.pdf>,” [Online]. [Acedido em 10 04 2013].
- [7] Alibaba,”<http://portuguese.alibaba.com/hot-products/purgador-tipo-boia.html>,” [Online]. [Acedido em 10 04 2013].
- [8] Coolingtowersystems, “<http://www.coolingtowersystems.com/t25towerspec.php>,” [Online]. [Acedido em 10 04 2013].
- [9] Coolingtowersystems,“http://www.coolingtowersystems.com/cooling_twr_price.php,” [Online]. [Acedido em 10 04 2013].
- [10] Loureiro, M. “http://www.marioloureiro.net/tecnica/energFotoVolt/curso_energia_solar_fotovoltaica.pdf,” [Online]. [Acedido em 10 04 2013].
- [11] Damia Solar, “http://www.damiasolar.com/produtos/bateria_solar/bateria-estacionaria-tab-topzs-c100-de-345ah-c10-265ah- da0462_39,” [Online]. [Acedido em 10 04 2013].
- [12] Damia Solar, “http://www.damiasolar.com/produtos/regulador_solar/regulador-victron-blue-solar-40a-mppt da0185_17,” [Online]. [Acedido em 10 04 2013].
- [13] Damia Solar, “http://www.damiasolar.com/produtos/inversor_solar/inversor-de-onda-pura-victron-phoenix-2000w-12v- da0286_28,” [Online]. [Acedido em 10 04 2013].
- [14] Ribeiro, L. (2011). Coletores solares. ISEP.
- [15] [http://www.citma.pt/Uploads/Gon%C3%A7alo_Bazenga_Camacho\[1\].pdf](http://www.citma.pt/Uploads/Gon%C3%A7alo_Bazenga_Camacho[1].pdf), [Online]. [Acedido em 31 08 2012].

- [16] Borges, A. (2009). Energia Solar, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real
- [17] Rodrigues, R. (2011). Análise de investimentos. ISEP.
- [18] Comissão de Mercado de Valores Mobiliários. (2011). *Relatório anual CMVM* “http://www.cmvm.pt/CMVM/Estudos/Em%20Arquivo/Documents/Relat%C3%B3rio%20Anual%20Research_2011_vfinal.pdf,” [Online]. [Acedido em 31 08 2012].
- [19] Luxmagna, “http://www.luxmagna.pt/pdfs/LM_energiasolar.pdf,” [Online]. [Acedido em 31 08 2012].
- [20] Oje, “<http://www.oje.pt/noticias/economia/taxa-de-inflacao-acelera-para-31-em-agosto>,” [Online]. [Acedido em 31 08 2012].
- [21] Beja, gerador de preços, “<http://beja.geradordeprecos.info/ICB/ICB011.html>,” [Online]. [Acedido em 31 08 2012].
- [22] Webmat, “<http://www.webmat.pt/termoacumuladores-c-serpentina-em-aco-inox-duplex2304/602-termoacumulador-751.html>,” [Online]. [Acedido em 31 08 2012].
- [23] Alibaba, “<http://portuguese.alibaba.com/product-gs/0-3kw-10kw-hydro-turbine-generator-water-power-generator-small-hydro-generator-935560587.html>,” [Online]. [Acedido em 31 08 2012].

Anexo A. Tabelas de folhas de cálculos e gráficos de apoio aos cálculos da fração solar

Tabela 27 - Valores diários (δ), H_0 , S_{0h} e DD para o mês de Janeiro.

		Dia	Declinação (δ)		($\cos H_0$)	Ângulo horário (H_0)		S_{0h}	S_{0n}	DD
			Grau	Rad	Adimensional	Grau	Rad	J/m ²	W/m ²	h
Janeiro	1-Jan	1	-23,01	-0,40	0,37	68,33	1,19	1,28E+07	1412	9,11
	2-Jan	2	-22,93	-0,40	0,37	68,42	1,19	1,28E+07	1412	9,12
	3-Jan	3	-22,84	-0,40	0,37	68,52	1,20	1,29E+07	1412	9,14
	4-Jan	4	-22,75	-0,40	0,36	68,62	1,20	1,29E+07	1412	9,15
	5-Jan	5	-22,65	-0,40	0,36	68,74	1,20	1,30E+07	1412	9,16
	6-Jan	6	-22,54	-0,39	0,36	68,85	1,20	1,31E+07	1412	9,18
	7-Jan	7	-22,42	-0,39	0,36	68,98	1,20	1,32E+07	1412	9,20
	8-Jan	8	-22,30	-0,39	0,36	69,11	1,21	1,32E+07	1412	9,21
	9-Jan	9	-22,17	-0,39	0,35	69,25	1,21	1,33E+07	1412	9,23
	10-Jan	10	-22,04	-0,38	0,35	69,40	1,21	1,34E+07	1411	9,25
	11-Jan	11	-21,90	-0,38	0,35	69,55	1,21	1,35E+07	1411	9,27
	12-Jan	12	-21,75	-0,38	0,35	69,71	1,22	1,36E+07	1411	9,29
	13-Jan	13	-21,60	-0,38	0,34	69,87	1,22	1,37E+07	1411	9,32
	14-Jan	14	-21,44	-0,37	0,34	70,04	1,22	1,38E+07	1411	9,34
	15-Jan	15	-21,27	-0,37	0,34	70,22	1,23	1,39E+07	1411	9,36
	16-Jan	16	-21,10	-0,37	0,34	70,41	1,23	1,40E+07	1410	9,39
	17-Jan	17	-20,92	-0,37	0,33	70,60	1,23	1,41E+07	1410	9,41
	18-Jan	18	-20,73	-0,36	0,33	70,79	1,24	1,43E+07	1410	9,44
	19-Jan	19	-20,54	-0,36	0,33	70,99	1,24	1,44E+07	1410	9,47
	20-Jan	20	-20,34	-0,36	0,32	71,20	1,24	1,45E+07	1409	9,49
	21-Jan	21	-20,14	-0,35	0,32	71,41	1,25	1,47E+07	1409	9,52
	22-Jan	22	-19,93	-0,35	0,32	71,63	1,25	1,48E+07	1409	9,55
	23-Jan	23	-19,71	-0,34	0,31	71,85	1,25	1,49E+07	1409	9,58
	24-Jan	24	-19,49	-0,34	0,31	72,08	1,26	1,51E+07	1408	9,61
	25-Jan	25	-19,26	-0,34	0,30	72,31	1,26	1,53E+07	1408	9,64
	26-Jan	26	-19,03	-0,33	0,30	72,55	1,27	1,54E+07	1408	9,67
	27-Jan	27	-18,79	-0,33	0,30	72,79	1,27	1,56E+07	1407	9,71
	28-Jan	28	-18,55	-0,32	0,29	73,04	1,27	1,57E+07	1407	9,74
	29-Jan	29	-18,30	-0,32	0,29	73,29	1,28	1,59E+07	1407	9,77
	30-Jan	30	-18,04	-0,31	0,28	73,55	1,28	1,61E+07	1406	9,81
	31-Jan	31	-17,78	-0,31	0,28	73,81	1,29	1,62E+07	1406	9,84

Tabela 28 - Valores diários (δ), H_0 , S_{0h} e DD para o mês de Fevereiro.

		Dia	Declinação (δ)		($\cos H_0$)	Ângulo horário (H_0)		S_{0h}	S_{on}	DD
			Grau	Rad	Adimensional	Grau	Rad	J/m ²	W/m ²	h
Fevereiro	1-Fev	32	-17,52	-0,31	0,27	74,08	1,29	1,64E+07	1405	9,88
	2-Fev	33	-17,25	-0,30	0,27	74,34	1,30	1,66E+07	1405	9,91
	3-Fev	34	-16,97	-0,30	0,27	74,62	1,30	1,68E+07	1405	9,95
	4-Fev	35	-16,69	-0,29	0,26	74,89	1,31	1,70E+07	1404	9,99
	5-Fev	36	-16,40	-0,29	0,26	75,17	1,31	1,72E+07	1404	10,02
	6-Fev	37	-16,11	-0,28	0,25	75,46	1,32	1,74E+07	1403	10,06
	7-Fev	38	-15,82	-0,28	0,25	75,74	1,32	1,76E+07	1403	10,10
	8-Fev	39	-15,52	-0,27	0,24	76,04	1,33	1,78E+07	1402	10,14
	9-Fev	40	-15,21	-0,27	0,24	76,33	1,33	1,80E+07	1402	10,18
	10-Fev	41	-14,90	-0,26	0,23	76,63	1,34	1,82E+07	1401	10,22
	11-Fev	42	-14,59	-0,25	0,23	76,93	1,34	1,84E+07	1401	10,26
	12-Fev	43	-14,27	-0,25	0,22	77,23	1,35	1,86E+07	1400	10,30
	13-Fev	44	-13,95	-0,24	0,22	77,53	1,35	1,89E+07	1400	10,34
	14-Fev	45	-13,62	-0,24	0,21	77,84	1,36	1,91E+07	1399	10,38
	15-Fev	46	-13,29	-0,23	0,21	78,15	1,36	1,93E+07	1399	10,42
	16-Fev	47	-12,95	-0,23	0,20	78,47	1,37	1,95E+07	1398	10,46
	17-Fev	48	-12,62	-0,22	0,19	78,78	1,37	1,97E+07	1398	10,50
	18-Fev	49	-12,27	-0,21	0,19	79,10	1,38	2,00E+07	1397	10,55
	19-Fev	50	-11,93	-0,21	0,18	79,42	1,39	2,02E+07	1396	10,59
	20-Fev	51	-11,58	-0,20	0,18	79,74	1,39	2,05E+07	1396	10,63
	21-Fev	52	-11,23	-0,20	0,17	80,06	1,40	2,07E+07	1395	10,68
	22-Fev	53	-10,87	-0,19	0,17	80,39	1,40	2,09E+07	1395	10,72
	23-Fev	54	-10,51	-0,18	0,16	80,72	1,41	2,12E+07	1394	10,76
	24-Fev	55	-10,15	-0,18	0,16	81,05	1,41	2,14E+07	1393	10,81
	25-Fev	56	-9,78	-0,17	0,15	81,38	1,42	2,17E+07	1393	10,85
	26-Fev	57	-9,41	-0,16	0,14	81,71	1,43	2,20E+07	1392	10,89
	27-Fev	58	-9,04	-0,16	0,14	82,05	1,43	2,22E+07	1391	10,94
	28-Fev	59	-8,67	-0,15	0,13	82,38	1,44	2,25E+07	1391	10,98

Tabela 29 - Valores diários (δ), H_o , S_{oh} , e DD para o mês de Março.

