



solarcombi+

# Descrição e representação visual dos mercados mais promissores

Editado por

Juan Rodriguez, Roberto Fedrizzi

Versão v5.0

**EURAC**  
research

Bolzano, 25.01.2010



## Índice

1	Introdução .....	4
2	Metodologia.....	5
2.1	Índices de Construção e Demandas.....	5
2.1.1	GDA.....	7
2.1.2	GDR.....	8
2.1.3	Demandas de refrigeração e aquecimento emitidas pela simulação de edifício. ....	8
2.2	Parâmetros de radiação.....	9
2.2.1	Radiação crítica .....	11
2.2.2	Radiação útil.....	13
3	Resultados .....	14
3.1	O mercado de colectores solares térmicos .....	14
3.2	Os preços da energia .....	16
3.3	Os valores de aquecimento e refrigeração.....	18
3.4	A radiação útil para o aquecimento do espaço (40°C) .....	18
3.5	DHW (AQS, Água Quente Sanitária) Preparação da radiação útil (60°C).....	20
3.6	Resfriadores por sorção como propulsores da radiação útil.....	22
3.6.1	Resfriadores por adsorção (70°C-estação de refrigeração).....	23
3.6.2	Resfriadores de absorção (90°C-estação de refrigeração).....	24
4	Conclusões .....	26
5	Referências .....	27

## Lista de Figuras

Figura 1 - Condições de conforto ideal num diagrama psicrométrico. ....	6
Figura 2 - Condições ambientais seleccionadas dentro do projeto Solar Combi+. ....	6
Figura 3 - GDA na Europa .....	7
Figura 4 - GDR na Europa.....	8
Figura 5 - Radiação total horizontal.....	9
Figura 6-Radiação total numa superfície inclinada na temporada de aquecimento (8 meses).....	10
Figura 7-Radiação total numa superfície inclinada na temporada de refrigeração (4 meses).....	10
Figura 8 - Colector de placa plana: $k_0 = 0.823$ , $k_1 = 3.02 \text{ W/m}^2\text{K}$ .....	12
Figura 9 - Colector de tubo evacuado: $k_0 = 0.601$ , $k_1 = 0.767 \text{ W/m}^2\text{K}$ .....	12
Figura 10 - Mercado solar térmico na Europa. Campos solares térmicos cumulativos instalados em 2008.....	14
Figura 11 - Mercado solar térmico na Europa. Instalações em 2004 .....	15
Figura 12 - Mercado solar térmico na Europa. Instalações em 2008 .....	15
Figura 13 - Preços do gás na Europa - Fonte Eurostat .....	17
Figura 14 - Preços da electricidade na Europa - Fonte Eurostat.....	17

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Demandas de edificios simulados [ $\text{kWh/m}^2/\text{ano}$ ] .....	9
Tabela 2- Radiações horizontais, ângulo de inclinação $40^\circ$ para a temporada de aquecimento e a de refrigeração .....	11
Tabela 3 - Instalações de colectores solares térmicos na Europa - Fonte ESTIF, AEE-Intec .....	16
Tabela 4 - Valores de GDA e GDR para as cidades estudadas no projeto. ....	18
Tabela 5 - Radiação útil [ $\text{kWh/m}^2/\text{ano}$ ] a $40^\circ\text{C}$ para o aquecimento (8 meses).....	19
Tabela 6 -Radiação útil [ $\text{kWh/m}^2/\text{ano}$ ] a $60^\circ\text{C}$ para a preparação de água quente para uso doméstico. ....	20
Tabela 7- Relação entre as energias colhidas pela PF e TE em uma determinada época .....	21
Tabela 8 -Radiação útil [ $\text{kWh/m}^2/\text{ano}$ ] para a refrigeração (4 meses) .....	23
Tabela 9 - Radiação útil [ $\text{kWh/m}^2/\text{ano}$ ] para a refrigeração (4 meses) .....	25



# 1 Introdução

O escopo do trabalho é a identificação dos mercados mais promissores da Europa para a instalação de sistemas de combi Solar Plus, com base no mercado de coletores solares térmicos e dados meteorológicos.

A idéia principal do trabalho é a criação de mapas que, de uma forma gráfica, permitem uma fácil avaliação dos locais que são adequados para este tipo de aplicação. Os dados do mercado de coletores solares térmicos na Europa foram estudados como um primeiro passo da análise, a fim de individualizar os mercados que estão mais sensíveis à exploração da energia solar para aplicações térmicas (água quente para uso doméstico e produção de aquecimento).

Depois, os preços da energia foram analisados para identificar os países onde os clientes são normalmente sensíveis ao consumo de energia.

Enfim, os dados meteorológicos foram estudados para avaliar a quantidade máxima de energia solar que pode ser obtida a partir de uma tecnologia de colector (os coletores de placa plana e de tubo evacuado foram considerados) em diferentes temperaturas, em relação aos diferentes sistemas de distribuição instalados no edifício. Ao mesmo tempo, a demanda de aquecimento e arrefecimento de edifícios na Europa foi avaliada durante todo o ano. Comparando a demanda e a disponibilidade de energia, os mercados mais promissores foram definidos.

## 2 Metodologia

Os dados dos coletores solares térmicos para a elaboração dos mapas foram obtidos através do documento de ESTIF [□] "Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2007", que foi elaborado a partir das informações AEE-Intec, pelo mercado de energia solar térmica para o aquecimento e a preparação de água quente para uso doméstico. Os dados recuperados foram utilizados sem qualquer elaboração.

Para a elaboração dos dados meteorológicos, foi necessário a criação de um arquivo do Excel com Visual Basic. Os dados utilizados foram escritos de hora em hora no formato TM2 (a maioria deles vêm da base de dados Meteonorm<sup>°6</sup>), e avançam diretamente da série de dados climáticos de 608 estações meteorológicas. É importante observar que nenhum dos arquivos de dados foram interpolados por outras estações meteorológicas. Com base em um arquivo conseguido pela página web da National Renewable Energy Laboratory (E.U.A.) [<http://rredc.nrel.gov/solar/pubs/tmy2>], os dados de 608 lugares foram carregados em um arquivo do Excel e elaborados a fundo. Alguns parâmetros podem ser extraídos diretamente do arquivo original, ou seja:

- O nome da cidade
- O país
- A latitude
- A longitude
- A altitude sobre o nível do mar
- A radiação direta normal
- A radiação horizontal difusa
- A temperature seca

E outros mais, como GDA (Graus Dias de Aquecimento), GDR (Graus Dias de Refrigeração), a radiação crítica, a radiação útil, foram computados. Estes parâmetros, definidos no próximo capítulo, foram calculados por meio dos últimos dados e das entradas inseridas pelo usuário (tipo e eficiência do coletor, as temperaturas útil, etc.) Todas as informações obtidas foram representadas nos mapas da Europa, através de um GIS (Sistema de Informações Geoespaciais) livre.

### 2.1 Índices de Construção e Demandas

O diagrama psicrométrico da Figura 1 delimita em trapézios as condições de vida aceitáveis para o inverno e o verão. Como pode ser visto, o 50% de humidade, as temperaturas de 21°C na época de aquecimento (trapézio azul), e de 25°C na de arrefecimento (rosa) asseguram a qualidade do ar no interior. Movendo o ponto vermelho à esquerda pela curva de umidade relativa de 50%, a quantidade de energia que a construção dissipa no

inverno para o meio ambiente é menor. O contrário acontece no Verão com o ponto azul. Para definir os parâmetros proporcionais às cargas do edifício, foi decidido avaliar como condições internas, 21°C no Inverno e 26°C no verão (ver a Figura 2).

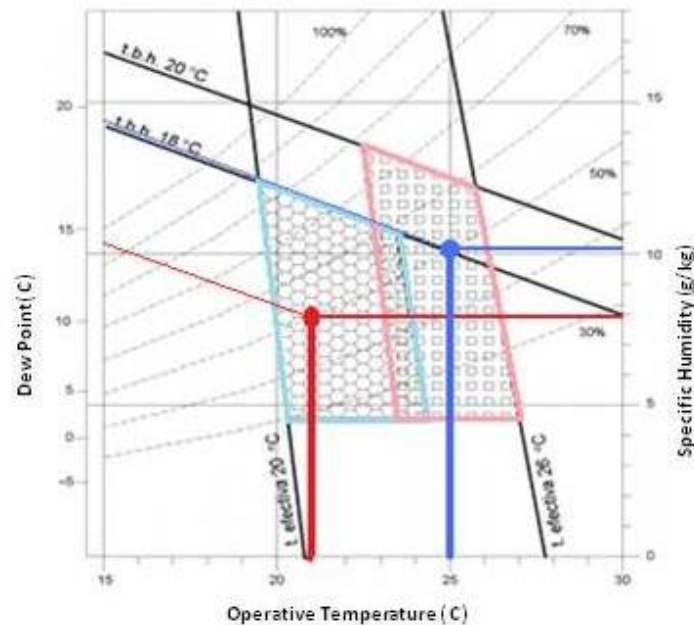


Figura 1 - Condições de conforto ideal num diagrama psicrométrico.

