

INETI



# Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal

Helder Gonçalves e João Mariz Graça

Iniciativa promovida e financiada por



MINISTÉRIO DA ECONOMIA







# Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal

Helder Gonçalves e João Mariz Graça



## FICHA TÉCNICA

### TÍTULO:

Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal

### AUTORES:

© Helder Gonçalves e João Mariz Graça

### FOTOS:

© Helder Gonçalves (excepto figura 3 e 4 ver sites, 45 e 46 Luis Cunha)

### EDIÇÃO:

DGGE / IP-3E

### DESIGN:

Companhia das Cores

### IMPRESSÃO E ACABAMENTO:

Tipografia Peres  
Rua das Fontaínhas, Lote 2  
Venda Nova  
2700-391 AMADORA

### TIRAGEM

3000 exemplares

### DEPÓSITO LEGAL

215602/04

### ISBN

972-8268-34-3

Lisboa, Novembro 2004

### PUBLICAÇÃO GRATUITA

### Para mais informações:

[www.p3e-portugal.com](http://www.p3e-portugal.com)

### Edição Financiada por



MINISTÉRIO DAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS  
E DO TRABALHO



## ÍNDICE

1.	Introdução	4
1.1	A Energia Solar e os Edifícios	4
1.2	Geometria Solar	5
1.3	Orientação de fachadas envidraçadas.	5
1.4	Envolvente dos Edifícios- Perdas e Ganhos Térmicos.	8
1.5	Ventilação nos Edifícios.	9
2.	Estratégias Bioclimáticas	10
2.1	Introdução	10
2.2	Concepção de um edifício	10
3.	Zonas Climáticas definidas no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e suas estratégias bioclimáticas.	13
3.1	Zona $I_1 - V_1$	13
3.2	Zona $I_1 - V_2$	15
3.3	Zona $I_1 - V_3$	16
3.4	Zona $I_2 - V_1$	19
3.5	Zona $I_2 - V_2$	21
3.6	Zona $I_2 - V_3$	23
3.7	Zona $I_3 - V_1$	25
3.8	Zona $I_3 - V_2$	28
3.9	Zona $I_3 - V_3$	30
4.	Sistemas Passivos nos Edifícios	33
4.1	Sistemas de Aquecimento Passivo	34
4.1.1	Sistema de Ganho Directo	34
4.1.2	Sistema de Ganho Indirecto.	35
	i) Parede de Trombe.	36
	ii) Paredes e Colunas de Água.	37
4.1.3	Sistemas de Ganho Isolado (Estufas e Colectores a Ar)	38
	i) Colectores a Ar.	38
4.2	Sistemas Passivos de Arrefecimento.	40
4.2.1	Ventilação Natural.	40
4.2.2	Arrefecimento pelo Solo	44
4.2.3	Arrefecimento Evaporativo	45
4.2.4	Arrefecimento Radiativo.	45
5.	Referências	48

### 1. INTRODUÇÃO

Nesta brochura, apresentam-se os princípios fundamentais dos conceitos bioclimáticos e a sua aplicação nos edifícios, na perspectiva da sua adequação às condições climáticas em Portugal. Numa segunda parte são apresentados os princípios de funcionamento dos denominados sistemas solares passivos com exemplos da sua aplicação em Portugal.

É pois, uma brochura especialmente dirigida para o universo da arquitectura e da construção de edifícios, Arquitectos, Engenheiros, estudantes e também público em geral interessado nestas matérias. A brochura aborda, de forma simples, os diferentes sistemas ou tecnologias solares passivas, a sua funcionalidade e utilização, a sua integração nos edifícios, e também exemplos de casos construídos em Portugal [1]

Numa primeira parte, esta brochura discute as diferentes estratégias “Bioclimáticas” no nosso País, tendo em atenção as diferenças climáticas e de acordo com a divisão climática constante na Regulamentação Térmica de Edifícios em Portugal [RCCTE, 2004]. Esta abordagem vai permitir ao leitor uma melhor compreensão, das principais estratégias possíveis de adoptar e o potencial dos sistemas solares passivos face às condicionantes climáticas [2]

O conceito de “*Arquitectura Solar Passiva*” ou “*Arquitectura Bioclimática*” ou qualquer outra denominação, que ao longo das últimas décadas tem sido atribuída a determinado tipo de arquitectura, pode ser definida como uma arquitectura que, na sua concepção, aborda o clima como uma variável importante no processo projectual, relevando o sol, na sua interacção com o edifício, para um papel fundamental no mesmo. Assim, mais importante que a denominação, são os princípios, os conceitos fundamentais, um conjunto de regras simples, que mais não visam compreender quais as variáveis climáticas existentes no local, sol, vento, água, e como essas variáveis podem interagir com o edifício de forma positiva e propiciar as condições de conforto térmico adequadas a cada espaço.

#### 1.1 A Energia Solar e os Edifícios

As variáveis climáticas que mais influenciam os edifícios, em termos de transferência de calor, são a temperatura do ar exterior e a radiação solar. A temperatura do ar, variável indutora das trocas de calor através da envolvente do edifício, determina o estabelecimento de fluxos energéticos do interior para o exterior, fluxos estes que ocorrem fundamentalmente no período de Inverno, tratando-se neste caso de perdas térmicas, enquanto que no Verão o sentido do fluxo tem tendência a inverter-se e estar-se-á numa situação de ganhos térmicos.

No primeiro caso, estamos pois perante as denominadas perdas térmicas, que no Inverno constituem a razão principal para a diminuição da temperatura interior num edifício e um dos principais aspectos a acautelar no projecto. A redução das perdas constitui pois uma das medidas mais eficazes no sentido de melhorar as condições de conforto no interior dos edifícios, e as medidas normalmente adoptadas resultam na utilização de soluções de isolamento térmico nos elementos opacos (paredes, cobertura e pavimentos) e/ou a utilização de vidros duplos nos vãos envidraçados.

Já a situação dos ganhos térmicos por troca de calor, em que o fluxo de transferência de calor, tem o sentido exterior – interior, ocorre preferencialmente no Verão e é uma situação que contribui para aumentar a carga térmica do edifício e consequentemente a sua temperatura interna. É portanto algo a evitar numa situação de Verão.

A outra variável de grande importância para os edifícios, é a radiação solar. Esta variável tem um papel determinante no conforto térmico em qualquer edifício, sendo que no Inverno constitui uma fonte de calor muito importante, contribuindo para o aumento da temperatura interior, constituindo no Verão uma fonte de calor a evitar, precisamente para evitar o aumento da temperatura interior nos edifícios.

O sol é, pois, uma fonte de calor que importa compreender na sua interacção com os edifícios, quer em termos energéticos (valores da radiação solar), bem como em termos da sua posição, ao longo de todo o ano, para desta forma, melhor projectar o edifício na perspectiva aqui utilizada, ou seja, em termos bioclimáticos.