		Dia	Declinação (δ)		$(\cos H_o)$ Adimensional	Ângulo horário (H_o)		S_{oh} J/m ²	S_{on} W/m ²	DD h
			Grau	Rad		Grau	Rad			
Março	1-Mar	60	-8,29	-0,14	0,13	82,72	1,44	2,27E+07	1390	11,03
	2-Mar	61	-7,91	-0,14	0,12	83,06	1,45	2,30E+07	1389	11,07
	3-Mar	62	-7,53	-0,13	0,11	83,40	1,46	2,32E+07	1389	11,12
	4-Mar	63	-7,15	-0,12	0,11	83,74	1,46	2,35E+07	1388	11,17
	5-Mar	64	-6,76	-0,12	0,10	84,08	1,47	2,38E+07	1387	11,21
	6-Mar	65	-6,38	-0,11	0,10	84,42	1,47	2,40E+07	1387	11,26
	7-Mar	66	-5,99	-0,10	0,09	84,77	1,48	2,43E+07	1386	11,30
	8-Mar	67	-5,60	-0,10	0,09	85,11	1,49	2,45E+07	1385	11,35
	9-Mar	68	-5,20	-0,09	0,08	85,46	1,49	2,48E+07	1385	11,39
	10-Mar	69	-4,81	-0,08	0,07	85,81	1,50	2,51E+07	1384	11,44
	11-Mar	70	-4,41	-0,08	0,07	86,15	1,50	2,54E+07	1383	11,49
	12-Mar	71	-4,02	-0,07	0,06	86,50	1,51	2,57E+07	1382	11,53
	13-Mar	72	-3,62	-0,06	0,05	86,85	1,52	2,59E+07	1382	11,58
	14-Mar	73	-3,22	-0,06	0,05	87,20	1,52	2,62E+07	1381	11,63
	15-Mar	74	-2,82	-0,05	0,04	87,55	1,53	2,64E+07	1380	11,67
	16-Mar	75	-2,42	-0,04	0,04	87,90	1,53	2,67E+07	1379	11,72
	17-Mar	76	-2,02	-0,04	0,03	88,25	1,54	2,70E+07	1379	11,77
	18-Mar	77	-1,61	-0,03	0,02	88,60	1,55	2,73E+07	1378	11,81
	19-Mar	78	-1,21	-0,02	0,02	88,95	1,55	2,76E+07	1377	11,86
	20-Mar	79	-0,81	-0,01	0,01	89,30	1,56	2,78E+07	1376	11,91
	21-Mar	80	-0,40	-0,01	0,01	89,65	1,56	2,81E+07	1376	11,95
	22-Mar	81	0,00	0,00	0,00	90,00	1,57	2,84E+07	1375	12,00
	23-Mar	82	0,40	0,01	-0,01	90,35	1,58	2,87E+07	1374	12,05
	24-Mar	83	0,81	0,01	-0,01	90,70	1,58	2,89E+07	1373	12,09
	25-Mar	84	1,21	0,02	-0,02	91,05	1,59	2,92E+07	1373	12,14
	26-Mar	85	1,61	0,03	-0,02	91,40	1,60	2,95E+07	1372	12,19
	27-Mar	86	2,02	0,04	-0,03	91,75	1,60	2,97E+07	1371	12,23
	28-Mar	87	2,42	0,04	-0,04	92,10	1,61	3,00E+07	1370	12,28
	29-Mar	88	2,82	0,05	-0,04	92,45	1,61	3,03E+07	1370	12,33
	30-Mar	89	3,22	0,06	-0,05	92,80	1,62	3,06E+07	1369	12,37
	31-Mar	90	3,62	0,06	-0,05	93,15	1,63	3,08E+07	1368	12,42

Tabela 30 - Valores diários (δ), H_0 , S_{0h} e DD para o mês de Abril.

		Dia	Declinação (δ)		($\cos H_0$)	Ângulo horário (H_0)		S_{0h}	S_{on}	DD
			Grau	Rad	Adimensional	Grau	Rad	J/m ²	W/m ²	h
1-Abr	91	4,02	0,07	-0,06	93,50	1,63	3,11E+07	1367	12,47	
2-Abr	92	4,41	0,08	-0,07	93,85	1,64	3,13E+07	1366	12,51	
3-Abr	93	4,81	0,08	-0,07	94,19	1,64	3,16E+07	1366	12,56	
4-Abr	94	5,20	0,09	-0,08	94,54	1,65	3,19E+07	1365	12,61	
5-Abr	95	5,60	0,10	-0,09	94,89	1,66	3,21E+07	1364	12,65	
6-Abr	96	5,99	0,10	-0,09	95,23	1,66	3,24E+07	1363	12,70	
7-Abr	97	6,38	0,11	-0,10	95,58	1,67	3,26E+07	1363	12,74	
8-Abr	98	6,76	0,12	-0,10	95,92	1,67	3,29E+07	1362	12,79	
9-Abr	99	7,15	0,12	-0,11	96,26	1,68	3,31E+07	1361	12,83	
10-Abr	100	7,53	0,13	-0,11	96,60	1,69	3,34E+07	1360	12,88	
11-Abr	101	7,91	0,14	-0,12	96,94	1,69	3,37E+07	1359	12,93	
12-Abr	102	8,29	0,14	-0,13	97,28	1,70	3,39E+07	1359	12,97	
13-Abr	103	8,67	0,15	-0,13	97,62	1,70	3,41E+07	1358	13,02	
14-Abr	104	9,04	0,16	-0,14	97,95	1,71	3,44E+07	1357	13,06	
15-Abr	105	9,41	0,16	-0,14	98,29	1,72	3,46E+07	1356	13,11	
16-Abr	106	9,78	0,17	-0,15	98,62	1,72	3,48E+07	1356	13,15	
17-Abr	107	10,15	0,18	-0,16	98,95	1,73	3,51E+07	1355	13,19	
18-Abr	108	10,51	0,18	-0,16	99,28	1,73	3,53E+07	1354	13,24	
19-Abr	109	10,87	0,19	-0,17	99,61	1,74	3,56E+07	1353	13,28	
20-Abr	110	11,23	0,20	-0,17	99,94	1,74	3,58E+07	1353	13,32	
21-Abr	111	11,58	0,20	-0,18	100,26	1,75	3,60E+07	1352	13,37	
22-Abr	112	11,93	0,21	-0,18	100,58	1,76	3,62E+07	1351	13,41	
23-Abr	113	12,27	0,21	-0,19	100,90	1,76	3,65E+07	1351	13,45	
24-Abr	114	12,62	0,22	-0,19	101,22	1,77	3,67E+07	1350	13,50	
25-Abr	115	12,95	0,23	-0,20	101,53	1,77	3,69E+07	1349	13,54	
26-Abr	116	13,29	0,23	-0,21	101,85	1,78	3,71E+07	1348	13,58	
27-Abr	117	13,62	0,24	-0,21	102,16	1,78	3,73E+07	1348	13,62	
28-Abr	118	13,95	0,24	-0,22	102,47	1,79	3,75E+07	1347	13,66	
29-Abr	119	14,27	0,25	-0,22	102,77	1,79	3,77E+07	1346	13,70	
30-Abr	120	14,59	0,25	-0,23	103,07	1,80	3,79E+07	1346	13,74	

Tabela 31 - Valores diários (δ), H_0 , S_{0h} e DD para o mês de Maio.

		Dia	Declinação (δ)		($\cos H_0$)	Ângulo horário (H_0)		S_{0h}	S_{0h}	DD
			Grau	Rad	Adimensional	Grau	Rad	J/m^2	W/m^2	h
	1-Mai	121	14,90	0,26	-0,23	103,37	1,80	3,81E+07	1345	13,78
	2-Mai	122	15,21	0,27	-0,24	103,67	1,81	3,83E+07	1344	13,82
	3-Mai	123	15,52	0,27	-0,24	103,96	1,81	3,85E+07	1344	13,86
	4-Mai	124	15,82	0,28	-0,25	104,26	1,82	3,87E+07	1343	13,90
	5-Mai	125	16,11	0,28	-0,25	104,54	1,82	3,89E+07	1342	13,94
	6-Mai	126	16,40	0,29	-0,26	104,83	1,83	3,91E+07	1342	13,98
	7-Mai	127	16,69	0,29	-0,26	105,11	1,83	3,93E+07	1341	14,01
	8-Mai	128	16,97	0,30	-0,27	105,38	1,84	3,94E+07	1340	14,05
	9-Mai	129	17,25	0,30	-0,27	105,66	1,84	3,96E+07	1340	14,09
	10-Mai	130	17,52	0,31	-0,27	105,92	1,85	3,97E+07	1339	14,12
	11-Mai	131	17,78	0,31	-0,28	106,19	1,85	3,99E+07	1338	14,16
	12-Mai	132	18,04	0,31	-0,28	106,45	1,86	4,01E+07	1338	14,19
	13-Mai	133	18,30	0,32	-0,29	106,71	1,86	4,02E+07	1337	14,23
	14-Mai	134	18,55	0,32	-0,29	106,96	1,87	4,04E+07	1337	14,26
	15-Mai	135	18,79	0,33	-0,30	107,21	1,87	4,05E+07	1336	14,29
	16-Mai	136	19,03	0,33	-0,30	107,45	1,88	4,07E+07	1336	14,33
	17-Mai	137	19,26	0,34	-0,30	107,69	1,88	4,08E+07	1335	14,36
	18-Mai	138	19,49	0,34	-0,31	107,92	1,88	4,09E+07	1334	14,39
	19-Mai	139	19,71	0,34	-0,31	108,15	1,89	4,11E+07	1334	14,42
	20-Mai	140	19,93	0,35	-0,32	108,37	1,89	4,12E+07	1333	14,45
	21-Mai	141	20,14	0,35	-0,32	108,59	1,90	4,14E+07	1333	14,48
	22-Mai	142	20,34	0,36	-0,32	108,80	1,90	4,15E+07	1332	14,51
	23-Mai	143	20,54	0,36	-0,33	109,01	1,90	4,16E+07	1332	14,53
	24-Mai	144	20,73	0,36	-0,33	109,21	1,91	4,17E+07	1331	14,56
	25-Mai	145	20,92	0,37	-0,33	109,40	1,91	4,18E+07	1331	14,59
	26-Mai	146	21,10	0,37	-0,34	109,59	1,91	4,19E+07	1331	14,61
	27-Mai	147	21,27	0,37	-0,34	109,78	1,92	4,20E+07	1330	14,64
	28-Mai	148	21,44	0,37	-0,34	109,96	1,92	4,21E+07	1330	14,66
	29-Mai	149	21,60	0,38	-0,34	110,13	1,92	4,22E+07	1329	14,68
	30-Mai	150	21,75	0,38	-0,35	110,29	1,92	4,23E+07	1329	14,71
	31-Mai	151	21,90	0,38	-0,35	110,45	1,93	4,24E+07	1328	14,73

Tabela 32 - Valores diários (δ), H_0 , S_{0h} , e DD para o mês de Junho.

		Dia	Declinação (δ)		$(\cos H_0)$	Ângulo horário (H_0)		S_{0h}	S_{on}	DD
			Grau	Rad		Adimensional	Grau			
								J/m ²	W/m ²	h
	1-Jun	152	22,04	0,38	-0,35	110,60	1,93	4,25E+07	1328	14,75
	2-Jun	153	22,17	0,39	-0,35	110,75	1,93	4,26E+07	1328	14,77
	3-Jun	154	22,30	0,39	-0,36	110,89	1,94	4,27E+07	1327	14,79
	4-Jun	155	22,42	0,39	-0,36	111,02	1,94	4,27E+07	1327	14,80
	5-Jun	156	22,54	0,39	-0,36	111,15	1,94	4,28E+07	1327	14,82
	6-Jun	157	22,65	0,40	-0,36	111,26	1,94	4,28E+07	1326	14,84
	7-Jun	158	22,75	0,40	-0,36	111,38	1,94	4,29E+07	1326	14,85
	8-Jun	159	22,84	0,40	-0,37	111,48	1,95	4,30E+07	1326	14,86
	9-Jun	160	22,93	0,40	-0,37	111,58	1,95	4,30E+07	1325	14,88
	10-Jun	161	23,01	0,40	-0,37	111,67	1,95	4,31E+07	1325	14,89
	11-Jun	162	23,09	0,40	-0,37	111,75	1,95	4,31E+07	1325	14,90
	12-Jun	163	23,15	0,40	-0,37	111,82	1,95	4,31E+07	1324	14,91
	13-Jun	164	23,21	0,41	-0,37	111,89	1,95	4,32E+07	1324	14,92
	14-Jun	165	23,27	0,41	-0,37	111,95	1,95	4,32E+07	1324	14,93
	15-Jun	166	23,31	0,41	-0,37	112,00	1,95	4,33E+07	1324	14,93
	16-Jun	167	23,35	0,41	-0,38	112,05	1,96	4,33E+07	1323	14,94
	17-Jun	168	23,39	0,41	-0,38	112,08	1,96	4,33E+07	1323	14,94
	18-Jun	169	23,41	0,41	-0,38	112,11	1,96	4,33E+07	1323	14,95
	19-Jun	170	23,43	0,41	-0,38	112,13	1,96	4,33E+07	1323	14,95
	20-Jun	171	23,44	0,41	-0,38	112,15	1,96	4,33E+07	1323	14,95
	21-Jun	172	23,45	0,41	-0,38	112,15	1,96	4,33E+07	1323	14,95
	22-Jun	173	23,45	0,41	-0,38	112,15	1,96	4,33E+07	1322	14,95
	23-Jun	174	23,44	0,41	-0,38	112,14	1,96	4,33E+07	1322	14,95
	24-Jun	175	23,42	0,41	-0,38	112,12	1,96	4,33E+07	1322	14,95
	25-Jun	176	23,40	0,41	-0,38	112,10	1,96	4,33E+07	1322	14,95
	26-Jun	177	23,37	0,41	-0,38	112,07	1,96	4,33E+07	1322	14,94
	27-Jun	178	23,34	0,41	-0,38	112,02	1,96	4,33E+07	1322	14,94
	28-Jun	179	23,29	0,41	-0,37	111,98	1,95	4,32E+07	1322	14,93
	29-Jun	180	23,24	0,41	-0,37	111,92	1,95	4,32E+07	1322	14,92
	30-Jun	181	23,18	0,40	-0,37	111,86	1,95	4,31E+07	1322	14,91

Tabela 33 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Julho.