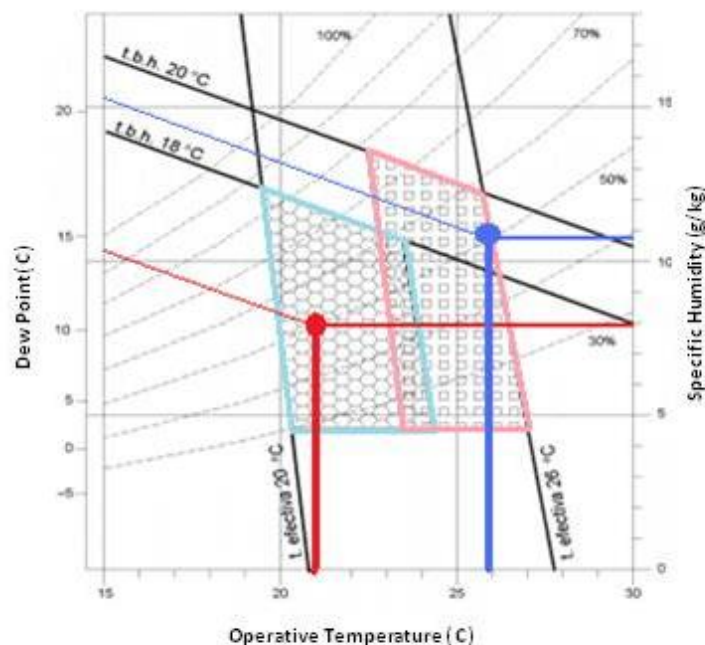


Figura 2 - Condições ambientais selecionadas dentro do projeto Solar Combi+.

Os dois seguintes parâmetros (GDA e GDR) servem como uma primeira avaliação da demanda de energia de um edifício, baseada apenas nas temperaturas externas. Ambos os parâmetros comparam as temperaturas externas com as internas garantindo sempre, ao longo do ano, condições perfeitamente aceitáveis dentro do edifício (calculadas para uma umidade relativa de 50%). Enquanto o parâmetro do inverno (GDA) é um bom exemplo das necessidades de aquecimento do edifício, o fator do verão (GDR) é duvidoso, pois não leva em consideração a humidade (calor latente) e os ganhos solares, que em alguns casos são as maiores contribuições. Todavia, pode ser usado de forma fácil, como primeira aproximação.

### 2.1.1 GDA

Este parâmetro é um índice quantitativo projetado para reflectir a demanda de energia necessária para aquecer um edifício. É derivado a partir de observações diárias da temperatura e calculado como soma anual da diferença de graus entre a temperatura base, que define a temperatura ambiente dentro da construção (normalmente, a temperatura que não permite dispersões no meio ambiente é de 21 °C), e a temperatura externa seca.

$$GDA = \sum_{h=1}^{8760} \frac{(21 - T_{amb,h})}{24} \approx \sum_{d=1}^{365} (21 - T_{amb,d})$$

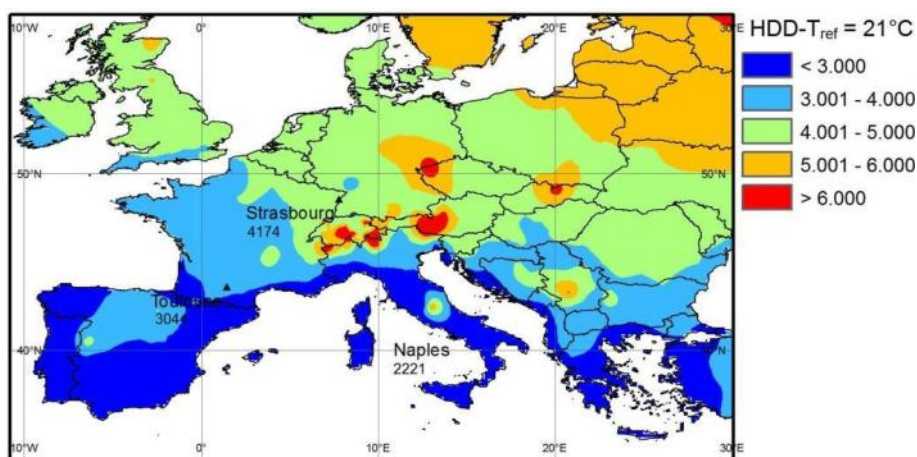


Figura 3 - GDA na Europa

No caso de SC+, que pode ser visto como uma divisão da Europa em 5 zonas, as cidades consideradas pertencem às três mais quentes (Nápoles 2221, Toulouse 3040, Estrasburgo, 4174). As outras duas zonas que correspondem aos valores dos GDA mais de 5000 não serão estudadas, no geral porque, como pode-se observar nas figuras seguintes, não haverá necessidade de esfriá-las suficiente para ser um caso interessante para os sistemas SC+.



A comparação entre as três cidades mostra um incremento dos GDR de 36% entre Nápoles e Toulouse e de 88% entre Nápoles e Estrasburgo.

### 2.1.2 GDR

O parâmetro GDR é definido de forma análoga para avaliar os ganhos obtidos com a construção devidos às temperaturas externas (a temperatura de referência é de 26°C).

$$GDR = \sum_{h=1}^{8760} \frac{(T_{amb,h} - 26)}{24} \approx \sum_{d=1}^{365} (T_{amb,d} - 26)$$

Novamente, como pode-se observar na figura 4, os valores correspondentes aos GDR são muito diferentes para as cidades escolhidas. (70 para Nápoles, 26 para Toulouse e 9 para Estrasburgo). Comparando com o valor de Nápoles, Toulouse e Estrasburgo são, respectivamente, inferiores do 63% e do 87%.

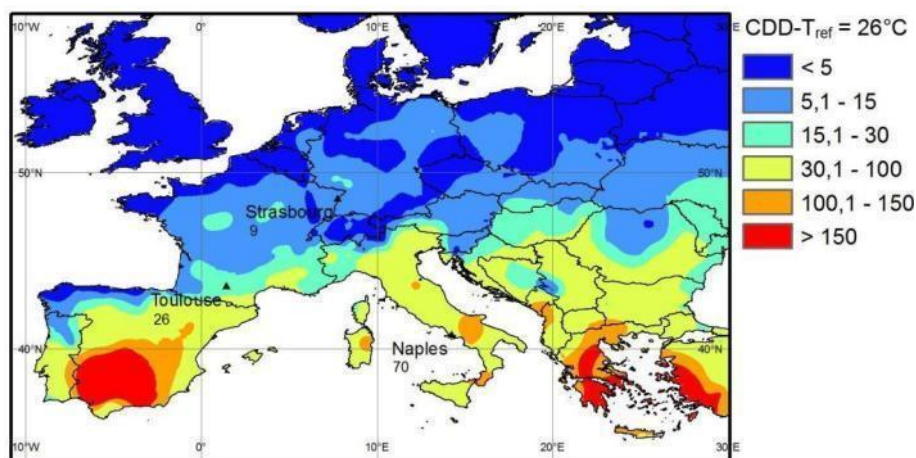


Figura 4 - GDR na Europa

### 2.1.3 Demandas de refrigeração e aquecimento emitidas pela simulação de edifício.

As demandas totais de refrigeração e aquecimento de edifícios simulados com o programa SC+ são apresentadas na Tabela 1.



Tabela 1 - Demandas de edificios simulados [kWh/m<sup>2</sup>/ano]

kWh/m <sup>2</sup> /a	Escritório		Casa típica			Casa baixo de consumo		
	Heating	Cooling	Heating	Cooling	DHW	Heating	Cooling	DHW
Estrasburgo	69.74	34.19						
Toulouse	34.13	50.28	46.05	5.69	12.66	24.58	6.12	12.66
Nápoles	9.22	80.75	21.11	18.45	11.43	9.37	17.45	11.43

Comparando Toulouse com Nápoles, pode-se observar que as cargas de aquecimento variam entre cerca de 9 e 46 kWh/m<sup>2</sup>/ano. As cargas de refrigeração variam entre 6 e 20 kWh/m<sup>2</sup>/ano quando se consideram os edificios residenciais, enquanto os valores mais elevados são observados em relação à aplicação para escritório (50-80 kWh/m<sup>2</sup>/ano).

Se Nápoles é comparado a Estrasburgo (neste caso só a aplicação para escritório foi simulada), as cargas de aquecimento são 7 vezes maior em Estrasburgo, enquanto as cargas de refrigeração são apenas três vezes maior em Nápoles.

## 2.2 Parâmetros de radiação

A radiação total numa superfície horizontal primeiro foi primeiro calculada a partir da radiação directa normal e difusa dos arquivos meteorológicos.