### 1.2 Geometria Solar

É importante conhecer os diferentes percursos do sol ao longo do dia para as diferentes estações do ano no sentido de:

- aproveitar da melhor forma os ganhos solares para o interior do edifício nos casos em que o contributo da radiação se afigura necessário e;
- restringir a sua entrada, nos casos em que o mesmo efeito se afigura inconveniente.

O estudo da forma do edifício e das obstruções à incidência de radiação solar designa-se habitualmente por “Geometria da Insolação ou Geometria Solar”. Geralmente incluem-se neste estudo os efeitos de palas e sombreamentos do próprio edifício, bem como os efeitos sombreadores devidos aos edifícios vizinhos, a árvores, vegetação e à forma urbana do espaço circundante (praças, ruas, avenidas, etc.).

A Figura 1 representa o percurso do sol durante o dia ao longo do ano.

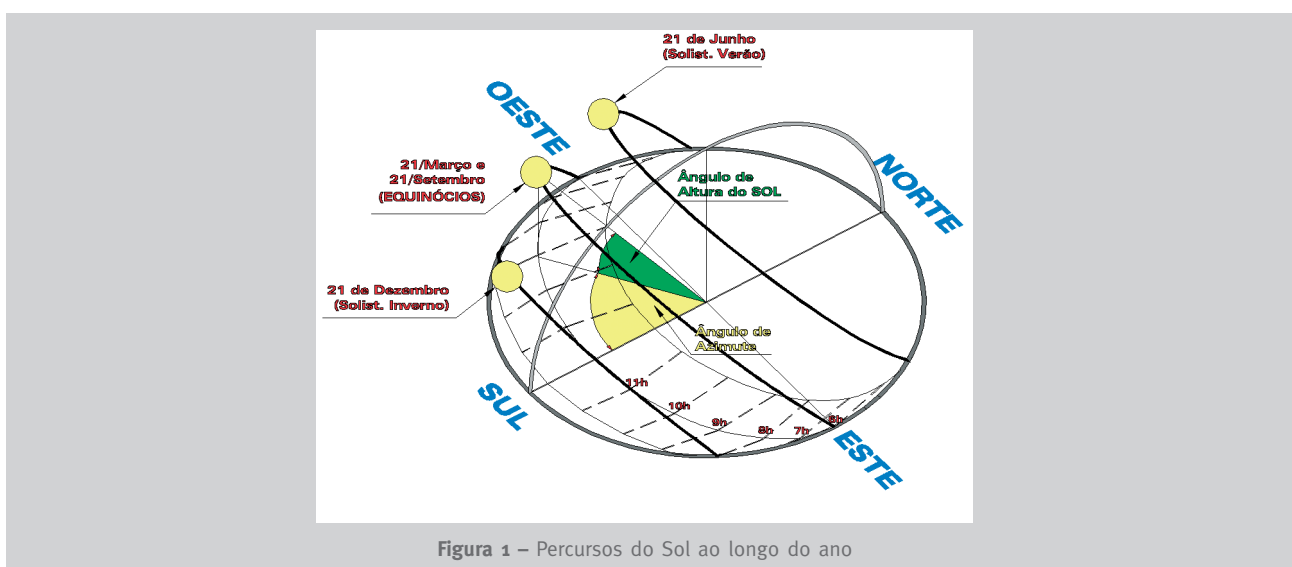


Figura 1 – Percursos do Sol ao longo do ano

Em Portugal, no solstício de Inverno (21 de Dezembro) o sol nasce relativamente próximo da orientação Sudeste e põe-se relativamente próximo da orientação Sudoeste, variando o ângulo de azimute do Nascer e do Pôr-do-Sol com a latitude do lugar. Neste dia, o ângulo de altura do Sol apresenta os valores mais baixos de todo o ano.

Nos Equinócios (21 de Março e 21 de Setembro) o sol nasce exactamente na orientação Este e põe-se exactamente na orientação Oeste.

No solstício de Verão (21 de Junho) o sol nasce relativamente próximo da orientação Nordeste e põe-se relativamente próximo da orientação Noroeste, variando o ângulo de azimute do Nascer e do Pôr-do-Sol com a latitude do lugar. Neste dia, o ângulo de altura do Sol apresenta os valores mais altos de todo o ano.

### 1.3 Orientação de fachadas envidraçadas

A “localização” do sol ao longo do ano tem uma grande importância, no que respeita à definição da localização das fachadas envidraçadas num edifício, a sua dimensão e o tipo de vidro que se escolhe. Apresentam-se algumas linhas de orientação relativamente à utilização das fachadas envidraçadas para as latitudes de Portugal.

Em termos anuais verifica-se que uma fachada envidraçada orientada a **Sul**, receberá um maior nível de radiação solar do que fachadas noutras orientações, sendo que no Verão é uma fachada mais facilmente protegida dessa mesma radiação.

- No Inverno, sendo necessário aquecer os edifícios, a estratégia correcta será a de captar a radiação solar disponível. É a orientação a sul aquela que propicia maiores ganhos solares. O percurso do sol no Inverno é vantajoso para esta orientação, uma vez que o seu percurso se efectua para azimutes muito próximos do Sul geográfico.
- No Verão, torna-se necessário minimizar os ganhos solares, uma vez que, no seu percurso de nordeste (onde nasce) até noroeste (onde se põe), o sol “vê” todas as orientações, sendo que é a horizontal (coberturas), que maior nível de radiação recebe (ver figura 2). Assim, verifica-se que o percurso do Sol, sendo próximo do zénite, apresenta um ângulo de incidência com a normal de valor mais elevado. Carrega menos ganhos solares, facilmente atenuáveis se existir uma pala sombreadora sobre o vidro, no caso de uma fachada orientada a sul.

Numa fachada orientada a **Este**, o dimensionamento dos vãos envidraçados deverá ter em conta que:

- No Inverno, uma fachada com esta orientação recebe pouca radiação, uma vez que o sol nasce próximo da orientação Sudeste, incidindo na fachada durante poucas horas do período da manhã e com um pequeno ângulo de incidência.
- No Verão, a radiação solar incide em abundância numa fachada com esta orientação, durante longas horas da manhã, desde o nascer do Sol, que ocorre cedo e próximo da orientação Nordeste, até ao meio-dia. Os ângulos de incidência são próximos da perpendicular à fachada, o que maximiza a captação de energia solar, que nesta estação é indesejável.