	Dia	Declinação (δ)		$(\cos H_o)$	Ângulo horário (H_o)	S_{Oh}		S_{on}	DD
		Grau	Rad			Adimensional	Grau		
1-Jul	182	23,12	0,40	-0,37	111,79	1,95	4,31E+07	1322	14,90
2-Jul	183	23,05	0,40	-0,37	111,71	1,95	4,31E+07	1322	14,89
3-Jul	184	22,97	0,40	-0,37	111,62	1,95	4,31E+07	1322	14,88
4-Jul	185	22,89	0,40	-0,37	111,53	1,95	4,30E+07	1322	14,87
5-Jul	186	22,80	0,40	-0,37	111,43	1,94	4,29E+07	1322	14,86
6-Jul	187	22,70	0,40	-0,36	111,32	1,94	4,29E+07	1322	14,84
7-Jul	188	22,59	0,39	-0,36	111,21	1,94	4,28E+07	1322	14,83
8-Jul	189	22,48	0,39	-0,36	111,08	1,94	4,27E+07	1322	14,81
9-Jul	190	22,36	0,39	-0,36	110,96	1,94	4,27E+07	1322	14,79
10-Jul	191	22,24	0,39	-0,36	110,82	1,93	4,26E+07	1322	14,78
11-Jul	192	22,11	0,39	-0,35	110,68	1,93	4,25E+07	1322	14,76
12-Jul	193	21,97	0,38	-0,35	110,53	1,93	4,24E+07	1323	14,74
13-Jul	194	21,83	0,38	-0,35	110,37	1,93	4,23E+07	1323	14,72
14-Jul	195	21,67	0,38	-0,35	110,21	1,92	4,22E+07	1323	14,69
15-Jul	196	21,52	0,38	-0,34	110,04	1,92	4,22E+07	1323	14,67
16-Jul	197	21,35	0,37	-0,34	109,87	1,92	4,21E+07	1323	14,65
17-Jul	198	21,18	0,37	-0,34	109,69	1,91	4,20E+07	1323	14,62
18-Jul	199	21,01	0,37	-0,33	109,50	1,91	4,19E+07	1324	14,60
19-Jul	200	20,82	0,36	-0,33	109,31	1,91	4,17E+07	1324	14,57
20-Jul	201	20,64	0,36	-0,33	109,11	1,90	4,16E+07	1324	14,55
21-Jul	202	20,44	0,36	-0,32	108,91	1,90	4,15E+07	1324	14,52
22-Jul	203	20,24	0,35	-0,32	108,70	1,90	4,14E+07	1325	14,49
23-Jul	204	20,03	0,35	-0,32	108,48	1,89	4,13E+07	1325	14,46
24-Jul	205	19,82	0,35	-0,31	108,26	1,89	4,12E+07	1325	14,43
25-Jul	206	19,60	0,34	-0,31	108,03	1,89	4,10E+07	1326	14,40
26-Jul	207	19,38	0,34	-0,31	107,80	1,88	4,09E+07	1326	14,37
27-Jul	208	19,15	0,33	-0,30	107,57	1,88	4,07E+07	1326	14,34
28-Jul	209	18,91	0,33	-0,30	107,33	1,87	4,06E+07	1327	14,31
29-Jul	210	18,67	0,33	-0,29	107,08	1,87	4,05E+07	1327	14,28
30-Jul	211	18,42	0,32	-0,29	106,83	1,86	4,03E+07	1327	14,24
31-Jul	212	18,17	0,32	-0,29	106,58	1,86	4,01E+07	1328	14,21

Tabela 34 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Agosto.

	Dia	Declinação (δ)		($\cos H_o$)	Ângulo horário (H_o)		S_{Oh}	S_{on}	DD
		Grau	Rad	Adimensional	Grau	Rad	J/m ²	W/m ²	h
1-Ago	214	17,65	0,31	-0,28	106,06	1,85	3,98E+07	1328	14,14
2-Ago	215	17,38	0,30	-0,27	105,79	1,85	3,97E+07	1329	14,11
3-Ago	216	17,11	0,30	-0,27	105,52	1,84	3,95E+07	1329	14,07
4-Ago	217	16,83	0,29	-0,26	105,24	1,84	3,93E+07	1330	14,03
5-Ago	218	16,55	0,29	-0,26	104,97	1,83	3,91E+07	1330	14,00
6-Ago	219	16,26	0,28	-0,25	104,68	1,83	3,89E+07	1331	13,96
7-Ago	220	15,96	0,28	-0,25	104,40	1,82	3,88E+07	1331	13,92
8-Ago	221	15,67	0,27	-0,24	104,11	1,82	3,86E+07	1331	13,88
9-Ago	222	15,36	0,27	-0,24	103,82	1,81	3,84E+07	1332	13,84
10-Ago	223	15,06	0,26	-0,23	103,52	1,81	3,82E+07	1332	13,80
11-Ago	224	14,74	0,26	-0,23	103,22	1,80	3,80E+07	1333	13,76
12-Ago	225	14,43	0,25	-0,22	102,92	1,80	3,78E+07	1333	13,72
13-Ago	226	14,11	0,25	-0,22	102,62	1,79	3,76E+07	1334	13,68
14-Ago	227	13,78	0,24	-0,21	102,31	1,79	3,74E+07	1334	13,64
15-Ago	228	13,45	0,23	-0,21	102,00	1,78	3,72E+07	1335	13,60
16-Ago	229	13,12	0,23	-0,20	101,69	1,77	3,70E+07	1336	13,56
17-Ago	230	12,79	0,22	-0,20	101,38	1,77	3,68E+07	1336	13,52
18-Ago	231	12,45	0,22	-0,19	101,06	1,76	3,66E+07	1337	13,47
19-Ago	232	12,10	0,21	-0,19	100,74	1,76	3,63E+07	1337	13,43
20-Ago	233	11,75	0,21	-0,18	100,42	1,75	3,61E+07	1338	13,39
21-Ago	234	11,40	0,20	-0,18	100,10	1,75	3,59E+07	1338	13,35
22-Ago	235	11,05	0,19	-0,17	99,77	1,74	3,57E+07	1339	13,30
23-Ago	236	10,69	0,19	-0,16	99,45	1,74	3,55E+07	1340	13,26
24-Ago	237	10,33	0,18	-0,16	99,12	1,73	3,52E+07	1340	13,22
25-Ago	238	9,97	0,17	-0,15	98,79	1,72	3,50E+07	1341	13,17
26-Ago	239	9,60	0,17	-0,15	98,45	1,72	3,47E+07	1342	13,13
27-Ago	240	9,23	0,16	-0,14	98,12	1,71	3,45E+07	1342	13,08
28-Ago	241	8,86	0,15	-0,14	97,79	1,71	3,43E+07	1343	13,04
29-Ago	242	8,48	0,15	-0,13	97,45	1,70	3,40E+07	1344	12,99
30-Ago	243	8,10	0,14	-0,12	97,11	1,69	3,38E+07	1344	12,95
31-Ago	244	7,72	0,13	-0,12	96,77	1,69	3,35E+07	1345	12,90

Tabela 35 - Valores diários (δ), H_0 , S_{0h} e DD para o mês de Setembro.

		Dia	Declinação (δ)		($\cos H_0$)	Ângulo horário (H_0)		S_{0h}	S_{on}	DD
			Grau	Rad	Adimensional	Grau	Rad	J/m ²	W/m ²	h
	1-Set	245	7,34	0,13	-0,11	96,43	1,68	3,33E+07	1346	12,86
	2-Set	246	6,96	0,12	-0,11	96,09	1,68	3,30E+07	1346	12,81
	3-Set	247	6,57	0,11	-0,10	95,75	1,67	3,28E+07	1347	12,77
	4-Set	248	6,18	0,11	-0,09	95,40	1,67	3,25E+07	1348	12,72
	5-Set	249	5,79	0,10	-0,09	95,06	1,66	3,23E+07	1348	12,67
	6-Set	250	5,40	0,09	-0,08	94,71	1,65	3,20E+07	1349	12,63
	7-Set	251	5,01	0,09	-0,08	94,37	1,65	3,17E+07	1350	12,58
	8-Set	252	4,61	0,08	-0,07	94,02	1,64	3,14E+07	1351	12,54
	9-Set	253	4,22	0,07	-0,06	93,67	1,63	3,12E+07	1351	12,49
	10-Set	254	3,82	0,07	-0,06	93,33	1,63	3,10E+07	1352	12,44
	11-Set	255	3,42	0,06	-0,05	92,98	1,62	3,07E+07	1353	12,40
	12-Set	256	3,02	0,05	-0,05	92,63	1,62	3,04E+07	1353	12,35
	13-Set	257	2,62	0,05	-0,04	92,28	1,61	3,01E+07	1354	12,30
	14-Set	258	2,22	0,04	-0,03	91,93	1,60	2,98E+07	1355	12,26
	15-Set	259	1,81	0,03	-0,03	91,58	1,60	2,96E+07	1356	12,21
	16-Set	260	1,41	0,02	-0,02	91,23	1,59	2,93E+07	1356	12,16
	17-Set	261	1,01	0,02	-0,02	90,88	1,59	2,91E+07	1357	12,12
	18-Set	262	0,61	0,01	-0,01	90,53	1,58	2,88E+07	1358	12,07
	19-Set	263	0,20	0,00	0,00	90,18	1,57	2,85E+07	1359	12,02
	20-Set	264	-0,20	0,00	0,00	89,82	1,57	2,82E+07	1359	11,98
	21-Set	265	-0,61	-0,01	0,01	89,47	1,56	2,80E+07	1360	11,93
	22-Set	266	-1,01	-0,02	0,02	89,12	1,56	2,77E+07	1361	11,88
	23-Set	267	-1,41	-0,02	0,02	88,77	1,55	2,74E+07	1362	11,84
	24-Set	268	-1,81	-0,03	0,03	88,42	1,54	2,72E+07	1363	11,79
	25-Set	269	-2,22	-0,04	0,03	88,07	1,54	2,69E+07	1363	11,74
	26-Set	270	-2,62	-0,05	0,04	87,72	1,53	2,66E+07	1364	11,70
	27-Set	271	-3,02	-0,05	0,05	87,37	1,52	2,63E+07	1365	11,65
	28-Set	272	-3,42	-0,06	0,05	87,02	1,52	2,60E+07	1366	11,60
	29-Set	273	-3,82	-0,07	0,06	86,67	1,51	2,58E+07	1366	11,56
	30-Set	274	-4,22	-0,07	0,06	86,33	1,51	2,55E+07	1367	11,51

Tabela 36 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Outubro.