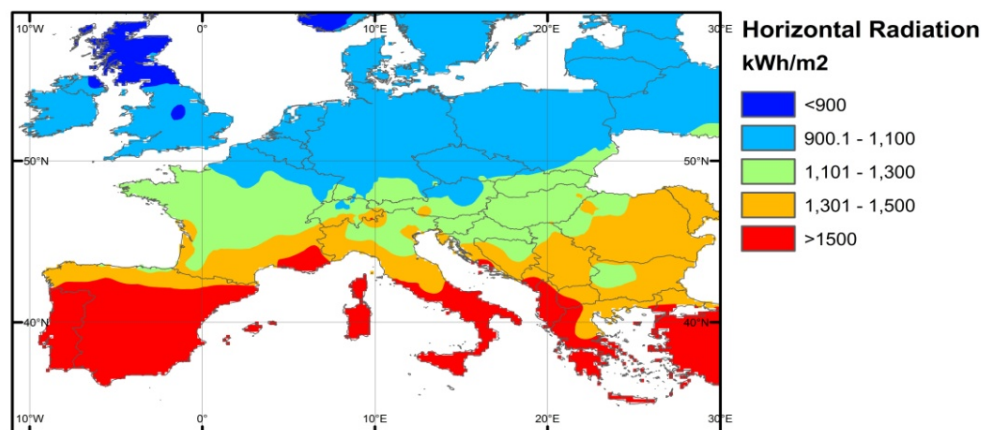


Figura 5 - Radiação total horizontal

A delimitação destes dados foi necessária para avaliar a energia adequada para uma superfície inclinada orientada para o sul. Para fins de comparação, o ângulo de inclinação dos coletores escolhidos para todos os países europeus foi de 40°, embora o melhor valor varie com a latitude. Além disso, dois mapas diferentes foram criados, um para a estação de aquecimento e um para a de refrigeração (a temporada de refrigeração é a

partir de 15 de maio até 15 de setembro, a de aquecimento é o restante do ano).

As duas últimas figuras representam a quantidade máxima de energia que pode ser absorvida pelo sol, independentemente do tipo de coletor e da temperatura necessária nos processos, por isso estes gráficos correspondem aos limites mais altos possíveis da energia absorvida. É interessante observar na tabela 2 como a energia total que pode ser captada durante os oito meses de aquecimento e os quatro de refrigeração é quase idêntica nas três cidades.

Para criar figuras mais representativas, foram introduzidos mais dois parâmetros para tomar em consideração a temperatura ambiente e as temperaturas de saída do coletor: a radiação crítica e a útil.

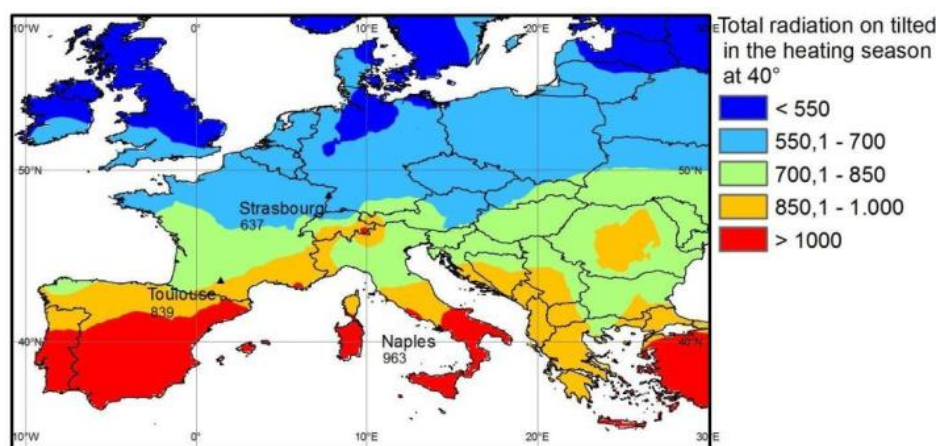


Figura 6-Radiação total numa superfície inclinada na temporada de aquecimento (8 meses).

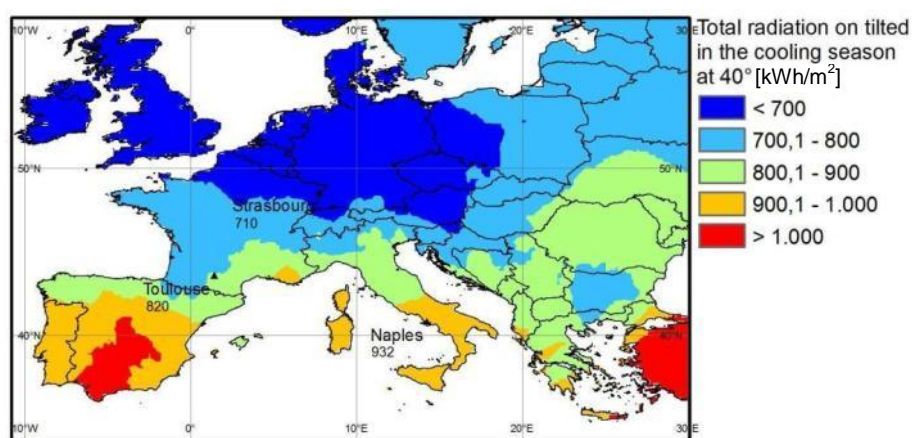


Figura 7-Radiação total numa superfície inclinada na temporada de refrigeração (4 meses).

Tabela 2- Radiações horizontais, ângulo de inclinação 40° para a temporada de aquecimento e a de refrigeração

	Radiação Total Horizontal	Temporada de aquecimento Radiação inclinada 40°, na direção Sul (8 meses)	Temporada de refrigeração Radiação inclinada 40°, na direção Sul (4 meses)
Estrasburgo	1540	637	710
Toulouse	1897	839	820
Nápoles	2135	963	932

## 2.2.1 Radiação crítica

Um colector térmico é definido pela sua eficácia, que avalia o seu desempenho como a capacidade da radiação solar colhida menos as perdas térmicas para o ambiente:

$$\eta = IAM \times k_0 - k_1 * \frac{(T_{avg} - T_{amb})}{G_{\perp}} - k_2 \frac{(T_{avg} - T_{amb})^2}{G_{\perp}}$$

- $k_0$  = ângulo eficiência óptica (0.823 - chapa plana, 0.601 - tubos evacuados, com relação à área bruta dos colectores)
- $k_1$  = coeficiente de perda linear (3.02 W/(m<sup>2</sup>\*K) - chapa plana, 0.767 W/(m<sup>2</sup>\*K) - tubos de vácuo, com relação à área bruta dos colectores)
- $k_2$  = coeficiente de perda quadrática (não utilizado neste caso, devido aos seus efeitos secundários em temperaturas de até 100°C)
- $T_{avg}$  = temperatura média
- $T_{amb}$  = temperature ambiente
- IAM = modificador do ângulo de incidência, avalia em percentuais a quantidade de energia que chega ao coletor em função dos dois ângulos (transversal e longitudinal) que o sol forma, de hora em hora, com o colector inclinado.  $IAM = IAM_T \times IAM_L$

A radiação crítica é definida como o nível de radiação que cria o equilíbrio entre as perdas de um colector e a energia colhida para uma temperatura predeterminada. Desenvolvendo a seguinte equação para uma eficiência igual a 0 e sem levar em conta o coeficiente de perda quadrática, a irradiação obtida é representada por:

$$I_{Critical}^{temp, coll} = \frac{k_1}{IAM \times k_0} * (T_{procces} - T_{amb})$$

Como pode ser visto, para definir a radiação crítica deve estar previamente definido: o tipo de colector, os ângulos de IAM (longitudinal e transversal) e as temperaturas necessárias para os processos considerados (na primeira tentativa, a temperatura na saída dos colectores).

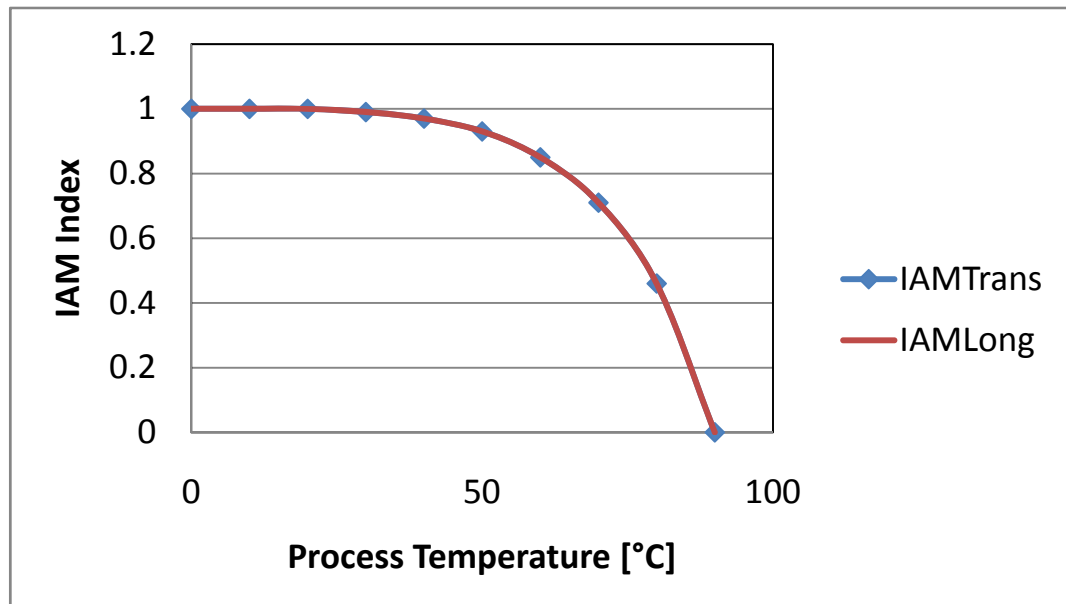


Figura 8 - Colector de placa plana:  $k_0 = 0.823$  ,  $k_1 = 3.02 \text{ W/m}^2\text{K}$