Na fachada orientada a **Oeste**, sendo simétrica em relação à fachada orientada a Este, os efeitos da acção Solar são semelhantes aos desta, diferindo apenas no período do dia em que ocorrem. É no período da tarde que ocorrem as maiores temperaturas do ar no exterior, conjugando-se assim dois efeitos muito negativos. Assim:

- No Inverno, uma Fachada orientada a Oeste recebe pouca radiação durante poucas horas do período da tarde. Os ângulos de incidência são elevados, o que reduz o efeito da radiação.
- No Verão, a radiação solar incide em abundância numa fachada com esta orientação, durante longas horas da tarde, desde o meio-dia, até ao pôr do Sol, que ocorre tarde e próximo da orientação Noroeste. Esta é a fachada mais problemática em termos de Verão. Estas fachadas são responsáveis por grandes cargas térmicas nos edifícios, sendo necessário ter um maior cuidado com elas, quer em termos de áreas, tipos de vidros e sombreamentos.

A fachada orientada a **Norte** é a menos problemática num edifício em termos de radiação solar, sendo pois a mais fria:

- No Inverno, não recebe nenhuma radiação directa, porém recebe radiação difusa a partir da abóbada celeste;
- No Verão, recebe uma pequena fracção de radiação directa do Sol no princípio da manhã e fim da tarde.

No gráfico seguinte (Figura 2) apresentam-se valores para a radiação solar ao longo do ano para a cidade de Lisboa. Neste gráfico pode comprovar-se como a orientação Sul é, de todas, a que fornece um maior contributo de energia solar nos meses mais frios. Pode também verificar-se como uma superfície envidraçada horizontal pode ser inconveniente no Verão, em que os ganhos de radiação solar se tornam indesejáveis.

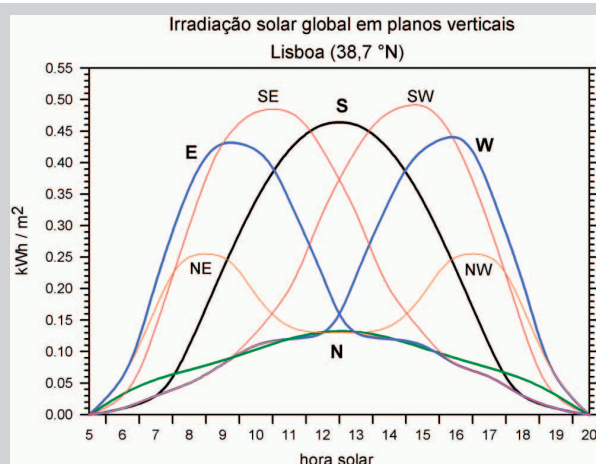
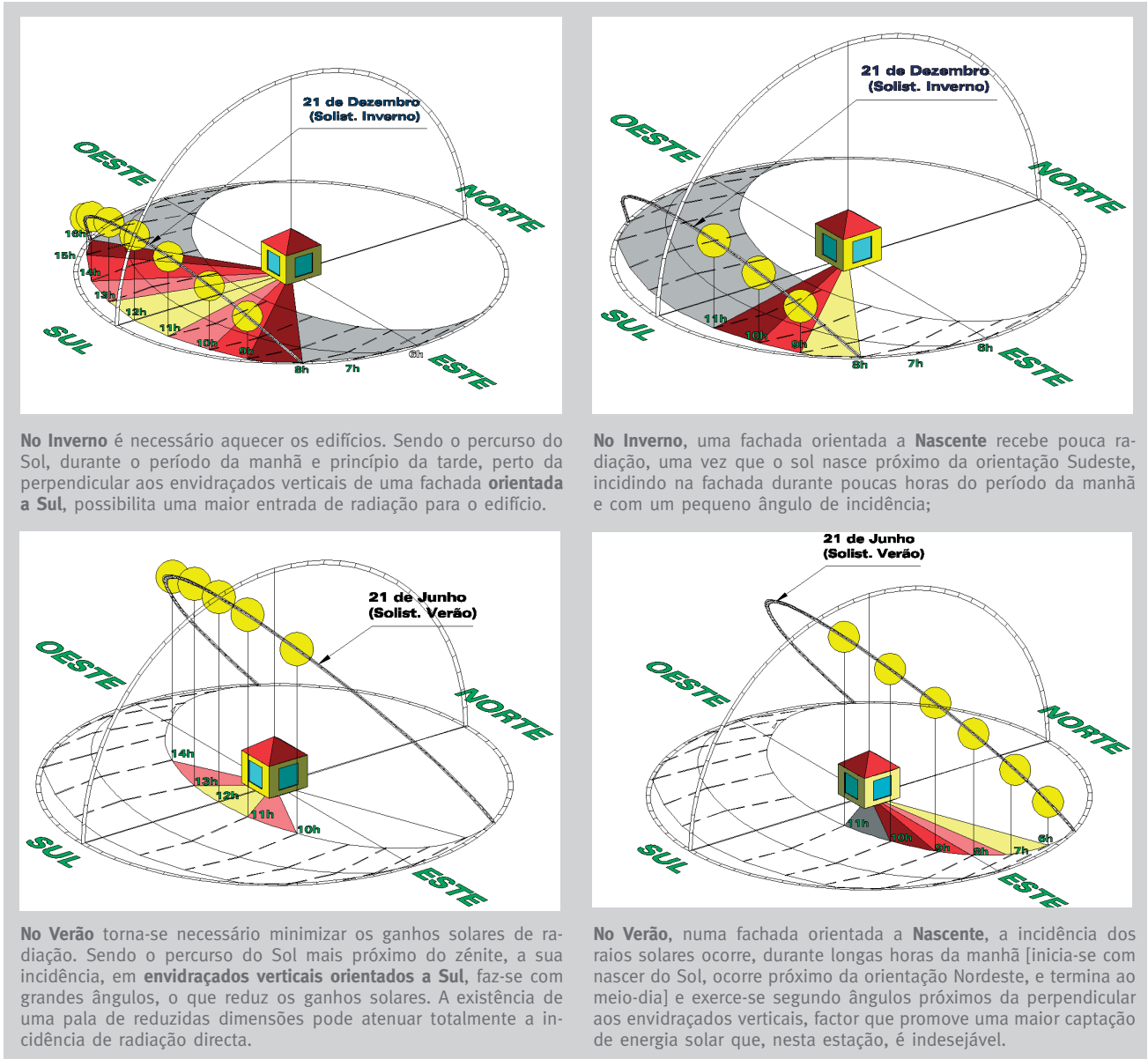


Figura 2 – Radiação solar ao longo do ano (por orientações).



Quadro 1 – Radiação Solar nas Fachadas



Apresenta-se a título de exemplo a casa Jacobs II, como referência da adaptação do projecto ao clima e em particular à trajectória aparente do sol. Projecto pioneiro do ano de 1943, desenhada pelo arquitecto americano Frank Lloyd Wright, é pois um exemplo de uma casa adaptada ao clima.