	Dia	Declinação (δ)		$(\cos H_o)$	Ângulo horário (H_o)		S_{Oh}	S_{om}	DD
		Grau	Rad		Adimensional	Grau			
1-Out	275	-4,61	-0,08	0,07	85,98	1,50	2,52E+07	1368	11,46
2-Out	276	-5,01	-0,09	0,08	85,63	1,49	2,50E+07	1369	11,42
3-Out	277	-5,40	-0,09	0,08	85,29	1,49	2,47E+07	1370	11,37
4-Out	278	-5,79	-0,10	0,09	84,94	1,48	2,44E+07	1370	11,33
5-Out	279	-6,18	-0,11	0,09	84,60	1,48	2,42E+07	1371	11,28
6-Out	280	-6,57	-0,11	0,10	84,25	1,47	2,39E+07	1372	11,23
7-Out	281	-6,96	-0,12	0,11	83,91	1,46	2,36E+07	1373	11,19
8-Out	282	-7,34	-0,13	0,11	83,57	1,46	2,34E+07	1373	11,14
9-Out	283	-7,72	-0,13	0,12	83,23	1,45	2,31E+07	1374	11,10
10-Out	284	-8,10	-0,14	0,12	82,89	1,45	2,28E+07	1375	11,05
11-Out	285	-8,48	-0,15	0,13	82,55	1,44	2,26E+07	1376	11,01
12-Out	286	-8,86	-0,15	0,14	82,21	1,43	2,23E+07	1376	10,96
13-Out	287	-9,23	-0,16	0,14	81,88	1,43	2,21E+07	1377	10,92
14-Out	288	-9,60	-0,17	0,15	81,55	1,42	2,18E+07	1378	10,87
15-Out	289	-9,97	-0,17	0,15	81,21	1,42	2,16E+07	1379	10,83
16-Out	290	-10,33	-0,18	0,16	80,88	1,41	2,13E+07	1379	10,78
17-Out	291	-10,69	-0,19	0,16	80,55	1,41	2,11E+07	1380	10,74
18-Out	292	-11,05	-0,19	0,17	80,23	1,40	2,08E+07	1381	10,70
19-Out	293	-11,40	-0,20	0,18	79,90	1,39	2,06E+07	1382	10,65
20-Out	294	-11,75	-0,21	0,18	79,58	1,39	2,03E+07	1382	10,61
21-Out	295	-12,10	-0,21	0,19	79,26	1,38	2,01E+07	1383	10,57
22-Out	296	-12,45	-0,22	0,19	78,94	1,38	1,99E+07	1384	10,53
23-Out	297	-12,79	-0,22	0,20	78,62	1,37	1,96E+07	1385	10,48
24-Out	298	-13,12	-0,23	0,20	78,31	1,37	1,94E+07	1385	10,44
25-Out	299	-13,45	-0,23	0,21	78,00	1,36	1,92E+07	1386	10,40
26-Out	300	-13,78	-0,24	0,21	77,69	1,36	1,90E+07	1387	10,36
27-Out	301	-14,11	-0,25	0,22	77,38	1,35	1,87E+07	1387	10,32
28-Out	302	-14,43	-0,25	0,22	77,08	1,35	1,85E+07	1388	10,28
29-Out	303	-14,74	-0,26	0,23	76,78	1,34	1,83E+07	1389	10,24
30-Out	304	-15,06	-0,26	0,23	76,48	1,33	1,81E+07	1389	10,20
31-Out	305	-15,36	-0,27	0,24	76,18	1,33	1,79E+07	1390	10,16

Tabela 37 - Valores diários (δ), H_o , S_{Oh} e DD para o mês de Novembro.

		Dia	Declinação (δ)		($\cos H_o$)	Ângulo horário (H_o)	S_{Oh}		S_{on}	DD
			Grau	Rad	Adimensional	Grau	Rad	J/m ²	W/m ²	h
	1-Nov	306	-15,67	-0,27	0,24	75,89	1,32	1,77E+07	1391	10,12
	2-Nov	307	-15,96	-0,28	0,25	75,60	1,32	1,75E+07	1391	10,08
	3-Nov	308	-16,26	-0,28	0,25	75,32	1,31	1,73E+07	1392	10,04
	4-Nov	309	-16,55	-0,29	0,26	75,03	1,31	1,71E+07	1393	10,00
	5-Nov	310	-16,83	-0,29	0,26	74,76	1,30	1,69E+07	1393	9,97
	6-Nov	311	-17,11	-0,30	0,27	74,48	1,30	1,67E+07	1394	9,93
	7-Nov	312	-17,38	-0,30	0,27	74,21	1,30	1,65E+07	1395	9,89
	8-Nov	313	-17,65	-0,31	0,28	73,94	1,29	1,63E+07	1395	9,86
	9-Nov	314	-17,91	-0,31	0,28	73,68	1,29	1,62E+07	1396	9,82
	10-Nov	315	-18,17	-0,32	0,29	73,42	1,28	1,60E+07	1396	9,79
	11-Nov	316	-18,42	-0,32	0,29	73,17	1,28	1,58E+07	1397	9,76
	12-Nov	317	-18,67	-0,33	0,29	72,92	1,27	1,56E+07	1398	9,72
	13-Nov	318	-18,91	-0,33	0,30	72,67	1,27	1,55E+07	1398	9,69
	14-Nov	319	-19,15	-0,33	0,30	72,43	1,26	1,53E+07	1399	9,66
	15-Nov	320	-19,38	-0,34	0,31	72,20	1,26	1,52E+07	1399	9,63
	16-Nov	321	-19,60	-0,34	0,31	71,97	1,26	1,50E+07	1400	9,60
	17-Nov	322	-19,82	-0,35	0,31	71,74	1,25	1,49E+07	1400	9,57
	18-Nov	323	-20,03	-0,35	0,32	71,52	1,25	1,47E+07	1401	9,54
	19-Nov	324	-20,24	-0,35	0,32	71,30	1,24	1,46E+07	1401	9,51
	20-Nov	325	-20,44	-0,36	0,32	71,09	1,24	1,45E+07	1402	9,48
	21-Nov	326	-20,64	-0,36	0,33	70,89	1,24	1,43E+07	1402	9,45
	22-Nov	327	-20,82	-0,36	0,33	70,69	1,23	1,42E+07	1403	9,43
	23-Nov	328	-21,01	-0,37	0,33	70,50	1,23	1,41E+07	1403	9,40
	24-Nov	329	-21,18	-0,37	0,34	70,31	1,23	1,40E+07	1404	9,38
	25-Nov	330	-21,35	-0,37	0,34	70,13	1,22	1,39E+07	1404	9,35
	26-Nov	331	-21,52	-0,38	0,34	69,96	1,22	1,38E+07	1405	9,33
	27-Nov	332	-21,67	-0,38	0,35	69,79	1,22	1,37E+07	1405	9,31
	28-Nov	333	-21,83	-0,38	0,35	69,63	1,22	1,35E+07	1405	9,28
	29-Nov	334	-21,97	-0,38	0,35	69,47	1,21	1,34E+07	1406	9,26
	30-Nov	335	-22,11	-0,39	0,35	69,32	1,21	1,34E+07	1406	9,24

Tabela 38 - Valores diários (δ), H_0 , S_{0h} , e DD para o mês de Dezembro.

		Dia	Declinação (δ)		$(\cos H_0)$ Adimensional	Ângulo horário (H_0)		S_{0h} J/m ²	S_{on} W/m ²	DD h
			Grau	Rad		Grau	Rad			
	1-Dez	336	-22,24	-0,39	0,36	69,18	1,21	1,33E+07	1407	9,22
	2-Dez	337	-22,36	-0,39	0,36	69,04	1,21	1,32E+07	1407	9,21
	3-Dez	338	-22,48	-0,39	0,36	68,92	1,20	1,31E+07	1407	9,19
	4-Dez	339	-22,59	-0,39	0,36	68,79	1,20	1,30E+07	1408	9,17
	5-Dez	340	-22,70	-0,40	0,36	68,68	1,20	1,30E+07	1408	9,16
	6-Dez	341	-22,80	-0,40	0,37	68,57	1,20	1,29E+07	1408	9,14
	7-Dez	342	-22,89	-0,40	0,37	68,47	1,20	1,28E+07	1409	9,13
	8-Dez	343	-22,97	-0,40	0,37	68,38	1,19	1,28E+07	1409	9,12
	9-Dez	344	-23,05	-0,40	0,37	68,29	1,19	1,28E+07	1409	9,11
	10-Dez	345	-23,12	-0,40	0,37	68,21	1,19	1,27E+07	1409	9,10
	11-Dez	346	-23,18	-0,40	0,37	68,14	1,19	1,27E+07	1410	9,09
	12-Dez	347	-23,24	-0,41	0,37	68,08	1,19	1,26E+07	1410	9,08
	13-Dez	348	-23,29	-0,41	0,37	68,02	1,19	1,26E+07	1410	9,07
	14-Dez	349	-23,34	-0,41	0,38	67,98	1,19	1,26E+07	1410	9,06
	15-Dez	350	-23,37	-0,41	0,38	67,93	1,19	1,25E+07	1411	9,06
	16-Dez	351	-23,40	-0,41	0,38	67,90	1,19	1,25E+07	1411	9,05
	17-Dez	352	-23,42	-0,41	0,38	67,88	1,18	1,25E+07	1411	9,05
	18-Dez	353	-23,44	-0,41	0,38	67,86	1,18	1,25E+07	1411	9,05
	19-Dez	354	-23,45	-0,41	0,38	67,85	1,18	1,25E+07	1411	9,05
	20-Dez	355	-23,45	-0,41	0,38	67,85	1,18	1,25E+07	1411	9,05
	21-Dez	356	-23,44	-0,41	0,38	67,85	1,18	1,25E+07	1412	9,05
	22-Dez	357	-23,43	-0,41	0,38	67,87	1,18	1,25E+07	1412	9,05
	23-Dez	358	-23,41	-0,41	0,38	67,89	1,18	1,25E+07	1412	9,05
	24-Dez	359	-23,39	-0,41	0,38	67,92	1,19	1,25E+07	1412	9,06
	25-Dez	360	-23,35	-0,41	0,38	67,95	1,19	1,25E+07	1412	9,06
	26-Dez	361	-23,31	-0,41	0,37	68,00	1,19	1,26E+07	1412	9,07
	27-Dez	362	-23,27	-0,41	0,37	68,05	1,19	1,26E+07	1412	9,07
	28-Dez	363	-23,21	-0,41	0,37	68,11	1,19	1,26E+07	1412	9,08
	29-Dez	364	-23,15	-0,40	0,37	68,18	1,19	1,27E+07	1412	9,09
	30-Dez	365	-23,09	-0,40	0,37	68,25	1,19	1,27E+07	1412	9,10
	31-Dez	366	-23,01	-0,40	0,37	68,33	1,19	1,28E+07	1412	9,11

Tabela 39 - Folha de cálculo da radiação direta, difusa e albedo.

	H ₀	S _{oh}	Declinação (δ)	K _T	G ^{dm} _h	D ^{dm} _h /G ^{dm} _h	H' ₀	H' ₀	Rs(β)	Direta (1- D ^{dm} _h /G ^{dm} _h)*Rs		Difusa D ^{dm} _h /G ^{dm} _h *(1+cosβ)/2		Albedo ρ*(1-cosβ)/2		R	I _β
	Grau	J/(m ² dia)	Rad	-	J/(m ² dia)	J/(m ² dia)			-	-	J/(m ² dia)	-	J/(m ² dia)	-	J/(m ² dia)	-	J/(m ² dia)
Jan	70,64	1,42E+07	-3,64E-01	0,465	6,60E+06	0,378	1,531	1,233	2,20	1,37	9039729	0,34	2269966	0,01	59705	1,72	1,14E+07
Fev	78,08	1,93E+07	-2,33E-01	0,522	1,01E+07	0,367	1,546	1,363	1,78	1,13	11351858	0,33	3361328	0,01	90970	1,47	1,48E+07
Mar	87,91	2,67E+07	-4,17E-02	0,545	1,46E+07	0,384	1,566	1,534	1,39	0,85	12452202	0,35	5085269	0,01	131790	1,21	1,77E+07
Abr	98,40	3,47E+07	1,66E-01	0,619	2,14E+07	0,368	1,588	1,588	1,09	0,69	14813391	0,33	7184212	0,01	193954	1,03	2,22E+07
Mai	107,26	4,05E+07	3,28E-01	0,617	2,50E+07	0,393	1,607	1,607	0,92	0,56	14003910	0,36	8939582	0,01	226089	0,93	2,32E+07
Jun	111,74	4,31E+07	4,03E-01	0,641	2,76E+07	0,390	1,616	1,616	0,86	0,52	14404028	0,35	9806343	0,01	249823	0,89	2,45E+07
Jul	109,62	4,19E+07	3,68E-01	0,674	2,83E+07	0,367	1,611	1,611	0,89	0,56	15848412	0,33	9423727	0,01	255478	0,90	2,55E+07
Ago	101,59	3,69E+07	2,26E-01	0,659	2,43E+07	0,355	1,595	1,595	1,03	0,66	16080473	0,32	7841581	0,01	219779	0,99	2,41E+07
Set	91,39	2,94E+07	2,78E-02	0,604	1,78E+07	0,358	1,574	1,574	1,27	0,82	14554467	0,33	5787618	0,01	160762	1,15	2,05E+07
Out	80,95	2,14E+07	-1,78E-01	0,554	1,19E+07	0,357	1,552	1,413	1,65	1,06	12596715	0,32	3849517	0,01	107216	1,40	1,66E+07
Nov	72,27	1,52E+07	-3,36E-01	0,498	7,59E+06	0,363	1,534	1,261	2,10	1,34	10148951	0,33	2507192	0,01	68660	1,68	1,27E+07
Dez	68,21	1,27E+07	-4,04E-01	0,475	6,03E+06	0,363	1,526	1,190	2,37	1,51	9103352	0,33	1992071	0,01	54539	1,85	1,11E+07