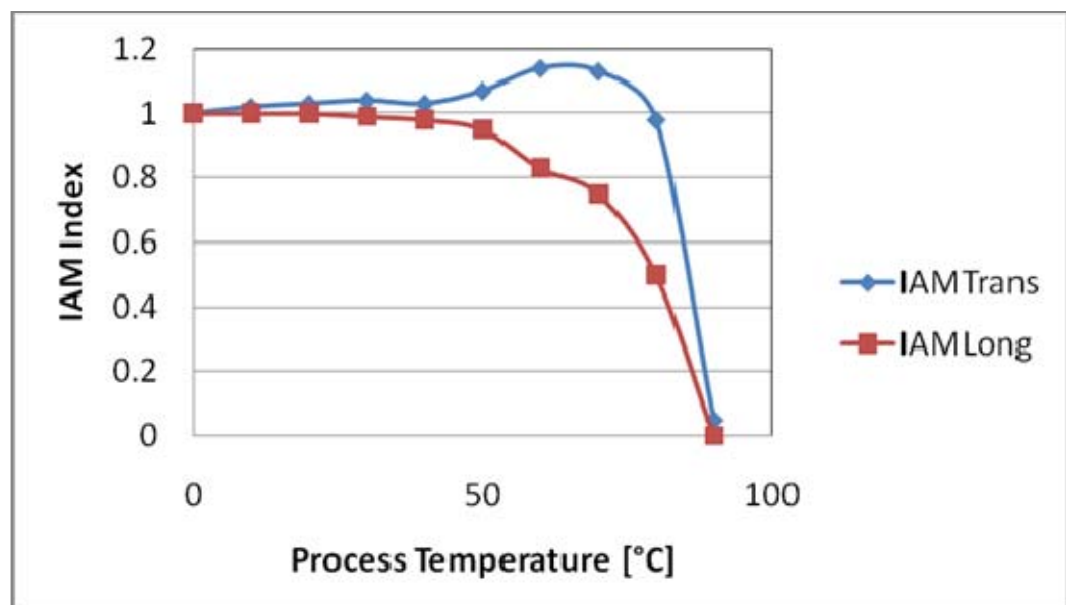


Figura 9 - Colector de tubo evacuado:  $k_0 = 0.601$  ,  $k_1 = 0.767 \text{ W/m}^2\text{K}$

### 2.2.2 Radiação útil

É definida como a diferença entre a radiação total recebida por um colector e a sua radiação crítica. Ele representa a quantidade de energia para um determinado colector e as condições climáticas (a radiação e a temperatura ambiente) que podem ser utilizadas para aquecer o fluido térmico até uma dada temperatura:

$$I_{Useful}^{temp,coll} = I_{total} - I_{Critical}^{temp,coll}$$

No âmbito deste projecto, as temperaturas do processo consideradas eram dependentes das tecnologias dos resfriadores de sorção utilizados para a produção de água fria, segundo as necessidades para distribuir a água quente doméstica e o aquecimento. Portanto, as temperaturas consideradas para o cálculo da radiação crítica foram:

- 40°C para o aquecimento, através da alimentação directa do chão radiante ou dos ventiloconvectores .
- 60°C para DHW ao longo do ano .
- 70°C para os resfriadores por adsorção (época de Verão).
- 90°C para os resfriadores por adsorção (época de Verão).

É importante lembrar que os resultados estão relacionados com a quantidade máxima de energia colhida, num determinado processo e em determinadas temperaturas ambiente; portanto, no caso dos resfriadores, a temperatura avaliada é a mínima que pode accionar o sistema. Além disso, os parâmetros característicos dos colectores ( $k_0$  e  $k_1$ ) são considerados constantes para os cálculos, o que só é possível se a temperatura de entrada deles também é considerada constante. Isso só é possível se a demanda e a radiação útil se sobrepõem sempre, e este não é o caso. Como consequência, o modelo utilizado apresenta algumas simplificações que resultam, de algum modo, em valores superestimados, quando é comparado às energias reais disponíveis para o aquecimento, a refrigeração e a produção de água quente para uso doméstico. Mas o modelo é bem adequado para a finalidade da análise dos mercados mais promissores, como permite uma fácil comparação das regiões europeias em termos de oferta de energia solar em diferentes épocas do ano.

## 3 Resultados

### 3.1 O mercado de colectores solares térmicos

A figura 10 mostra o mercado solar térmico europeu em termos de área geográfica dos colectores vendidos até o 2008 inteiro. Como se pode observar, o maior mercado é o da Alemanha com cerca de 11 Mm<sup>2</sup> instalados; Grécia, Áustria, Itália, França e Espanha seguem com cerca de 3.9, 3.2, 1.6, 1.6 e 1.4 Mm<sup>2</sup> vendidos. Se for considerada a área dos colectores por habitante, a Áustria, Grécia e a Alemanha têm novamente os valores mais elevados (respectivamente 388, 344 e 135 m<sup>2</sup>/1000 habitantes).

Portanto, considera-se o status quo, os últimos três países parecem oferecer as melhores possibilidades para a entrada no mercado das tecnologias dos sistemas de aquecimento solar e de refrigeração. Outros países, como Chipre e Malta, apresentam valores notáveis da área dos colectores por habitante (respectivamente 873 e 75 m<sup>2</sup>/1000 habitantes); todavia, eles não podem ser considerados como mercados promissores, como um todo, devido às suas reduzidas dimensões absolutas. Os outros países mencionados (Itália, Espanha e França) seguem de longe.

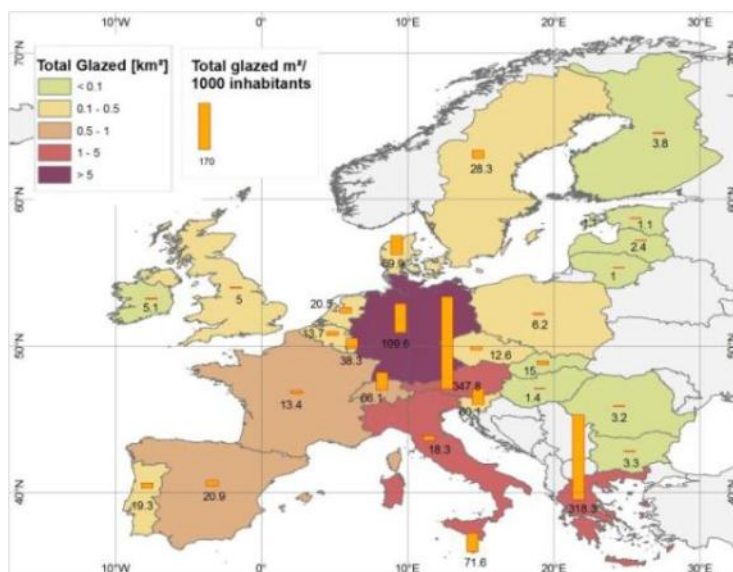


Figura 10 - Mercado solar térmico na Europa. Campos solares térmicos cumulativos instalados em 2008.

Se usamos uma aproximação do crescimento para identificar os mercados promissores, podemos considerar as instalações de colectores dos últimos quatro anos. O aumento do mercado neste intervalo de tempo mostra claramente que também outros países podem ser tidos em conta; entre os do sul com um bom potencial de exploração da energia solar, a Eslovénia,



Portugal, e novamente a França, Espanha e a Itália registam aumentos surpreendentes dos seus mercados da energia solar térmica: respectivamente +789%, +760%, +646%, +382% e + 260% (ver Figura 11, Figura 12). Os três maiores mercados (Alemanha, Áustria e Grécia) crescem em ritmo mais lento, embora ainda se observe +34% na Grécia, +90% na Áustria e +180% na Alemanha.

Portanto, todos os países mencionados podem ser considerados, de algum modo, adequados para as aplicações de sistemas solares térmicos e promissores para as instalações de “solar combi plus”.