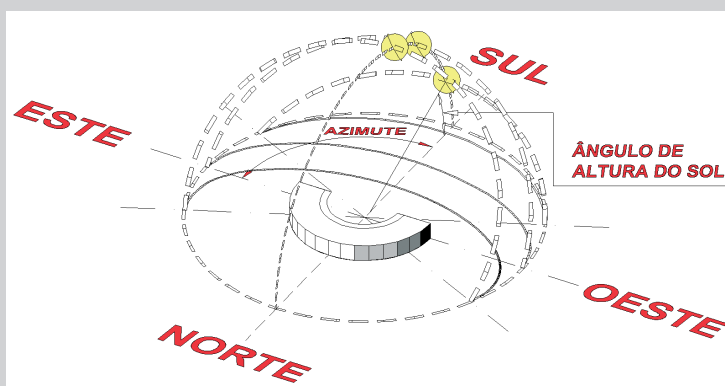
Figura 3 – Casa Jacobs II, Hemiciclo Solar; A Fachada Sul no Inverno recebe radiação desde o nascer ao pôr do sol. (www.design.ncsu.edu)



Figura 4 – Casa Jacobs II, Hemiciclo Solar; As perdas por condução são minimizadas na Fachada Norte enterrada. (www.planetclaire.org)



**Figura 5** – Casa Jacobs II, Hemiciclo Solar; A Fachada Sul no Verão produz sombreamentos que reduzem a incidência de radiação solar indesejada. (Aquarela de J.M.Graça)



**Figura 6** – Esquema volumétrico da casa Jacobs II (Hemiciclo Solar). Nesta imagem pode verificar-se como a forma do edifício está desenhada de molde a adaptar-se aos diferentes percursos do Sol ao longo do ano. A fachada côncava a Sul beneficia da incidência solar durante todas as horas do dia no Inverno e promove sombreamentos a si mesma no Verão.

### Síntese – Regras de Boa Prática

#### Incidência Solar

**No Inverno** interessa **promover os ganhos de radiação**, pelo que se apresenta benéfica a abertura de vãos envidraçados no quadrante Sul.

**No Verão** interessa **restringir** esses mesmos ganhos, pelo que se apresenta importante que os vãos sejam dotados de dispositivos sombreadores eficazes. Principalmente nos vãos a Poente e Nascente.

Nos quadrantes Norte, Nascente e Poente, seria desejável que a abertura de vãos se restrinja a menores dimensões, desde que isso seja aceitável em termos das outras exigências também presentes no edifício.

#### 1.4 Envolvente dos Edifícios- Perdas e Ganhos Térmicos

A transmissão de calor por condução através da envolvente dos edifícios, quer sejam as perdas de calor através dos elementos construtivos da envolvente no Inverno, quer os ganhos indesejáveis de calor através dos mesmos elementos no Verão, são fenómenos que muito influenciam o comportamento térmico dos edifícios. Para minimizar estes efeitos em ambas as estações, deve aumentar-se a resistência térmica dos elementos construtivos, o que se consegue do seguinte modo:

- No caso da envolvente opaca (paredes, coberturas e pavimentos), através da incorporação de materiais isolantes, de que são exemplo a cortiça, o poliestireno expandido, o poliuretano e as lãs minerais.
- No caso da envolvente envidraçada, através da selecção de janelas cujo conjunto “vidro/caixilho/persiana” apresente valores de resistência térmica mais elevados, por exemplo, vidros duplos.

Nos edifícios as perdas e os ganhos de calor pela cobertura assumem por vezes um papel particularmente importante, nomeadamente nos casos em que aquele elemento construtivo possui uma percentagem de área elevada relativamente aos restantes elementos construtivos. É pois um dos elementos da envolvente a ter mais cuidado a fim de evitar situações de desconforto assinaláveis.

## Síntese – Regras de Boa Prática

### Perdas de Calor

Restringir a Condução é uma Estratégia Bioclimática que, num clima temperado como o de Portugal, se deve promover nos edifícios para conseguir obter conforto no seu interior, tanto de Inverno como de Verão. Enquanto no Inverno interessa restringir perdas de calor para o exterior através da envolvente, no Verão torna-se mais favorável restringir os ganhos excessivos de calor exterior de forma a manter uma temperatura mais constante no interior dos edifícios.

### 1.5 Ventilação nos Edifícios

Os edifícios estão sujeitos a trocas de massa de ar entre o interior e o exterior, dependendo das diferenças de temperatura no caso de processos de ventilação natural. Noutros edifícios a ventilação é forçada por equipamento mecânico, de forma regulada e controlada. Uma terceira acção, a do vento, poderá influenciar também de forma significativa o desempenho energético dos edifícios, contribuindo também para a ventilação natural.

Qualquer destes processos induz no edifício a uma carga térmica (fria ou quente) que importa ter em atenção no balanço térmico de qualquer edifício. No primeiro caso, estamos perante um processo de infiltrações que se efectuam através das frinchas das portas e janelas e podem representar uma carga considerável de arrefecimento no Inverno, que deverá ser contrariada através de uma boa vedação dessas frinchas.

A acção do vento deverá também ser tomada em consideração pelo projectista, particularmente naquelas regiões em que o clima apresenta esta característica como muito marcante. A utilização de vegetação para protecção de ventos dominantes que provocam efeitos desconfortáveis nos edifícios, bem como a existência de sistemas de captação do vento e de indução de correntes de circulação de ar para arrefecimento, são estratégias que os projectistas deverão avaliar por forma a seleccionarem as que forem mais correctas para o clima do local.

Acresce que estes processos são na maioria dos casos os únicos que permitem a renovação do ar interior, necessária por questões de salubridade, e a necessidade de se manter esse mesmo ar num estado higrométrico que possa evitar a ocorrência de condensações interiores.

De salientar o importante papel da ventilação natural no Verão, como processo de arrefecimento nocturno ou quando tal se torna necessário no sentido de arrefecer o ambiente interior. Mas também não é só no Verão que tal efeito é importante. Nas estações intermédias, Outono e Inverno, a ventilação natural é o processo mais eficiente no controle do sobre/subaquecimento dos edifícios.

## Síntese – Regras de Boa Prática

### Ventilação Natural

**No Inverno**, quando a temperatura exterior apresenta praticamente sempre valores abaixo das condições de conforto, interessa limitar as infiltrações. No entanto, a renovação do ar interior é uma medida necessária à manutenção das condições de salubridade interior dos edifícios pelo que deve ser sempre assegurado um mínimo recomendável através de um sistema de ventilação, natural, mecânico ou híbrido, adequado.

**No Verão**, a ventilação natural assume um papel de relevo no arrefecimento nocturno dos edifícios.

### 2. ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

#### 2.1 Introdução

Um dos objectivos finais da concepção de edifícios bioclimáticos é a obtenção natural das condições de conforto dos seus utilizadores, que variam em função do clima, do edifício em termos construtivos e também do tipo de utilização é necessário o projectista ter uma abordagem na concepção do edifício, tendo em atenção aqueles três parâmetros. É também importante realçar que à noção de conforto térmico está associada uma boa dose de factores psicológicos e fisiológicos que variam de pessoa para pessoa e podem conduzir a diferentes sensações de conforto térmico, dadas as mesmas condições de ambiente térmico. Acresce que todo este processo é dinâmico. Efectivamente, não só o clima varia instantaneamente, como o conforto humano não é uma realidade estática, uma vez que o ser humano tem capacidade para se adaptar às variações das condições térmicas que o envolvem.