Tabela 40 - Folha de cálculo para $I_{\beta}\tau\alpha..$

	$\Phi-\beta>0$ (=7)												Total	$I_{\beta}\tau\alpha$
		Directa					Difusa					Albedo		
	i	τ/τ_n	α/α_n	R_s	$(1-D^{dm}_h/G^{dm}_h)$	$\tau\alpha/(\tau\alpha)_n$	$\tau/\tau_n(60^\circ)$	$\alpha/\alpha_n(60^\circ)$	$\tau\alpha/(\tau\alpha)_n$	$\tau/\tau_n(60^\circ)$	$\alpha/\alpha_n(60^\circ)$	$\tau\alpha/(\tau\alpha)_n$	$\tau\alpha/(\tau\alpha)_n$	
	<i>G</i> <i>s</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	$J/(m^2\text{dia})$
Janeiro	46	0,98	0,97	1,28	0,62	0,76	0,93	0,9	0,17	0,93	0,9	0,008	0,930	8,75E+06
Fevereiro	42	0,98	0,98	1,21	0,63	0,74	0,93	0,9	0,19	0,93	0,9	0,008	0,934	1,14E+07
Março	39	0,99	0,99	1,14	0,62	0,69	0,93	0,9	0,24	0,93	0,9	0,008	0,939	1,37E+07
Abril	38	0,99	0,99	1,06	0,63	0,65	0,93	0,9	0,27	0,93	0,9	0,008	0,933	1,71E+07
Mai	38	0,99	0,99	1,00	0,61	0,59	0,93	0,9	0,32	0,93	0,9	0,008	0,923	1,77E+07
Junho	38	0,99	0,99	0,97	0,61	0,58	0,93	0,9	0,34	0,93	0,9	0,008	0,920	1,86E+07
Julho	38	0,99	0,99	0,98	0,63	0,61	0,93	0,9	0,31	0,93	0,9	0,008	0,925	1,95E+07
Agosto	38	0,99	0,99	1,03	0,65	0,65	0,93	0,9	0,27	0,93	0,9	0,008	0,932	1,86E+07
Setembro	38	0,99	0,99	1,11	0,64	0,70	0,93	0,9	0,24	0,93	0,9	0,008	0,940	1,59E+07
Outubro	42	0,98	0,98	1,18	0,64	0,73	0,93	0,9	0,19	0,93	0,9	0,008	0,933	1,28E+07
Novembro	45	0,97	0,97	1,25	0,64	0,75	0,93	0,9	0,16	0,93	0,9	0,008	0,923	9,71E+06
Dezembro	48	0,96	0,96	1,28	0,64	0,75	0,93	0,9	0,15	0,93	0,9	0,008	0,910	8,39E+06

Tabela 41 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal} 10\ m^2$.

	I_{β}	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f		$Q_{solar\ mensal}$
	$J/(m^2\text{dia})$	$^{\circ}C$	s		J	GJ			m^2					GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	10	0,794	0,109	0,059		1,394
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	10	0,702	0,129	0,084		1,982
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	10	0,755	0,171	0,121		2,861
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	10	0,718	0,207	0,157		3,702
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	10	0,734	0,221	0,169		3,984
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	10	0,536	0,176	0,139		4,204
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	10	0,540	0,191	0,153		4,615
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	10	0,540	0,182	0,145		4,362
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	10	0,539	0,151	0,115		3,470
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	10	0,734	0,160	0,111		2,627
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	10	0,731	0,117	0,071		1,673
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	10	0,777	0,105	0,056		1,315

Tabela 42 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 20 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	20	1,588	0,219	0,115	2,707
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	20	1,403	0,258	0,162	3,821
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	20	1,510	0,343	0,231	5,446
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	20	1,437	0,414	0,296	6,979
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	20	1,467	0,442	0,317	7,483
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	20	1,071	0,352	0,265	8,002
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	20	1,080	0,381	0,290	8,751
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	20	1,080	0,364	0,275	8,290
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	20	1,078	0,301	0,220	6,649
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	20	1,467	0,319	0,213	5,017
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	20	1,462	0,235	0,137	3,238
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	20	1,554	0,209	0,108	2,558

Tabela 43 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 30 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	30	2,382	0,328	0,167	3,944
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	30	2,105	0,387	0,234	5,521
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	30	2,266	0,514	0,329	7,770
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	30	2,155	0,621	0,418	9,859
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	30	2,201	0,663	0,446	10,530
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	30	1,607	0,528	0,378	11,416
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	30	1,620	0,572	0,412	12,435
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	30	1,620	0,545	0,391	11,807
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	30	1,617	0,452	0,316	9,550
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	30	2,201	0,479	0,304	7,183
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	30	2,192	0,352	0,199	4,698
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	30	2,330	0,314	0,158	3,732

Tabela 44 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 40 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	40	3,176	0,437	0,216	5,109
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	40	2,806	0,516	0,300	7,091
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	40	3,021	0,686	0,417	9,849
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	40	2,873	0,828	0,524	12,369
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	40	2,934	0,883	0,557	13,156
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	40	2,142	0,704	0,479	14,467
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	40	2,160	0,763	0,520	15,694
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	40	2,160	0,727	0,495	14,938
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	40	2,155	0,602	0,404	12,188
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	40	2,934	0,638	0,387	9,138
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	40	2,923	0,470	0,257	6,059
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	40	3,107	0,419	0,205	4,841

Tabela 45 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 50 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	50	3,970	0,546	0,263	6,204
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	50	3,508	0,645	0,362	8,536
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	50	3,776	0,857	0,496	11,698
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	50	3,592	1,035	0,616	14,535
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	50	3,668	1,104	0,652	15,395
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	50	2,678	0,880	0,569	17,176
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	50	2,700	0,954	0,615	18,554
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	50	2,700	0,909	0,587	17,705
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	50	2,694	0,753	0,483	14,576
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	50	3,668	0,798	0,462	10,894
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	50	3,654	0,587	0,310	7,326
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	50	3,884	0,524	0,250	5,889

Tabela 46 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 60 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	60	4,764	0,656	0,307	7,235
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	60	4,210	0,774	0,418	9,863
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	60	4,531	1,028	0,565	13,333
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	60	4,310	1,241	0,694	16,385
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	60	4,402	1,325	0,732	17,279
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	60	3,214	1,056	0,648	19,565
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	60	3,240	1,144	0,697	21,043
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	60	3,240	1,091	0,667	20,133
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	60	3,233	0,904	0,554	16,726
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	60	4,402	0,957	0,528	12,463
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	60	4,385	0,704	0,360	8,504
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	60	4,661	0,628	0,291	6,878

Tabela 47 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 70 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	70	5,558	0,765	0,348	8,205
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	70	4,911	0,903	0,469	11,079
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	70	5,286	1,200	0,626	14,768
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	70	5,028	1,448	0,760	17,946
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	70	5,135	1,546	0,798	18,842
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	70	3,749	1,232	0,718	21,654
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	70	3,780	1,335	0,768	23,188
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	70	3,780	1,273	0,737	22,243
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	70	3,772	1,054	0,618	18,652
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	70	5,135	1,117	0,587	13,858
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	70	5,116	0,822	0,407	9,597
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	70	5,437	0,733	0,331	7,813

Tabela 48- Folha de cálculo para $Q_{\text{solar mensal}} 80 \text{ m}^2$.

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{\text{solar mensal}}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	80	6,352	0,874	0,386	9,119
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	80	5,613	1,032	0,517	12,190
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	80	6,042	1,371	0,679	16,019
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	80	5,746	1,655	0,815	19,244
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	80	5,869	1,767	0,852	20,116
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	80	4,285	1,408	0,778	23,465
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	80	4,320	1,526	0,829	25,015
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	80	4,320	1,454	0,797	24,061
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	80	4,311	1,205	0,675	20,367
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	80	5,869	1,276	0,639	15,090
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	80	5,847	0,939	0,450	10,610
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	80	6,214	0,838	0,368	8,696

Tabela 49 - Folha de cálculo para $Q_{\text{solar mensal}} 90 \text{ m}^2$.

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{\text{solar mensal}}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	90	7,146	0,983	0,423	9,980
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	90	6,314	1,161	0,559	13,203
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	90	6,797	1,543	0,725	17,101
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	90	6,465	1,862	0,860	20,307
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	90	6,603	1,988	0,896	21,135
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	90	4,820	1,584	0,829	25,019
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	90	4,860	1,717	0,880	26,552
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	90	4,860	1,636	0,849	25,608
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	90	4,850	1,355	0,725	21,885
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	90	6,603	1,436	0,685	16,173
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	90	6,577	1,057	0,489	11,549
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	90	6,991	0,943	0,404	9,532

Tabela 50 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 100 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	100	7,940	1,093	0,457	10,792
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	100	7,016	1,290	0,598	14,123
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	100	7,552	1,714	0,764	18,031
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	100	7,183	2,069	0,897	21,161
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	100	7,336	2,209	0,929	21,930
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	100	5,356	1,760	0,873	26,337
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	100	5,399	1,907	0,922	27,827
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	100	5,399	1,818	0,892	26,909
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	100	5,389	1,506	0,769	23,219
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	100	7,336	1,595	0,725	17,119
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	100	7,308	1,174	0,526	12,418
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	100	7,768	1,047	0,437	10,324

Tabela 51 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 110 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	110	8,734	1,202	0,490	11,559
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	110	7,718	1,419	0,634	14,959
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	110	8,307	1,885	0,798	18,822
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	110	7,901	2,276	0,925	21,833
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	110	8,070	2,429	0,955	22,535
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	110	5,892	1,936	0,909	27,440
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	110	5,939	2,098	0,956	28,865
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	110	5,939	2,000	0,927	27,986
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	110	5,927	1,656	0,808	24,382
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	110	8,070	1,755	0,760	17,939
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	110	8,039	1,291	0,560	13,223
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	110	8,544	1,152	0,469	11,076

Tabela 52 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 120 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	120	9,528	1,311	0,521	12,286
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	120	8,419	1,548	0,666	15,716
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	120	9,062	2,057	0,826	19,490
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	120	8,620	2,483	0,947	22,351
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	120	8,803	2,650	0,974	22,982
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	120	6,427	2,112	0,939	28,350
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	120	6,479	2,289	0,984	29,694
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	120	6,479	2,182	0,956	28,864
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	120	6,466	1,807	0,841	25,387
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	120	8,803	1,914	0,790	18,647
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	120	8,770	1,409	0,592	13,968
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	120	9,321	1,257	0,500	11,790

Tabela 53 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 130 m².

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	130	10,322	1,421	0,550	12,976
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	130	9,121	1,677	0,695	16,400
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	130	9,817	2,228	0,850	20,052
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	130	9,338	2,690	0,964	22,742
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	130	9,537	2,871	0,987	23,304
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	130	6,963	2,287	0,964	29,088
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	130	7,019	2,480	1,000	30,179
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	130	7,019	2,363	0,980	29,566
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	130	7,005	1,958	0,870	26,248
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	130	9,537	2,074	0,816	19,255
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	130	9,501	1,526	0,621	14,658
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	130	10,098	1,362	0,528	12,470

Tabela 54 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 140 m².