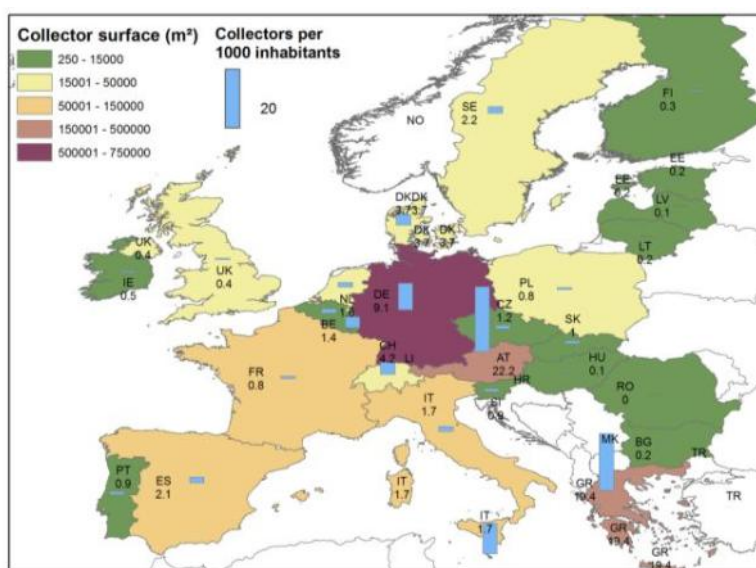


Figura 11 - Mercado solar térmico na Europa. Instalações em 2004

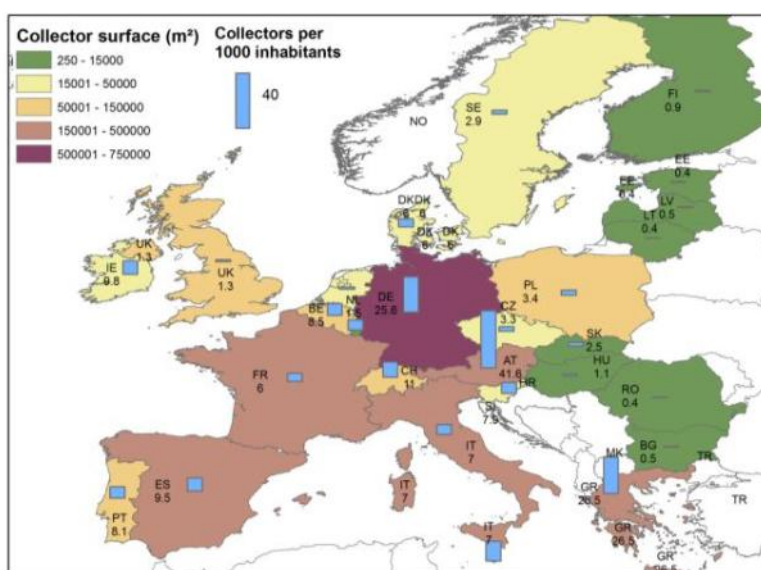


Figura 12 - Mercado solar térmico na Europa. Instalações em 2008




**Tabela 3 - Instalações de colectores solares térmicos na Europa - Fonte ESTIF, AEE-Intec**

	m <sup>2</sup>				m <sup>2</sup> /1000 habitantes				
	2004	2006	2008	Cumulat at 2008	2004	2006	2008	Cumulat at 2008	Increase 04-08
AT	182594	292669	347703	3240330	22.2	35.3	41.6	387.8	187%
BE	14700	35636	91000	268947	1.4	3.4	8.5	25.0	607%
BG	1800	2200	4000	31600	0.2	0.3	0.5	4.2	250%
CH	31160	51863	85000	593980	4.2	6.9	11.0	77.1	261%
CY	30000	60000	68000	693200	40.0	77.1	85.6	873.1	214%
CZ	12250	22030	35000	165100	1.2	2.1	3.3	15.8	275%
DE	750000	1500000	2100000	11094000	9.1	18.2	25.6	135.3	281%
DK	20000	25300	33000	418280	3.7	4.6	6.0	75.9	162%
EE	250	300	500	1970	0.2	0.2	0.4	1.5	200%
ES	90000	175000	434000	1411166	2.1	3.9	9.5	30.8	452%
FI	1630	3200	4800	25293	0.3	0.6	0.9	4.7	300%
FR	52000	220000	388000	1624100	0.8	3.5	6.0	25.2	750%
GR	215000	240000	298000	3868200	19.4	21.5	26.5	343.6	136%
HU	1500	1000	11000	25250	0.1	0.1	1.1	2.5	1100%
IE	2000	5000	43610	74400	0.5	1.2	9.8	16.7	1960%
IT	97738	186000	421000	1606230	1.7	3.1	7.0	26.7	411%
LT	500	600	840	4290	0.2	0.3	0.4	1.9	200%
LU	1700	2500	3600	22500	3.7	5.3	7.3	45.6	197%
LV	500	1200	1800	7150	0.1	0.4	0.5	2.1	500%
MT	4215	4500	6000	35360	10.5	11.0	14.5	85.5	138%
NL	26300	14685	25000	363341	1.6	0.9	1.5	22.0	93%
PL	28900	41400	129632	365676	0.8	1.1	3.4	9.6	425%
PT	10000	20000	86000	318950	0.9	1.9	8.1	30.0	900%
RO	400	400	8000	94300	0.0	0.0	0.4	4.4	n.a.
SE	20058	28539	26813	289207	2.2	3.1	2.9	31.2	131%
SI	1800	6900	16000	137300	0.9	3.4	7.9	67.6	877%
SK	5500	8500	13500	95250	1.0	1.6	2.5	17.6	250%
UK	25000	54000	81000	385920	0.4	0.9	1.3	6.3	325%

## 3.2 Os preços da energia

A Figura 13 e a Figura 14 reportam os preços do gás e da electricidade na Europa. Os clientes são mais sensíveis ao seu consumo de energia e, portanto, podem ser mais sensíveis à eficiência energética, nos países onde se encontram altos valores para ambos os preços. A partir dos mapas, esses países (sul) são: Alemanha, Áustria, Portugal, República Checa, Eslováquia, Espanha, Itália e França.

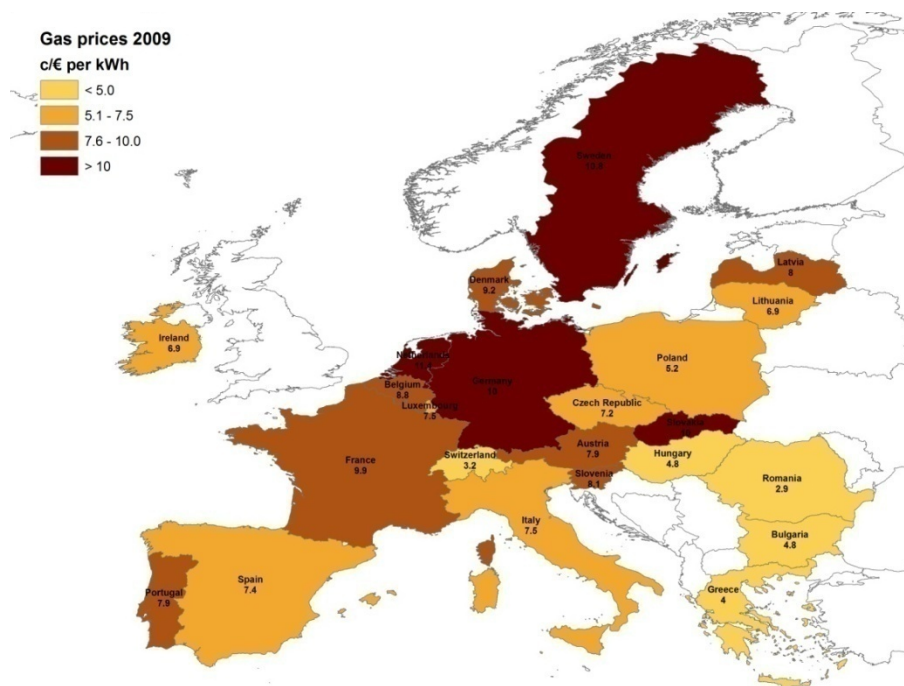


Figura 13 - Preços do gás na Europa - Fonte Eurostat

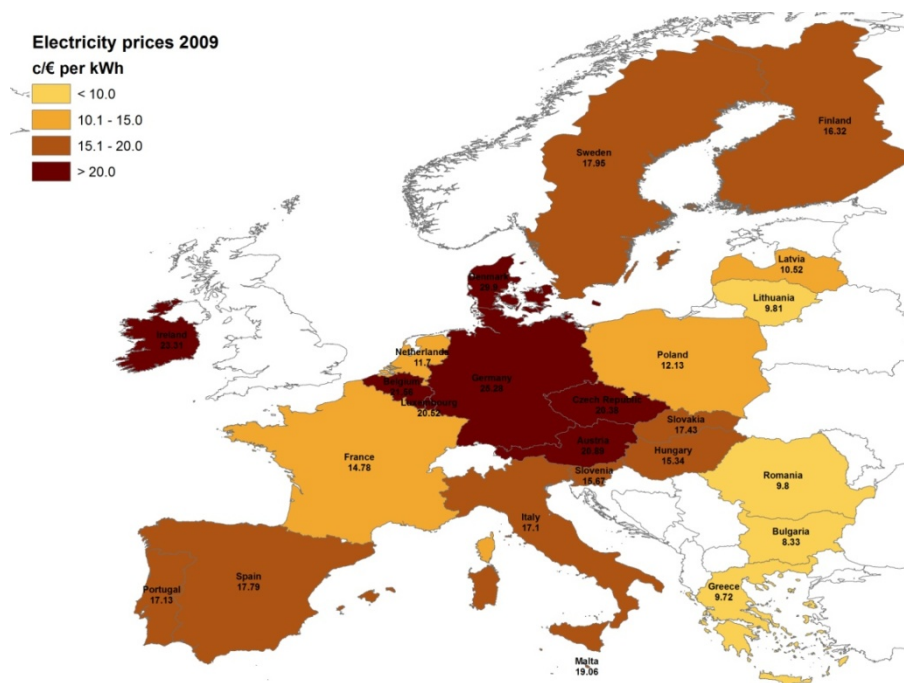


Figura 14 - Preços da electricidade na Europa - Fonte Eurostat

### 3.3 Os valores de aquecimento e refrigeração

No mapa dos GDA apresentado (Figura 3), pode-se ver quanto muda GDA dentro da Europa: o valor aumenta (a demanda de energia para o aquecimento sobe proporcionalmente) de cerca de 2000° de GDA na Europa do Sul até mais de 5000° de GDA no países do Norte (comparar também os dados relativos as três cidades estudadas no âmbito do projecto, Tabela 4). Comparando o último mapa com o da Figura 4 (GDR), pode-se observar que o intervalo de valores é muito mais restrito, isto é devido ao facto de abarcar somente quatro meses em vez de oito e das diferenças inferiores da temperatura média entre as temperaturas internas e externas que são alcançadas no verão. Ademais, os factores latentes e radiativos não são considerados na definição de GDR. De qualquer forma, as cargas de refrigeração são cerca de uma ordem de magnitude menor do que as cargas de aquecimento no pior caso de refrigeração (Nápoles). Porém, os valores podem facilmente variar por um fator 8 mudando do sul para o norte da Europa (Tabela 4).