De qualquer forma, há um conjunto de parâmetros que influenciam directamente o conforto térmico e são diferenciados em:

1. Factores Pessoais;
  - Actividade metabólica e
  - Vestuário;
2. Factores ambientais:
  - Temperatura do ar;
  - Temperatura média radiante;
  - Velocidade do ar e
  - Humidade relativa.

Os primeiros estão totalmente dependentes dos utilizadores dos edifícios e da sua actividade e os segundos estão dependentes da qualidade da envolvente dos edifícios.

#### 2.2 Concepção de um edifício

Na concepção de um edifício, a adopção de certas estratégias poderá influenciar significativamente o desempenho desse edifício em termos do conforto térmico no seu interior e, conseqüentemente, dos seus ocupantes. Como o consumo energético depende das condições de conforto que os ocupantes querem atingir, se o edifício estiver pouco adaptado ao clima será necessário maior consumo de energia para atingir as condições de conforto térmico pretendido.

As estratégias que têm em atenção as condições climáticas do local e da sua interacção com o clima, proporcionando a adequação do edifício ao clima, designam-se geralmente por Estratégias Bioclimáticas. São no fundo regras gerais que se destinam a orientar a concepção do edifício tirando partido das condições climáticas de cada local.

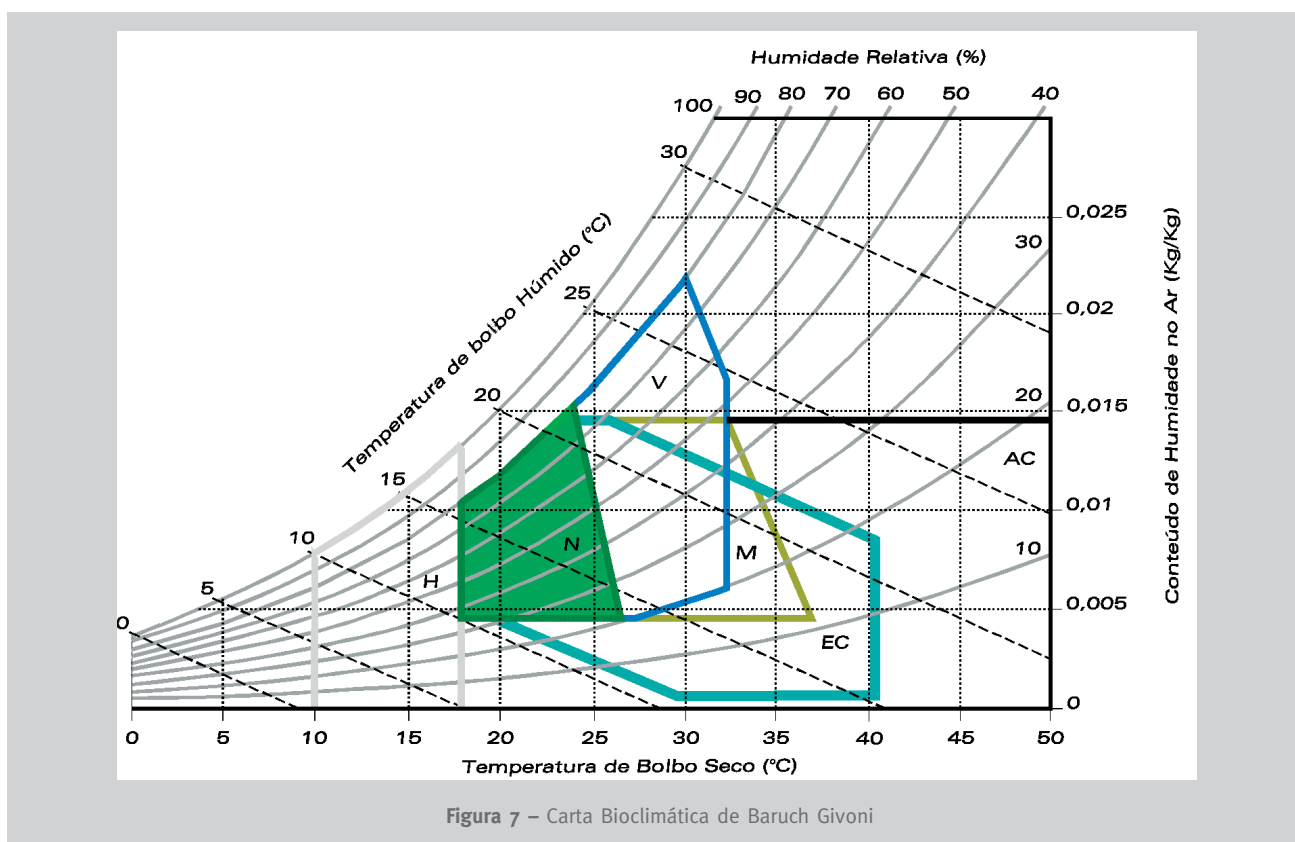
Quando na concepção de um edifício são utilizadas as estratégias bioclimáticas correctas, o edifício está mais próximo de atingir as condições de conforto térmico ou de diminuir os respectivos consumos energéticos para atingir esses fins.

O projecto de um edifício solar passivo ou bioclimático deverá começar por uma criteriosa escolha da implantação e da orientação do edifício, de forma a otimizar os ganhos solares no mesmo. Importa, já nesta fase, saber se o clima é favorável a esses ganhos solares nas diferentes estações do ano, e quais os cuidados a ter quanto às protecções solares no período de Verão.

O conhecimento da temperatura exterior ao longo do ano, a sua amplitude térmica é de extrema importância em virtude do papel que desempenha no estabelecimento de fluxos energéticos: perdas e ganhos térmicos e do potencial em termos de ventilação natural.

As Estratégias Bioclimáticas são um conjunto de regras ou medidas de carácter geral destinadas a influenciarem a forma do edifício bem como os seus processos, sistemas e componentes construtivos. As estratégias a adoptar num determinado edifício ou projecto deverão ser seleccionadas; tendo em atenção a especificidade climática do local, função do edifício e consequentemente, modo de ocupação e operação do mesmo, com o objectivo de promoverem um bom desempenho em termos de adaptação ao clima.

A carta bioclimática de Baruch Givoni sintetiza num diagrama psicrométrico o tipo de estratégias que deve ser utilizado para cada clima particular.