	I_p	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	140	11,116	1,530	0,578	13,632
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	140	9,822	1,806	0,721	17,019
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	140	10,573	2,400	0,870	20,521
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	140	10,056	2,897	0,976	23,031
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	140	10,271	3,092	0,997	23,534
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	140	7,498	2,463	0,983	29,675
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	140	7,559	2,670	1,000	30,179
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	140	7,559	2,545	0,998	30,114
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	140	7,544	2,108	0,894	26,979
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	140	10,271	2,233	0,838	19,775
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	140	10,232	1,643	0,648	15,298
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	140	10,875	1,466	0,556	13,120

Tabela 55 - Folha de cálculo para $Q_{solar\ mensal}$ 150 m².

	I_p	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{solar\ mensal}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	150	11,910	1,639	0,604	14,260
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	150	10,524	1,935	0,745	17,579
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	150	11,328	2,571	0,886	20,913
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	150	10,775	3,104	0,985	23,247
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	150	11,004	3,313	1,000	23,600
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	150	8,034	2,639	0,998	30,132
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	150	8,099	2,861	1,000	30,179
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	150	8,099	2,727	1,000	30,179
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	150	8,083	2,259	0,914	27,591
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	150	11,004	2,393	0,857	20,219
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	150	10,962	1,761	0,673	15,893
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	150	11,652	1,571	0,582	13,744

Tabela 56 - Folha de cálculo para $Q_{\text{solar mensal}} 160 \text{ m}^2$.

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{\text{solar mensal}}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	160	12,704	1,748	0,630	14,863
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	160	11,226	2,064	0,766	18,086
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	160	12,083	2,742	0,900	21,245
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	160	11,493	3,311	0,992	23,417
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	160	11,738	3,534	1,000	23,600
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	160	8,570	2,815	1,000	30,179
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	160	8,639	3,052	1,000	30,179
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	160	8,639	2,909	1,000	30,179
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	160	8,622	2,409	0,931	28,099
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	160	11,738	2,553	0,873	20,600
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	160	11,693	1,878	0,697	16,447
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	160	12,428	1,676	0,608	14,345

Tabela 57 - Folha de cálculo para $Q_{\text{solar mensal}} 170 \text{ m}^2$.

	I_b	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{\text{solar mensal}}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	170	13,498	1,858	0,654	15,445
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	170	11,927	2,193	0,786	18,547
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	170	12,838	2,914	0,912	21,530
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	170	12,211	3,517	0,999	23,566
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	170	12,471	3,755	1,000	23,600
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	170	9,105	2,991	1,000	30,179
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	170	9,179	3,243	1,000	30,179
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	170	9,179	3,091	1,000	30,179
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	170	9,161	2,560	0,945	28,516
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	170	12,471	2,712	0,887	20,930
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	170	12,424	1,996	0,719	16,967
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	170	13,205	1,781	0,632	14,925

Tabela 58 - Folha de cálculo para $Q_{\text{solar mensal}}$ 180 m².

	I_g	Tar	Δt	N_{dias}	Q_{CT}	Q_{CT}	$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$	$(\tau\alpha)_n$	A_{cs}	X	Y	f	$Q_{\text{solar mensal}}$
	J/(m ² dia)	°C	s		J	GJ			m ²				GJ
Janeiro	1,14E+07	8,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,930	0,827	180	14,293	1,967	0,678	16,010
Fevereiro	1,48E+07	10,0	2419200	28	2,36E+10	23,60	0,934	0,827	180	12,629	2,322	0,804	18,969
Março	1,77E+07	12,5	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,939	0,827	180	13,593	3,085	0,923	21,785
Abril	2,22E+07	14,0	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	180	12,929	3,724	1,000	23,600
Mai	2,32E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	180	13,205	3,976	1,000	23,600
Junho	2,45E+07	18,0	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,920	0,827	180	9,641	3,167	1,000	30,179
Julho	2,55E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,925	0,827	180	9,719	3,433	1,000	30,179
Agosto	2,41E+07	20,0	2678400	31	3,018E+10	30,18	0,932	0,827	180	9,719	3,272	1,000	30,179
Setembro	2,05E+07	17,5	2592000	30	3,018E+10	30,18	0,940	0,827	180	9,700	2,711	0,956	28,856
Outubro	1,66E+07	15,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,933	0,827	180	13,205	2,872	0,899	21,222
Novembro	1,27E+07	12,5	2592000	30	2,36E+10	23,60	0,923	0,827	180	13,155	2,113	0,740	17,456
Dezembro	1,11E+07	10,0	2678400	31	2,36E+10	23,60	0,910	0,827	180	13,982	1,885	0,656	15,490

Anexo B. Tabelas de folhas de cálculos de apoio aos critérios de avaliação

Tabela 59 - Folha de cálculo do investimento, custo do sistema auxiliar e poupança em energia.

Área [m ²]	F-chart	Poupança de energia [GJ]	Poupança de energia [kWh]	Gasto energia auxiliar elétrica [GJ]	Gasto em energia auxiliar [kWh]	Investimento [€]	Custo do sistema auxiliar [€]	Poupança em energia anual [€]
0	0,0	0,000	0	309,516	85977	8397	11977	0
10	0,1	36,189	10052	273,327	75924	12555	10576	1400
20	0,2	68,941	19150	240,575	66826	16713	9309	2668
30	0,3	98,447	27346	211,069	58630	20872	8167	3809
40	0,4	124,900	34694	184,616	51282	25030	7144	4833
50	0,4	148,489	41247	161,027	44730	29189	6231	5746
60	0,5	169,407	47057	140,109	38919	33347	5421	6555
70	0,6	187,845	52179	121,671	33798	37505	4708	7269
80	0,6	203,993	56665	105,522	29312	41664	4083	7893
90	0,7	218,045	60568	91,471	25409	45822	3539	8437
100	0,7	230,189	63941	79,327	22035	49981	3070	8907
110	0,7	240,619	66839	68,897	19138	54139	2666	9311
120	0,8	249,525	69312	59,991	16664	58297	2321	9655
130	0,8	256,937	71371	52,579	14605	62456	2035	9942
140	0,8	262,877	73021	46,639	12955	66614	1805	10172
150	0,8	267,536	74316	41,980	11661	70773	1624	10352
160	0,8	271,238	75344	38,278	10633	74931	1481	10495
170	0,8	274,564	76268	34,952	9709	79089	1352	10624
180	0,8	277,524	77090	31,992	8887	83248	1238	10739

Tabela 60 - Folha de cálculo dos cash-flows para o cálculo da TIR.

A	INV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TIR
0	-8397	-12422	-12794	-13178	-13573	-13981	-14400	-14832	-15277	-15735	-16207	-16694	-17194	-17710	-18241	-18789	-19352	-19933	-20531	-21147	-21781	0,000%
10	-12555	-9621	-9910	-10207	-10513	-10828	-11153	-11488	-11833	-12188	-12553	-12930	-13318	-13717	-14129	-14553	-14989	-15439	-15902	-16379	-16870	0,000%
20	-16713	-7086	-7299	-7518	-7743	-7976	-8215	-8461	-8715	-8977	-9246	-9523	-9809	-10103	-10406	-10719	-11040	-11371	-11713	-12064	-12426	0,000%
30	-20872	-4803	-4947	-5095	-5248	-5406	-5568	-5735	-5907	-6084	-6267	-6455	-6648	-6848	-7053	-7265	-7483	-7707	-7938	-8176	-8422	0,000%
40	-25030	-2756	-2838	-2924	-3011	-3102	-3195	-3290	-3389	-3491	-3596	-3703	-3815	-3929	-4047	-4168	-4293	-4422	-4555	-4691	-4832	0,000%
50	-29189	-930	-958	-987	-1016	-1047	-1078	-1111	-1144	-1178	-1214	-1250	-1288	-1326	-1366	-1407	-1449	-1493	-1537	-1584	-1631	0,000%
60	-33347	689	709	731	753	775	798	822	847	872	899	926	953	982	1011	1042	1073	1105	1138	1172	1208	0,000%
70	-37505	2116	2179	2244	2312	2381	2452	2526	2602	2680	2760	2843	2928	3016	3107	3200	3296	3395	3497	3602	3710	3,909%
80	-41664	3365	3466	3570	3677	3788	3901	4018	4139	4263	4391	4523	4658	4798	4942	5090	5243	5400	5562	5729	5901	7,872%
90	-45822	4453	4586	4724	4866	5012	5162	5317	5476	5641	5810	5984	6164	6348	6539	6735	6937	7145	7360	7580	7808	10,203%
100	-49981	5393	5554	5721	5893	6069	6251	6439	6632	6831	7036	7247	7465	7688	7919	8157	8401	8653	8913	9180	9456	11,632%
110	-54139	6200	6386	6577	6775	6978	7187	7403	7625	7854	8089	8332	8582	8839	9104	9378	9659	9949	10247	10555	10871	12,485%
120	-58297	6889	7096	7308	7528	7754	7986	8226	8472	8727	8988	9258	9536	9822	10117	10420	10733	11055	11386	11728	12080	12,947%
130	-62456	7462	7686	7917	8154	8399	8651	8911	9178	9453	9737	10029	10330	10640	10959	11288	11626	11975	12334	12704	13086	13,113%
140	-66614	7922	8160	8405	8657	8917	9184	9460	9743	10036	10337	10647	10966	11295	11634	11983	12343	12713	13094	13487	13892	13,043%
150	-70773	8283	8531	8787	9051	9322	9602	9890	10187	10492	10807	11131	11465	11809	12164	12528	12904	13291	13690	14101	14524	12,804%
160	-74931	8569	8826	9091	9364	9645	9934	10232	10539	10855	11181	11516	11862	12218	12584	12962	13351	13751	14164	14589	15026	12,465%
170	-79089	8827	9091	9364	9645	9934	10232	10539	10856	11181	11517	11862	12218	12585	12962	13351	13752	14164	14589	15027	15478	12,112%
180	-83248	9056	9327	9607	9895	10192	10498	10813	11137	11472	11816	12170	12535	12911	13299	13698	14109	14532	14968	15417	15879	11,747%

Tabela 61 - Folha de cálculo para o cálculo do VAL.