Tabela 4 - Valores de GDA e GDR para as cidades estudadas no projeto.

	GDA (21°C)	GDR (26°C)
Estrasburgo	4174	9
Toulouse	3044	26
Nápoles	2221	70

Segundo estes últimos dados, Nápoles e Toulouse servirão melhor os sistemas “solar combi plus” devido à alta demanda de aquecimento e refrigeração, enquanto os valores de Estrasburgo apontarão, principalmente, as necessidades de aquecimento.

### 3.4 A radiação útil para o aquecimento do espaço (40°C)

Olhando para a energia útil na saída do colector, analisamos, primeiro, as temperaturas mais baixas do processo para fins de aquecimento por chão radiante. Pode-se observar que, quando se considera a temperatura do fluído de 40°C durante o período de aquecimento, quantidades consideráveis de energia podem ser elaboradas tanto nas regiões sul como nas do norte (ver Tabela 5, Figura 13 e Figura 14). Observando as Figuras 13 e 14, relacionadas, respectivamente, aos colectores de chapa plana e de tubo de vácuo, os valores variam entre cerca de 300 kWh/m<sup>2</sup>/ano e 900 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Se consideramos as três cidades, os valores da radiação útil variam entre 400 e 700 kWh/m<sup>2</sup>/ano no caso dos colectores planos e entre 540 e 860 kWh/m<sup>2</sup>/ano no caso daqueles de tubo de vácuo.

Tabela 5 - Radiação útil [kWh/m<sup>2</sup>/ano] a 40° C para o aquecimento (8 meses)

	FP-Estação aquecimento	ET-Estação aquecimento	Relação FP/ET
Estrasburgo	397	537	73.92%
Toulouse	568	735	77.28%
Nápoles	690	861	80.13%

A radiação útil para os colectores de vácuo, em Estrasburgo, aproxima-se da outra para os colectores de placa plana em Toulouse e a radiação útil em Toulouse supera aquela de Nápoles. É certo que a eficácia do tubo de vácuo seja mais significativa nos países do norte: a relação entre a energia obtida pela chapa plana e pelo tubo de vácuo é representada na última coluna da Tabela 5, que mostra valores entre 74 e 80%. Portanto, para cobrir uma parte aceitável da demanda nos países do norte, seria necessário uma tecnologia mais eficiente. Entretanto, a escolha é deixada à disponibilidade de espaço e aos aspectos económicos, além das questões técnicas.

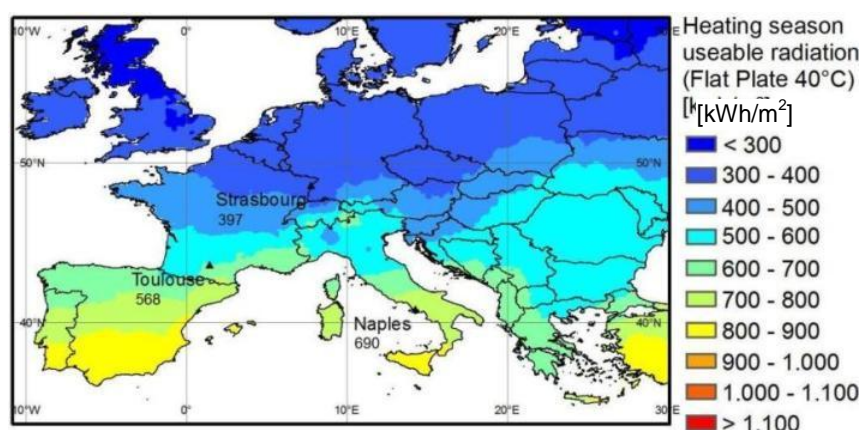


Figura 15 - Estação de aquecimento (8 meses) radiação utilizável para colectores planos a 40° C

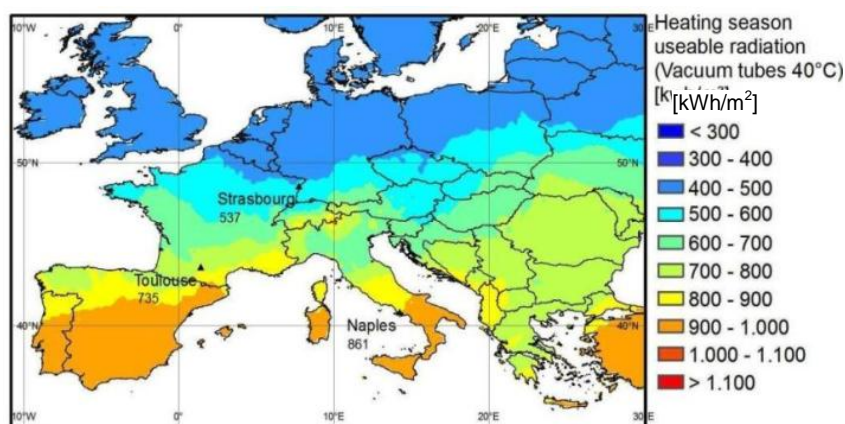


Figura 16 - Estação de aquecimento (8 meses) radiação utilizável para os colectores de tubos de vácuo a 40° C

### 3.5 DHW (AQS, Água Quente Sanitária) Preparação da radiação útil (60°C)

Quantidades comparáveis de energia podem ser obtidas durante o verão e o restante do ano (de novo, deve ser lembrado que o verão é a metade do inverno.), se for considerado a água quente a 60°C.

Nas Figuras 15 e 16 (estação de aquecimento), os valores variam novamente entre cerca de 300 kWh/m<sup>2</sup>/ano e 900 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Se consideram-se as três cidades, os valores da radiação útil variam entre 300 e 550 kWh/m<sup>2</sup>/ano no caso dos colectores planos e entre 500 e 800 kWh/m<sup>2</sup>/ano no caso dos de tubos de vácuo. Durante a estação de refrigeração (Figura 17 e Figura 18), a radiação útil para os valores das três cidades alcança entre 450 e 650 kWh/m<sup>2</sup>/ano no caso dos colectores planos e entre 600 e 850 kWh/m<sup>2</sup>/ano no caso dos de tubo de vácuo. Os bons resultados notam-se nas margens superiores direitas dos mapas; todavia, é devido à baixa quantidade de dados registrados nesses lugares que produz erros de interpolação.

Devido às altas temperaturas necessárias quando se considera a preparação de água quente doméstica, os tubos de vácuo aumentam as vantagens observadas no capítulo anterior para 28% para a estação de arrefecimento e 36% no inverno (ver Tabela 6 e Tabela 7). Essas diferenças podem ser explicadas pelas relações entre a radiação e as temperaturas externas, responsáveis pelas perdas térmicas. Mais graves são as diferenças de temperatura encontradas, em média, no Inverno, entre o colector solar e o ambiente circundante.

Tabela 6 -Radiação útil [kWh/m<sup>2</sup>/ano] a 60°C para a preparação de água quente para uso doméstico.

	FP-Estação refrigeração	ET- Estação refrigeração	FP-Estação aquecimento	ET-Estação aquecimento
Estrasburgo	438	624	302	490
Toulouse	530	734	445	678
Nápoles	632	855	552	802

Pode-se também calcular a relação entre as três cidades para uma determinada demanda da AQS (as temperaturas de AQS das cidades diferem de alguns graus ao longo do ano, mas a demanda total de energia para aquecer a água quente sanitária está abaixo das diferenças de energia obtida para os três lugares). Do ponto de vista da água quente sanitária, o mercado mais promissor corresponde àquele de Nápoles, devido aos resultados 20% mais elevados em comparação com Toulouse e cerca de 50% com Estrasburgo. A escolha entre os colectores de placa plana e os de tubos de vácuo depende de novo dos preços dos colectores para uma determinada demanda.