Nesta carta, representada na Figura 7, devem registar-se as ocorrências dos estados do ar (em termos de temperatura e humidade) verificados no exterior. As diferentes localizações dessas ocorrências na carta assumem geralmente a forma de uma mancha, sendo essa localização indicadora do tipo de clima do local e consequentemente do tipo de estratégias mais adequadas ao bom desempenho do edifício nesta matéria:

Estratégias de aquecimento:

- Restringir a perdas por condução – **Zonas H** na Carta Bioclimática, correspondendo a climas de Inverno agressivo – aplicação de materiais isolantes nos elementos construtivos (paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados) são exemplos deste tipo de estratégias;
- Restringir as perdas por infiltração e restringir o efeito da acção do vento no exterior do edifício – **Zonas H** na Carta Bioclimática, correspondendo a climas de Inverno agressivo – como exemplos de aplicação destas estratégias temos: execução de caixilharias de janelas com uma vedação eficiente, protecção dos ventos dominantes com vegetação e escolha de uma boa localização para o edifício;
- Promover os Ganhos Solares – **Zonas H** da Carta Bioclimática, correspondendo a climas de Inverno agressivo – temos bons exemplos de aplicações deste tipo de estratégias nos sistemas solares passivos para aquecimento;

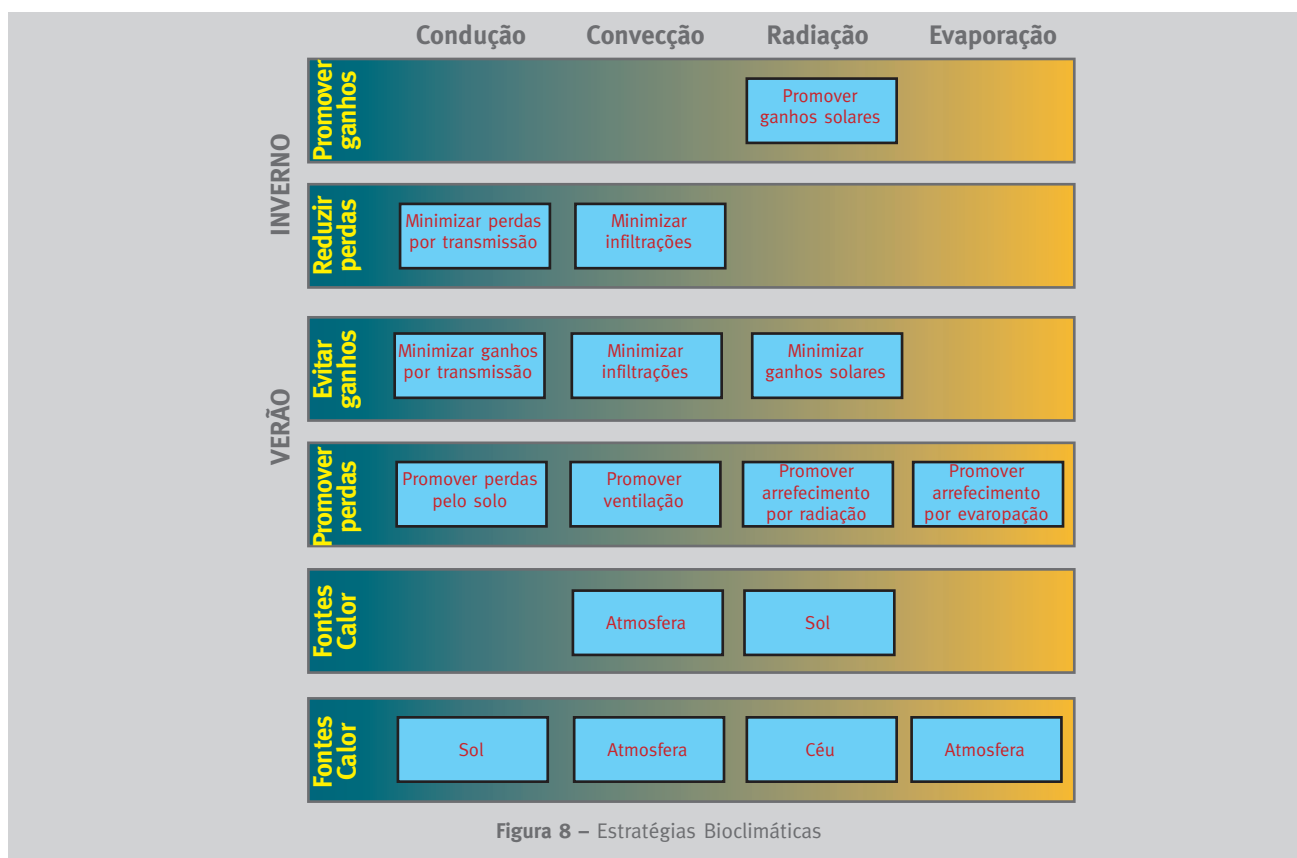


Estratégias de arrefecimento:

- Promover ventilação natural – **Zonas V**, da Carta Bioclimática, correspondendo a climas de tipo tropical e equatorial, ou temperado de influência marítima – temos bons exemplos de aplicação desta estratégia nas casa de inércia leve típicas da arquitectura vernácula das regiões tropicais e nos sistemas de arrefecimento por ventilação;
- Restringir ganhos solares – **Zonas V, EC, AC, M e W**, da Carta Bioclimática, correspondendo a todos os climas que necessitam de arrefecimento;
- Promover o arrefecimento por evaporação – **Zonas EC e M** da Carta Bioclimática, correspondendo a climas temperados secos, e climas de regiões desérticas áridas e muito secos – bons exemplos destas estratégias em toda a arquitectura do médio oriente;
- Promover o arrefecimento por radiação – **Zonas M**, da Carta Bioclimática, correspondendo a todos os climas quentes de influência continental de elevadas amplitudes térmicas – bons exemplos desta estratégia em toda a arquitectura do médio oriente e também no Sul da Europa particularmente em Portugal (Alentejo e Algarve) e Espanha (Andaluzia);

A **zona N** corresponde à zona (Neutra) de **conforto** para o ser humano onde as condições de clima exterior estão próximas das condições de conforto. A arquitectura deverá acautelar a existência de ganhos solares excessivos e requer que não sejam cometidos outros erros graves em matéria de trocas térmicas por ventilação e condução.

Nas **zonas AC** não é possível atingir estados de conforto térmico sem recurso à utilização de meios mecânicos não passivos.



### 3. ZONAS CLIMÁTICAS DEFINIDAS NO REGULAMENTO DAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DOS EDIFÍCIOS (RCCTE) E SUAS ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

#### 3.1 Zona I<sub>1</sub> – V<sub>1</sub>

Concelhos abrangidos:

Águeda, Albergaria a Velha, Aljezur, Almada, Amadora, Aveiro, Bombarral, Caldas da Rainha, Cantanhede, Cascais, Estarreja, Figueira da Foz, Ílhavo, Lagos, Lourinhã, Mafra, Marinha Grande, Mira, Monchique, Montemor-o-Velho, Murtosa, Nazaré, Óbidos, Odemira, Oeiras, Oliveira do Bairro, Ovar, Peniche, Portimão, Sines, Sintra, Torres Vedras, Vagos, Vila do Bispo.