Área	INV [€]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	VAL[€]
0	-8397	12422	12794	13178	13573	13981	14400	14832	15277	15735	16207	16694	17194	17710	18241	18789	19352	19933	20531	21147	21781	125643
10	-12555	-9621	-9910	10207	10513	10828	11153	11488	11833	12188	12553	12930	13318	13717	14129	14553	14989	15439	15902	16379	16870	102817
20	-16713	-7086	-7299	-7518	-7743	-7976	-8215	-8461	-8715	-8977	-9246	-9523	-9809	10103	10406	10719	11040	11371	11713	12064	12426	-82517
30	-20872	-4803	-4947	-5095	-5248	-5406	-5568	-5735	-5907	-6084	-6267	-6455	-6648	-6848	-7053	-7265	-7483	-7707	-7938	-8176	-8422	-64603
40	-25030	-2756	-2838	-2924	-3011	-3102	-3195	-3290	-3389	-3491	-3596	-3703	-3815	-3929	-4047	-4168	-4293	-4422	-4555	-4691	-4832	-48935
50	-29189	-930	-958	-987	-1016	-1047	-1078	-1111	-1144	-1178	-1214	-1250	-1288	-1326	-1366	-1407	-1449	-1493	-1537	-1584	-1631	-35372
60	-33347	689	709	731	753	775	798	822	847	872	899	926	953	982	1011	1042	1073	1105	1138	1172	1208	-23773
70	-37505	2116	2179	2244	2312	2381	2452	2526	2602	2680	2760	2843	2928	3016	3107	3200	3296	3395	3497	3602	3710	-13997
80	-41664	3365	3466	3570	3677	3788	3901	4018	4139	4263	4391	4523	4658	4798	4942	5090	5243	5400	5562	5729	5901	-5905
90	-45822	4453	4586	4724	4866	5012	5162	5317	5476	5641	5810	5984	6164	6348	6539	6735	6937	7145	7360	7580	7808	646
100	-49981	5393	5554	5721	5893	6069	6251	6439	6632	6831	7036	7247	7465	7688	7919	8157	8401	8653	8913	9180	9456	5795
110	-54139	6200	6386	6577	6775	6978	7187	7403	7625	7854	8089	8332	8582	8839	9104	9378	9659	9949	10247	10555	10871	9682
120	-58297	6889	7096	7308	7528	7754	7986	8226	8472	8727	8988	9258	9536	9822	10117	10420	10733	11055	11386	11728	12080	12450
130	-62456	7462	7686	7917	8154	8399	8651	8911	9178	9453	9737	10029	10330	10640	10959	11288	11626	11975	12334	12704	13086	14119
140	-66614	7922	8160	8405	8657	8917	9184	9460	9743	10036	10337	10647	10966	11295	11634	11983	12343	12713	13094	13487	13892	14706
150	-70773	8283	8531	8787	9051	9322	9602	9890	10187	10492	10807	11131	11465	11809	12164	12528	12904	13291	13690	14101	14524	14351
160	-74931	8569	8826	9091	9364	9645	9934	10232	10539	10855	11181	11516	11862	12218	12584	12962	13351	13751	14164	14589	15026	13292
170	-79089	8827	9091	9364	9645	9934	10232	10539	10856	11181	11517	11862	12218	12585	12962	13351	13752	14164	14589	15027	15478	11957
180	-83248	9056	9327	9607	9895	10192	10498	10813	11137	11472	11816	12170	12535	12911	13299	13698	14109	14532	14968	15417	15879	10354

Tabela 62 - Folha de cálculo do somatório dos fluxos monetários.

Somatório dos cash-flows																					
A	JNV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	-8397	19689	30263	40163	49434	58115	66243	73855	80981	87655	93903	99754	105233	110363	115167	119664	123876	127820	131512	134970	138208
10	12555	21301	29491	37160	44340	51064	57360	63255	68775	73943	78783	83315	-87558	-91532	-95252	-98736	101998	105053	107913	110591	113098
20	16713	23155	29188	34836	40125	45077	49714	54056	58122	61929	65494	68832	-71957	-74884	-77624	-80190	-82593	-84842	-86949	-88922	-90769
30	20872	25238	29326	33155	36739	40096	43238	46181	48937	51517	53933	56196	-58314	-60297	-62155	-63894	-65522	-67047	-68475	-69812	-71064
40	25030	27535	29881	32078	34134	36060	37863	39552	41133	42614	44000	45298	-46513	-47651	-48717	-49715	-50649	-51524	-52343	-53110	-53829
50	29189	30034	30826	31567	32262	32912	33520	34090	34624	35124	35591	36030	-36440	-36824	-37184	-37521	-37836	-38131	-38408	-38667	-38909
60	33347	32721	32135	31586	31072	30591	30140	29718	29323	28953	28606	28282	-27978	-27694	-27427	-27178	-26945	-26726	-26521	-26330	-26150
70	37505	35582	33781	32095	30516	29038	27653	26357	25143	24007	22943	21946	-21013	-20139	-19321	-18555	-17838	-17166	-16537	-15948	-15397
80	41664	38604	35740	33057	30546	28194	25992	23930	21999	20191	18498	16913	-15429	-14039	-12737	-11519	-10378	-9309	-8309	-7372	-6495
90	45822	41774	37984	34435	31112	28000	25086	22358	19803	17411	15171	13074	-11110	-9271	-7549	-5937	-4427	-3013	-1690	-450	710
100	49981	45078	40488	36190	32165	28396	24868	21563	18469	15572	12860	10320	-7941	-5714	-3629	-1676	152	1864	3467	4968	6374
110	54139	48503	43226	38284	33657	29324	25267	21468	17911	14581	11462	-8542	-5807	-3247	-849	1396	3498	5466	7309	9035	10651
120	58297	52035	46171	40680	35538	30724	26216	21995	18042	14341	10876	-7631	-4593	-1748	916	3411	5747	7934	9982	11899	13695
130	62456	55672	49319	43371	37802	32586	27703	23131	18849	14840	11086	-7571	-4279	-1197	1688	4391	6921	9290	11508	13586	15531
140	66614	59412	52668	46354	40441	34905	29720	24866	20321	16065	12080	-8348	-4854	-1582	1482	4350	7037	9552	11907	14112	16177
150	70773	63243	56192	49590	43408	37620	32200	27125	22372	17923	13756	-9855	-6201	-2781	422	3422	6230	8860	11322	13628	15786
160	74931	67141	59846	53016	46620	40632	35024	29773	24857	20253	15942	11906	-8127	-4587	-1274	1829	4735	7455	10003	12388	14622
170	79089	71065	63552	56516	49928	43760	37984	32576	27511	22769	18329	14172	-10278	-6633	-3220	-24	2969	5771	8395	10852	13153
180	83248	75015	67307	60089	53330	47001	41075	35527	30331	25466	20910	16645	-12651	-8911	-5409	-2130	941	3816	6508	9029	11389

Tabela 63 - Orçamento para coletor solar [21].

ICB012					
Ud Colector solar térnico para instalação colectiva, integrado em cobertura inclinada.					
Colector solar térmico formado por bateria de 3 módulos, composto cada um deles de um coletor solar térmico plano, modelo Logasol SKE 2.0-s "BUDERUS", com painel de montagem vertical de 1145x2070x90 mm, superfície útil 2,23 m², rendimento óptico 0,717, coeficiente de perdas primário 5,773 W/m²K e coeficiente de perdas secundário 0,007 W/m²K², segundo NP EN 12975-2.					
Composto	Ud	Composição	Rend.	p.s.	Preço artigo
mt38bur010aaa	Ud	Colector solar térmico plano, modelo Logasol SKE 2.0-s "BUDERUS", com painel de montagem vertical de 1145x2070x90 mm, superfície útil 2,23 m ² , rendimento óptico 0,717, coeficiente de perdas primário 5,773 W/m ² K e coeficiente de perdas secundário 0,007 W/m ² K ² , segundo NP EN 12975-2, composto de painel de vidro de segurança, lâminas absorventes em tiras com tratamento parcialmente selectivo (laca solar), tubos absorventes tipo harpa, isolamento térmico, painel traseiro, caixilho de fibra de vidro negro com esquinhas de plástico injectado e bainha para sonda de temperatura.	3,000	535,00	1605,00
mt38bur050aaaa	Ud	Kit de suporte básico para coletor solar térmico em posição vertical integrado em cobertura de telha canudo ou lusa, "BUDERUS".	1,000	635,00	635,00
mt38bur050aaba	Ud	Kit de suporte de ampliação para coletor solar térmico em posição vertical integrado em cobertura de telha canudo ou lusa, "BUDERUS".	1,000	265,00	265,00
mt38bur100b	Ud	Kit de ligações hidráulicas para colectores solares térmicos sobre cobertura inclinada, "BUDERUS".	1,000	143,00	143,00
mt38bur101	Ud	Purgador automático, especial para aplicações de energia solar térmica, "BUDERUS".	1,000	75,00	75,00
mt38bur102	Ud	Válvula de segurança especial para aplicações de energia solar térmica, de 6 bar, "BUDERUS".	1,000	40,00	40,00
mt38bur105	Ud	Bidão de 10 l de solução água-glicol para enchimento de coletor solar térmico, Tyfocor LS "BUDERUS".	1,000	40,00	40,00
mt37sve010d	Ud	Válvula de esfera de latão niquelado para enroscar de 1".	2,000	9,81	19,62
mo006	h	Oficial de 1ª montador.	7,000	13,96	97,72
mo048	h	Ajudante montador.	7,000	12,46	87,22
	%	Meios auxiliares	2,000	3007,56	60,15
	%	Custos indirectos	3,000	3067,71	92,03
Custo de manutenção decenal: 2.401,40 € nos primeiros 10 anos.				Total:	3159,74

Tabela 64 - Orçamento de caldeira elétrica [21].

ICI010 Un Caldeira elétrica, doméstica, para aquecimento.

Caldeira mural elétrica para aquecimento, potência de 15 kW, com três escalões de potência de 5, 10 e 15 kW.

Composto	Un	Composição	Rend.	p.s.	Preço artigo
mt38cme010b	Un	Caldeira mural elétrica para aquecimento, potência de 15 kW, com três escalões de potência de 5, 10 e 15 kW, constituída por corpo de caldeira, envolvente, vaso de expansão, bomba, termostato e todos aqueles componentes necessários para o seu funcionamento incorporados no seu interior; inclusive acessórios de fixação.	1,000	2990,57	2990,57
mt38www010	Un	Material auxiliar para instalações de aquecimento.	1,000	5,12	5,12
mo002	h	Oficial de 1ª montador de instalações de calefação.	4,860	15,29	74,31
mo094	h	Ajudante de montador de instalações de calefação.	4,860	9,19	44,66
	%	Meios auxiliares	2,000	3114,66	62,29
	%	Custos indiretos	3,000	3176,95	95,31
Custo de manutenção decenal: 857,36 € nos primeiros 10 anos.				Total:	3272,26

Anexo C. Componentes da instalação.

TERMOACUMULADOR 75L



Termoacumulador com Serpentina

[Mais detalhes](#)

349,98 € IVA incl.

Posição:

Referência: TA00060

Quantidade

[Adicionar](#)

- [Enviar a um amigo](#)
- [Imprimir](#)
- [Ver em tamanho grande](#)

MAIS INFORMAÇÕES

Informação acerca do produto

- Potência=1500W
- Tensão=220V
- Pressão=6(bar)
- Material=Aço Inox Duplex 2304
- Válvula de segurança
- kit eléctrico incluído
- Pressão de ensaio=12 bar
- Ligações hidráulicas=3/4"
- Isolamento= Granulado de cortiça queimada comprimido $\lambda = 0,04W/m,^{\circ}C$
- Espessura de isolamento=35mm
- Temperatura máxima indicada =75º
- Temperatura máxima de segurança=90º
- Dupla segurança do termóstato
- Termómetro
- Posição Standard= Vertical chão
- Dimensões= Altura 930m
 - Diâmetro=400mm
- Revestimento= Chapa Lacada Cinza
- Fabricante Termobrasa

Figura 32 - Características do termoacumulador 75 l [22].



Especificações

1: automatismo de controle de tensão e frequência. 2: pode ligar ou desligar os aparelhos elétricos 3:1500r4 m: muitos knids de cabeça

principal especificações			
turbina			observações
tipo	1.5kw		
Reted: cabeça	25-35m		Bocal único turgo
Avalado fluxo	0.015-0.019 m³ sup3/s		turbina
power	3.0kw		
eficiência	75%		
gerador			observações
tipo	15kw		está em
Avalado potência	15kw		conformidade com
Avalado tensão	230v		a normaiec
Avalado corrente	13.0a		comãinternacional
freq	50hz		eletricista norma
nominal de rotação	1500 r/min		
fase	1		
P. F.	1.0		
altitude	& le: 3000m		
Isolamento grau	B/b		
Antisepticos grau	ip44		
Ambiente temperatura	-25& deg; c:+50& deg; c		
umidade relativa do ar	& le: 90%		
painel de controle			observações
proteção de segurança	proteção contra curto circuito islanding proteção sobre a carga de proteção Aterramento de proteção de falha		
material de embalagem	papelão		
tamanho da embalagem	79& la; vases: 47& la; vases: 60cm		
peso da embalagem	net	kg	80
	bruto	kg	90
Declarou: este produto apresenta ou o parâmetro técnico revisão se o aperfeiçoamento técnico resultado, nenhuma outra			

Figura 33 - Características da do gerador/turbina [23].

Inversor de onda pura Victron phoenix 2000W (12V)



Acessório necessário para poder usar equipamentos de 220v mediante a instalação solar. Este inversor Victron converte a corrente contínua de 12v em corrente alternada a 220v graças ao seu sistema de transformação de onda sinusoidal pura. Só um inversor de onda pura permite obter corrente alternada de alta qualidade, conseguindo-se ligar qualquer tipo de electrodoméstico con la garantía de obtener un óptimo funcionamiento. Acepta una potencia máxima en pico de 4000W y una potencia en nivel estable de 2000W.