Tabela 7- Relação entre as energias colhidas pela PF e TE em uma determinada época

	Relação FP/ET <b>Estação</b> <b>refrigeração</b>	Relação FP/ET <b>Estação</b> <b>aquecimento</b>
Estrasburgo	70.20%	61.63%
Toulouse	72.21%	65.63%
Nápoles	73.91%	68.82%

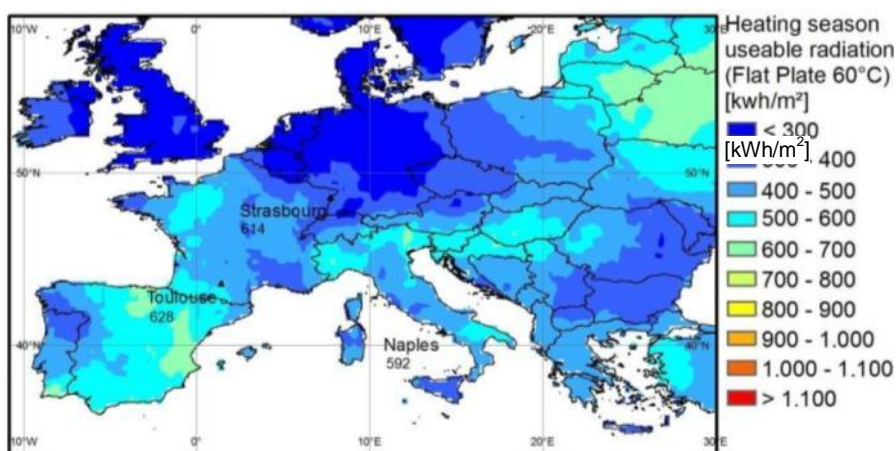


Figura 17 - Estação de aquecimento (8 meses) radiação utilizável para os colectores planos a 60°C

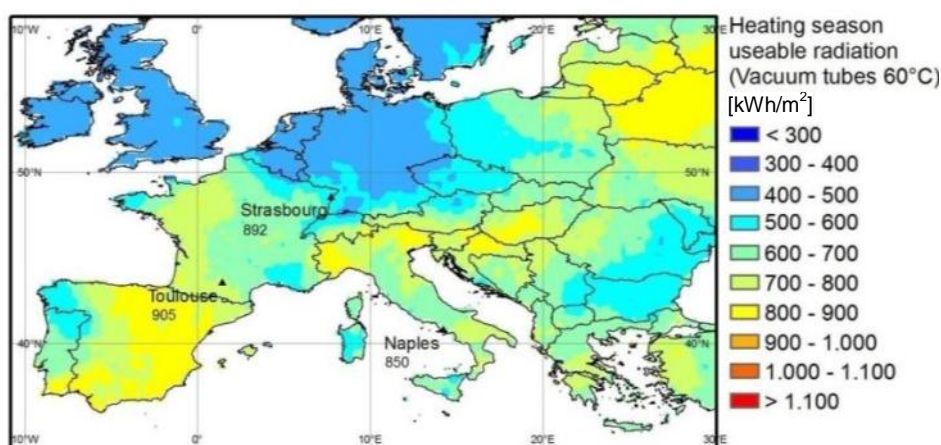


Figura 18 -Estação de aquecimento (8 meses) radiação utilizável para os colectores de tubos de vácuo a 60°C

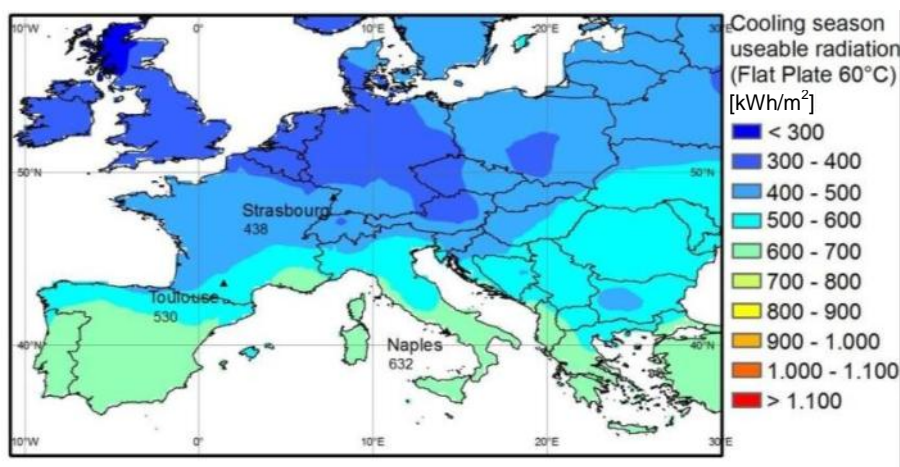


Figura 19 -Estação de refrigeração (4 meses) radiação utilizável para os colectores planos a 60°C

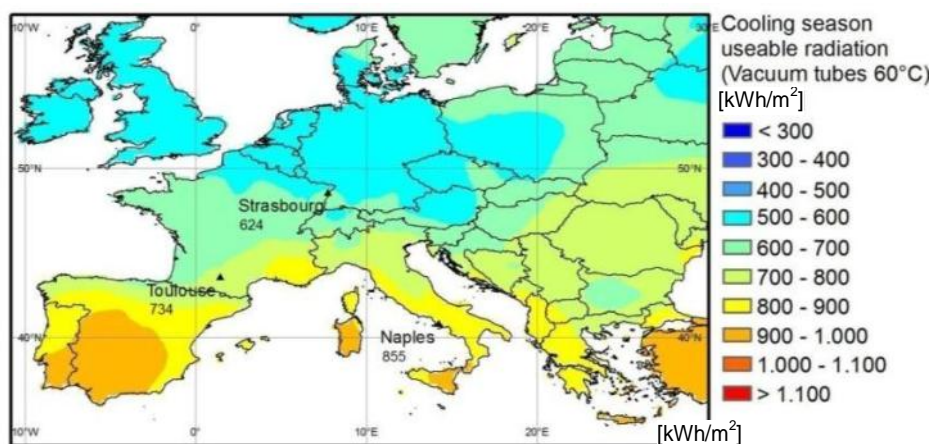


Figura 20 -Estação de refrigeração (4 meses) radiação utilizável para os colectores de tubos de vácuo a 60°C

### 3.6 Resfriadores por sorção como propulsores da radiação útil

A fim de definir os mercados mais promissores, é necessária a definição da demanda para a construção: a diminuição da radiação disponível nos países do Norte poderia ser compensada por um equivalente, ou ainda mais, quedar na demanda de refrigeração. Como visto na Tabela 1, as exigências de refrigeração para Estrasburgo e Toulouse são inferiores a 60% e a 40% do que as de Nápoles (no caso de um edificio de escritórios). Para os casos das aplicações domésticas, se obtém uma demanda de energia inferior a 70% e a 65% em Toulouse quando comparado com Nápoles.



### 3.6.1 Resfriadores por adsorção (70°C-estação de refrigeração)

Se a energia disponível é considerada a uma temperatura útil para a condução dos resfriadores por adsorção (70°C), nas Figuras 19 e 20, os valores variam entre cerca de 300 kWh/m<sup>2</sup>/ano e 850 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Se considerarmos as três cidades, os valores da radiação útil variam entre 400 e 600 kWh/m<sup>2</sup>/ano no caso dos colectores planos e entre 600 e 850 kWh/m<sup>2</sup>/ano no caso dos de tubo de vácuo.

Tendo em conta novamente Nápoles como lugar de referência, a redução da radiação útil é, respectivamente, de 18% e 33% em Toulouse e Estrasburgo quando se usam os colectores planos, e, respectivamente, de 15% e 28% em Toulouse e Estrasburgo quando se consideram os de tubos evacuados.

A partir desta análise encontra-se uma cobertura de refrigeração mais fácil (para um dado edifício e a área dos colectores) que pode fornecer aos países do norte. No entanto, é necessário considerar que, na medida em que a demanda de refrigeração cai, a economia do investimento para a refrigeração aumenta até valores inaceitáveis. A refrigeração passiva pode ser considerada quando se encontram cargas muito baixas de refrigeração. Comparando a Tabela 7 (estação de refrigeração) com a Tabela 8, também é claro que a eficácia da captação de energia dos colectores de tubos de vácuo torna-se cada vez mais significativa, tanto como o necessário aumento dos níveis de temperatura.