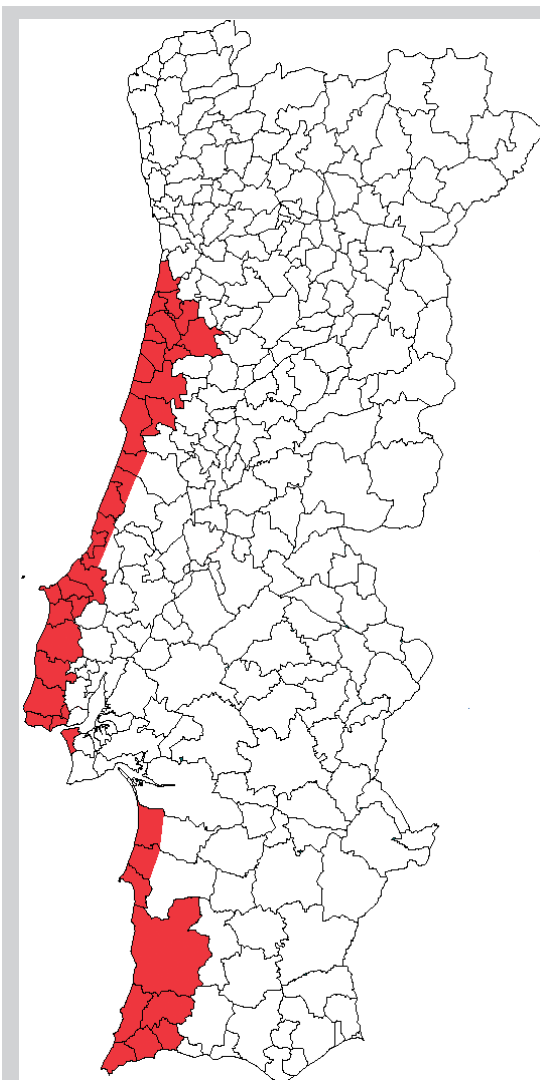


Figura 9 – Localização dos Concelhos com Clima I<sub>1</sub> V<sub>1</sub>

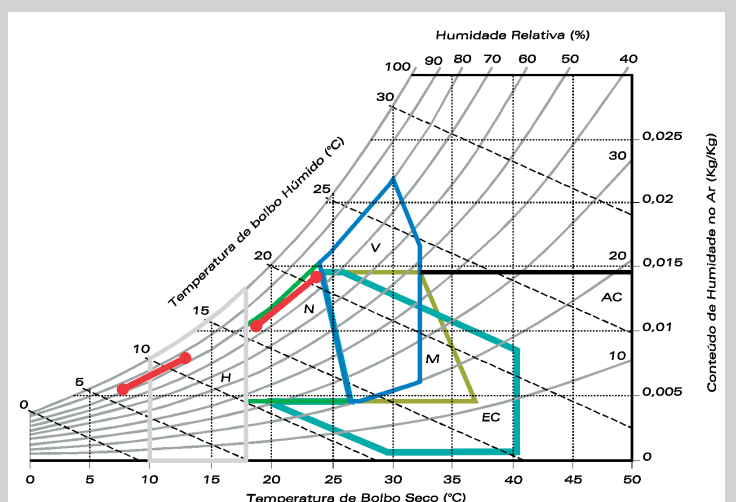


Figura 10 – Carta Bioclimática para Colares (I<sub>1</sub> V<sub>1</sub>)

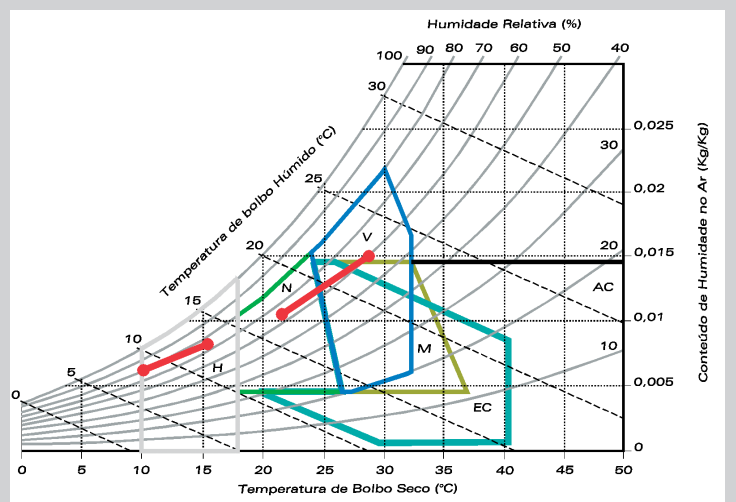


Figura 11 – Carta Bioclimática para Monchique (I<sub>1</sub> V<sub>1</sub>)

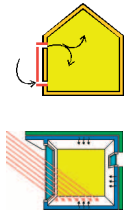


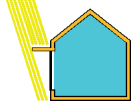

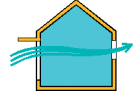

I<sub>1</sub>-V<sub>1</sub> – Climas mais amenos do território continental, facto que é reflectido numa menor exigência das condições regulamentares. Os Graus dias de Aquecimento variam entre 1500 (Caldas da Rainha) e 940 (Portimão). No Verão, devido e à preponderância da influência estabilizadora marítima, verificam-se amplitudes térmicas diárias menores.

**Estratégias Bioclimáticas:**

**Inverno** – Restringir condução; promover os ganhos solares no quadrante Sul.

**Verão** – Restringir condução; restringir ganhos solares dotando os envidraçados de sobreamentos eficazes. Em virtude da proximidade marítima, a ventilação afigura-se mais conveniente que o arrefecimento evaporativo.

Quadro 2 – Estratégias Bioclimáticas;  
Clima I1-V1

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
Inverno – Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares	Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes	
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente	
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior	
Verão – Estação de Aquecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados	
	Restringir Ganhos por Condução	Isolar Envolvente	
	Ventilação	Ventilação transversal (nocturna)  Tubos enterrados	 

Exemplos de Arquitectura Popular na Zona Climática I1-V1.

Alguns exemplos de arquitectura popular poderão ser paradigmáticos:

- Na serra de Monchique, os exemplos mais típicos, as casas dos pastores, de forma circular e com telhados de colmo, podem ser interpretadas como uma optimização da relação “área/Volume” para redução das perdas por condução.
- Junto ao mar, a amplitude térmica diária é geralmente menor que no interior, as temperaturas são mais estáveis devido à acção da grande massa térmica que é o mar.
- O efeito das brisas marítimas é também um fenómeno que ocorre com alguma frequência nas zonas do litoral. Por vezes este fenómeno toma a forma de ventos com intensidade muito forte.