Envío gratuito

824.00 €

Imposto incluído



Figura 34 – Inversor de onda pura Victron Phoenix 2000W (12V) [13].

Bateria estacionária TAB TOPzS C100 de 345Ah (C10 265Ah)



Baterias solares estacionárias de excelente qualidade/preço. Oferecem uma capacidade de 345Ah e graças ao seu baixo nível de auto-descarga e uma vida média longa, são muito úteis numa instalação solar. Estas baterias formam-se mediante 6 módulos de 2V conseguindo 12V de funcionamento, e permitem uma rápida e cómoda manutenção.

Envío gratuito

640.00 €

Imposto incluído



Gosta deste produto? partilhe-o

Características do produto

Bateria estacionária TAB TOPzS C100 de 345Ah (C10 265Ah)

Formada por 6 unidades de 2V. A melhor bateria solar.
Código del producto: da0462

Características:

- su alta capacidad
- larga vida media
- mantenimiento reducido
- baja autodescarga
- control del nivel de ácido sencillo y rápido
- bajo nivel de consumo de agua
- dimensiones y pesos ajustados
- la más baja y constante corriente de flotación

Figura 35 - Bateria estacionária [11].

Regulador Victron blue solar 40A mppt



A série de reguladores PR é, sem sombra de dúvidas, a mais importante da marca Steca, permitindo uma manutenção superior e ótima das baterias da instalação solar. Um ecrã grande permite ao usuário informar-se sobre o nível de carga da baterias e do seu funcionamento. Permite conhecer dados mediante o ecrã digital como a tensão, corrente e o estado de carga. Também inclui um contador de energia para saber qual foi a corrente gerada pela placa solar num período determinado de tempo. Oferece todo o tipo de proteções contra sobrecarga, descargas profundas, curtos-circuitos, polaridades, etc.

Envio gratuito

245.00 €

Imposto incluído



Gosta deste produto? partilhe-o

Características do produto

Regulador Victron blue solar 40A mppt

Tipo de MPPT: melhorar o desempenho dos painéis de até 30%.

Código del producto: da0185

Características:

Tensiones de batería 12V or 24V, auto select

Corriente de carga 20A / 30A / 40A / 50A

MPPT tracking Si

Tensión máxima de paneles Voc 55V

Eficiencia > 97%

Consumo < 10mA

Valores predeterminados

Absorcion 14.6V 29.2V


Flotación 13.4V 26.8V

Peso 1,4 Kg

Figura 36 – Regulador Victron Blue 40A mppt [12].

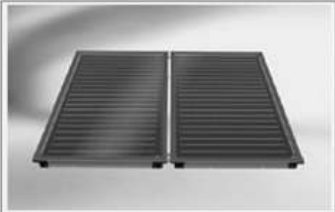
© CYPE Ingenieros, S.A. - Page obsolète - Aller à la page actuelle

Informação técnica

 Energia solar térmica. Catálogo e tabela de preços. (em Castelhanó)

Série

Logasol



Montagem


Vertical

Horizontal

Integrado em cobertura de telha canudo ou
 Integrado em cobertura de ardósia

Modelo

SKE 2.0-
 SKN 3.0-
 SKS 4.0-
 s



Superfície útil: 2.23 m²
 Dimensões: 1145x2070x90 mm
 Rendimento óptico: 0.717
 Coeficiente de perdas primário: 5.773 W/m²K
 Coeficiente de perdas secundário: 0.007 W/m²K²

Superfície da bateria: 6.69 m²

Figura 37 - Características do painel Termo solar SKE 2.0 –s .



Figura 39 - Radiador para instalação na habitação.

Anexo D. Diagramas de fase do frigorigénios.

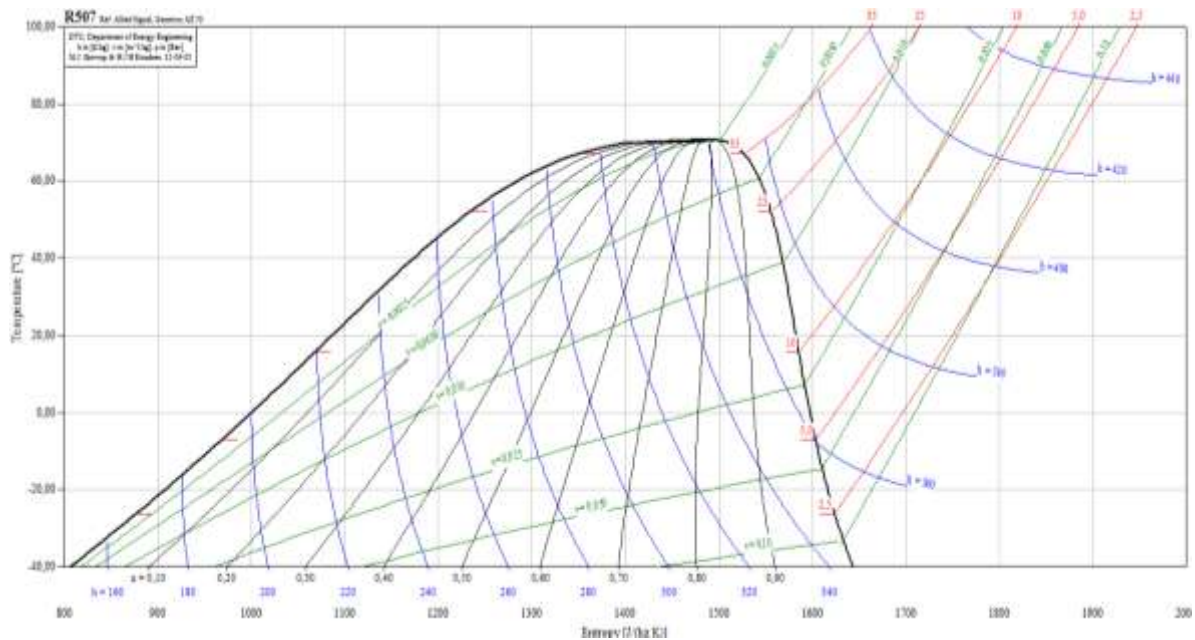


Figura 40 - Diagrama T-S R507, linhas azuis- entalpia, linhas vermelhas temperatura, linhas verdes – volume específico, linhas pretas – título [4].

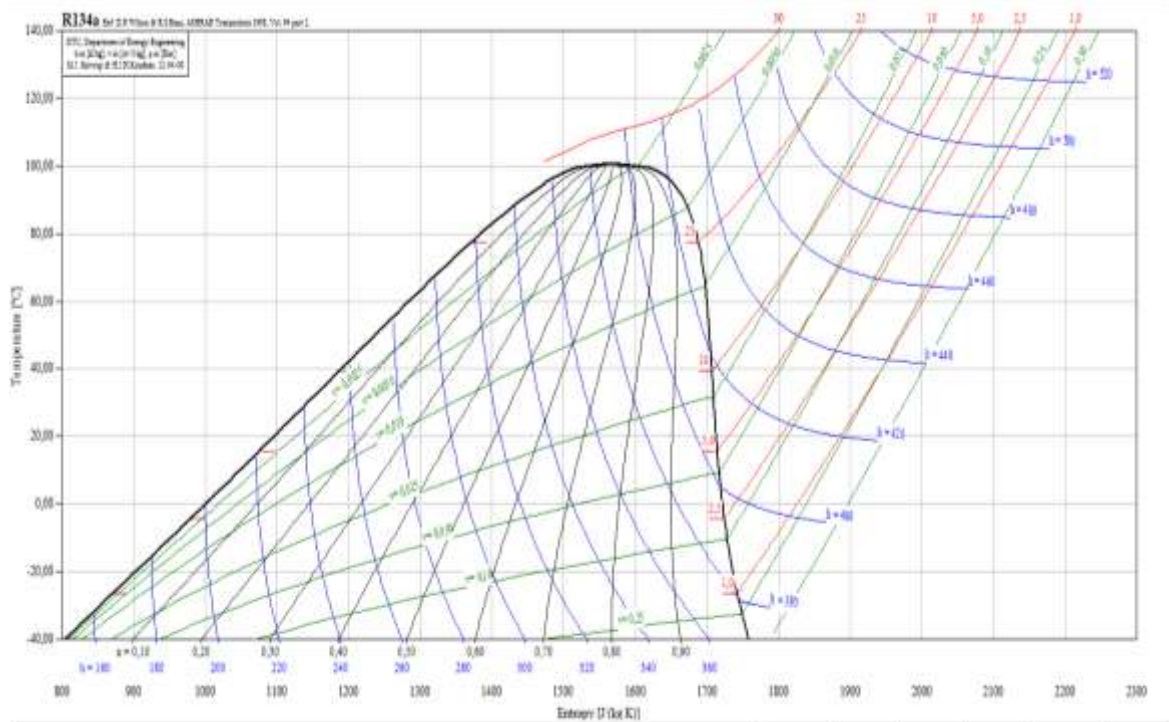


Figura 41 - Diagrama T-S R134a, linhas azuis- entalpia, linhas vermelhas temperatura, linhas verdes – volume específico, linhas pretas – título [4].

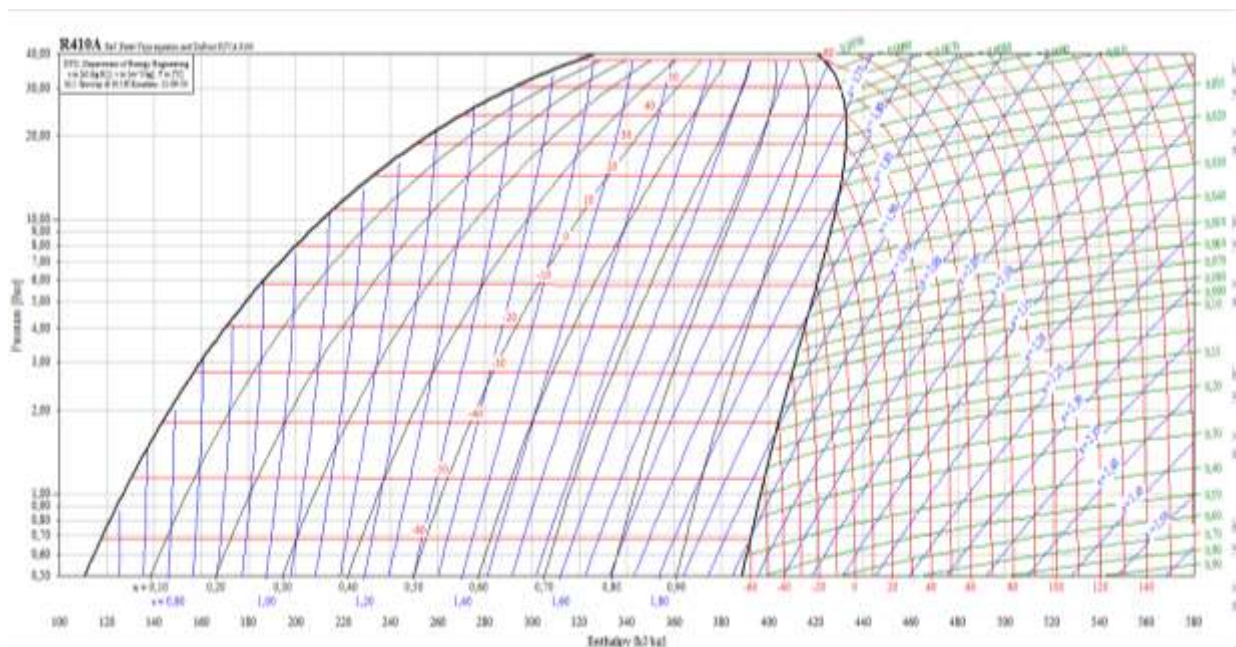


Figura 42 – Diagrama P-h R410a, linhas azuis entropia, linhas vermelhas – temperatura, linhas verdes – volume específico, linhas pretas – título [16]