Tabela 8 -Radiação útil [kWh/m<sup>2</sup>/ano] para a refrigeração (4 meses)

	FP-70°C	ET-70°C	Relação FP/ET 70°C
Estrasburgo	390	604	64.57%
Toulouse	478	714	66.95%
Nápoles	577	834	69.18%

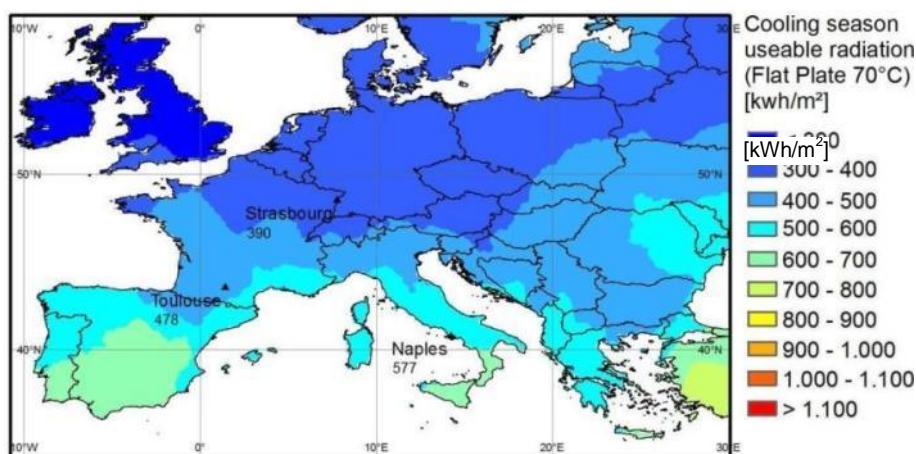


Figura 21 - Estação de refrigeração (4 meses) radiação utilizável para os colectores planos a 70°C

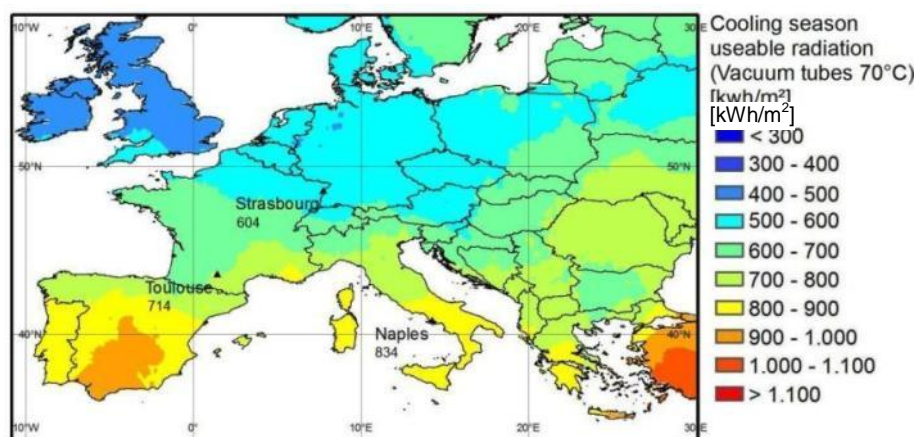


Figura 22 - Estação de refrigeração (4 meses) radiação utilizável para os colectores de tubos de vácuo a 70°C

### 3.6.2 Resfriadores de absorção (90°C-estação de refrigeração)

As observações feitas no parágrafo anterior concernem à energia útil disponível a um nível de temperatura de 90°C. Nas Figuras 21 e 22, os valores variam de novo entre cerca de 300 kWh/m²/ano e 800 kWh/m²/ano. Os valores da radiação útil para as três cidades variam entre 300 e 500 kWh/m²/ano no caso dos colectores planos e entre 550 e 800 kWh/m²/ano no caso dos de tubo de vácuo.

Comparando a Tabela 7 (estação de refrigeração) com as Tabelas 8 e 9, percebe-se outra vez que a eficácia da captação de energia dos colectores de tubos de vácuo é muito mais relevante do que a dos planos, na medida em que as temperaturas necessitadas aumentam e a localização do sistema

muda-se para o norte. Tanto quanto a eficácia dúplice é obtida com os colectores de tubos de vácuo quando se consideram altas temperaturas.

A redução da radiação útil de Nápoles para Toulouse e Estrasburgo é comparável com a mostrada no parágrafo anterior: 20% e 36% respectivamente em Toulouse e Estrasburgo quando se consideram os colectores planos, e 16% e 29% quando se consideram os de tubos de vácuo.

Tabela 9 - Radiação útil [kWh/m<sup>2</sup>/ano] para a refrigeração (4 meses)

	FP-90°C	ET-90°C	Relação FP/ET 90°C
Estrasburgo	306	565	54.16%
Toulouse	383	674	56.82%
Nápoles	474	793	59.77%

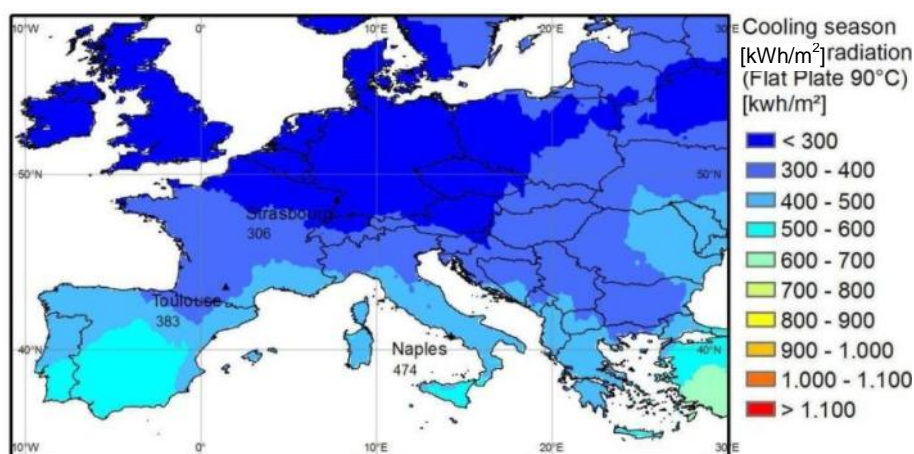


Figura 23 - Estação de refrigeração (4 meses) radiação utilizável para os colectores planos a 90°C

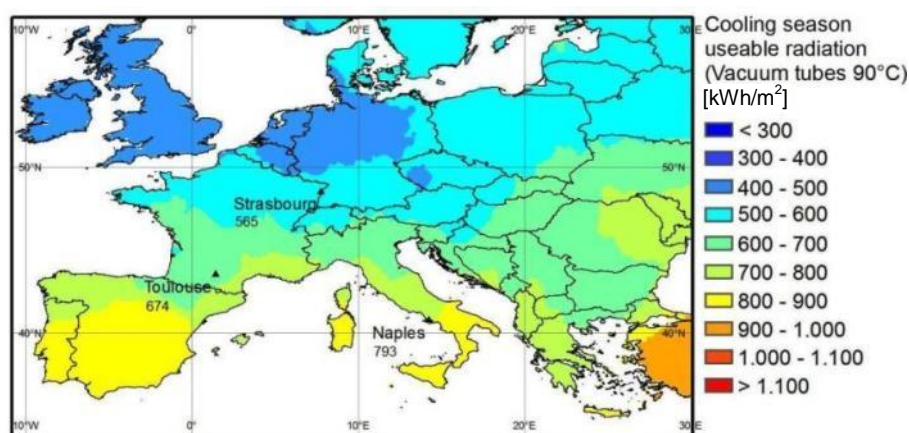


Figura 24 - Estação de refrigeração (4 meses) radiação utilizável para os colectores de tubos de vácuo a 90°C

## 4 Conclusões

A localização física do sistema instalado fixa a quantidade de energia solar prevista e, em certa medida, a água quente sanitária, para as necessidades de aquecimento e refrigeração. A combinação de energia útil, possivelmente colhida, e cargas totais determina o clima mais promissor através da instalação da aplicação de solar combi plus.

Todos os lugares investigados são adequados sob o ponto de vista das necessidades de aquecimento e da cobertura potencial das cargas através de uma alta fracção de energia solar, devido às baixas temperaturas necessárias (40°C foram considerados como o valor da temperatura de aquecimento). Os países do Sul são obviamente mais adequados para as aplicações de refrigeração devido à radiação significativamente mais energética, que está disponível, enquanto a refrigeração passiva pode ser uma solução mais adequada para cobrir as exigências dos países do norte. Todavia, as necessidades de refrigeração podem resultar mais altas também nas regiões do sul, tanto durante o dia quanto durante a noite.

As tecnologias utilizadas para a refrigeração (os resfriadores de ab/adsorção) e para colher a energia solar também têm de ser consideradas: mais os valores da temperatura necessária aumentam e a localização move-se para o norte, mais torna-se necessário adoptar colectores solares eficazes. A poupança extra obtida através dos colectores de tubos de vácuo deve ser sempre comparada com os custos extra iniciais do sistema. As demandas sazonais também são importantes, ou seja, as demandas de refrigeração podem ser proporcionalmente inferiores do que a do Inverno e o aumento da energia devido aos colectores mais caros não é muito significativo.

Portanto, embora o retorno do investimento seja cortado quando combinado ao alto aquecimento, encontram-se as cargas de refrigeração e AQS, um "mercado mais promissor" não pode ser declarado dentro dos analisados, como a seleção de um bom lugar depende muito da tecnologia empregada (tanto para o aquecimento quanto para a refrigeração e para a construção dos edifícios). A tecnologia e a economia da aplicação específica têm de ser avaliadas.

De um ponto de vista social, poucos países parecem ser mais promissores do que outros, desde a introdução das tecnologias solares para a preparação de AQS e para o aquecimento -consequentemente a consciência da população sobre essas tecnologias- e os preços da energia- consequentemente a vontade dos clientes para instalar RES para o aquecimento e a refrigeração- são mais elevados.

## 5 Referências

- ESTIF, “Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2007”, Bruxelas, Junho 2007.
- ESTIF, “Solar Thermal Markets in Europe, Trends and Market Statistics 2008”, Bruxelas, Maio 2009.
- Henning, H.M., “Solar Assisted Air Conditioning in Buildings - A Handbook for Planners”, 2003.
- Duffie, J., “Solar Engineering of Thermal Process”, 2006.