### 3.2 Zona I<sub>1</sub> – V<sub>2</sub>

Concelhos abrangidos:

Albufeira, Alenquer, Anadia, Arruda dos Vinhos, Barreiro, Coimbra, Faro, Grândola, Lagoa, Lisboa, Loulé, Loures, Mealhada, Moita, Mortágua, Odivelas, Olhão, Santa Comba Dão, Santiago do Cacém, São Brás de Alportel, Seixal, Sesimbra, Setúbal, Silves, Sobral de Monte Agraço, Soure, Tavira.

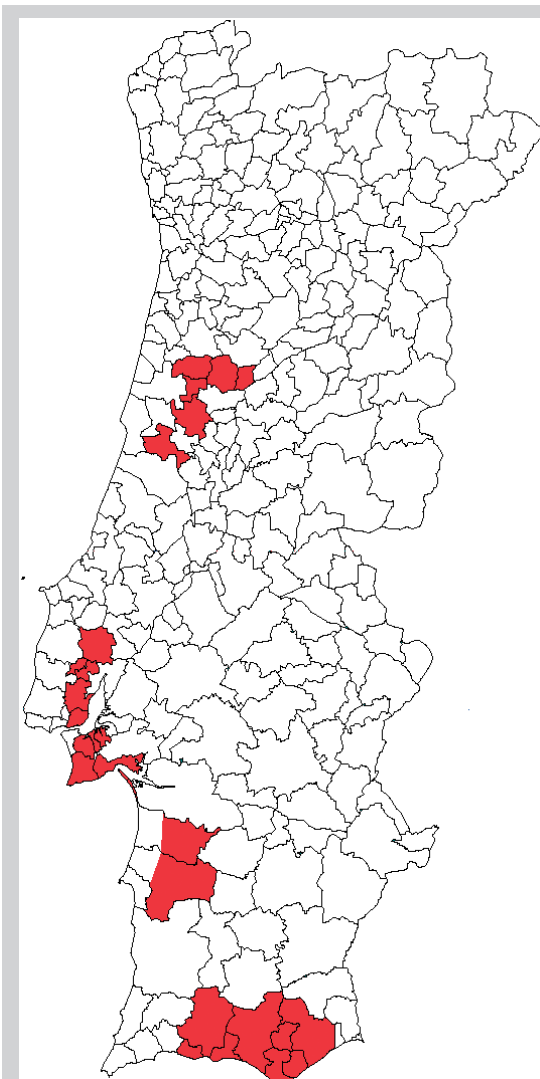


Figura 12 – Localização dos Concelhos com Clima I<sub>1</sub> V<sub>2</sub>

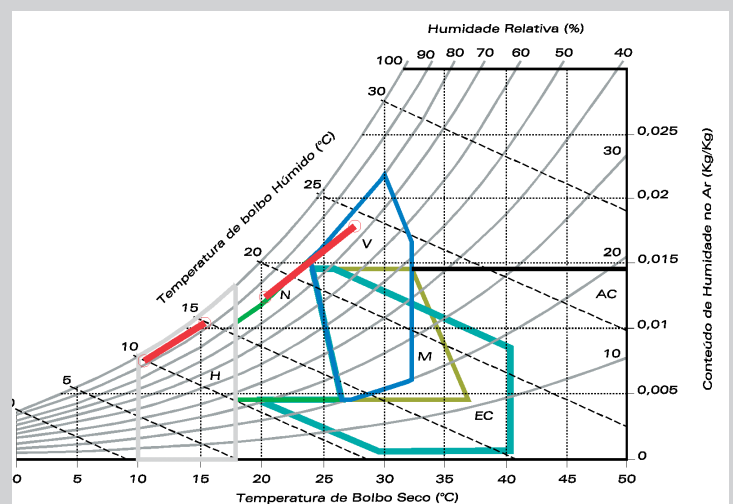


Figura 13 – Carta Bioclimática para Santiago do Cacém (I<sub>1</sub> V<sub>2</sub>)

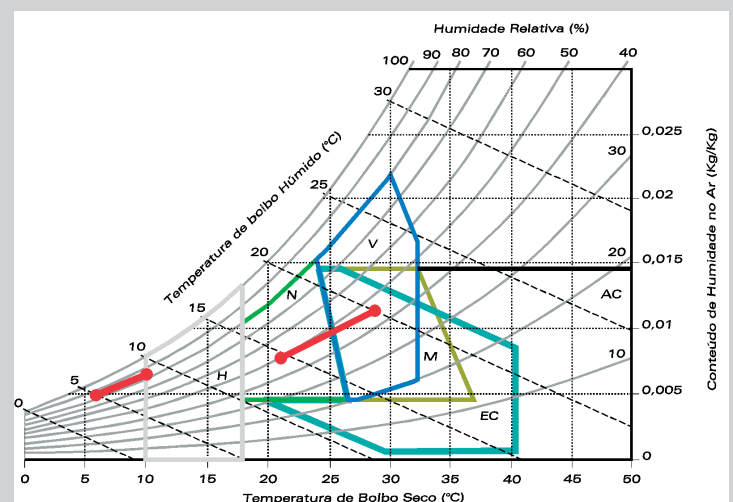


Figura 14 – Carta Bioclimática para Coimbra (I<sub>1</sub> V<sub>2</sub>)

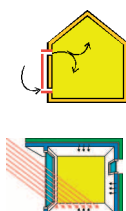







I<sub>1</sub>-V<sub>2</sub> – Litoral Sul e Algarve, Região de Lisboa e alguns concelhos da zona Centro. A influência marítima suaviza alguns destes climas. O Verão deverá merecer um cuidado mais especial que o Inverno. Os Graus dias de Aquecimento variam entre 1490 (Soure) e 1010 (Olhão). No Verão, devido à preponderância da influência estabilizadora marítima verificam-se menores amplitudes térmicas diárias.

**Estratégias Bioclimáticas:**

**Inverno** – Restringir condução; promover os ganhos solares.

**Verão** – Restringir condução; restringir ganhos solares dotando os envidraçados de sobreamentos eficazes. Promover Ventilação.

Quadro 3 – Estratégias Bioclimáticas;  
Clima I<sub>1</sub>-V<sub>2</sub>

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
Inverno – Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares.	Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes	
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente	
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior	
Verão – Estação de Aquecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados	
	Restringir Ganhos por Condução	Isolar Envolvente	
	Ventilação	Ventilação transversal (nocturna)	
		Tubos enterrados	
Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior		

### 3.3 Zona I<sub>1</sub> – V<sub>3</sub>

#### Concelhos abrangidos:

Alandroal, Alcácer do Sal, Alcochete, Alcoutim, Aljustrel, Almeirim, Almodôvar, Alpiarça, Alter do Chão, Alvito, Arraiolos, Aronches, Avis, Azambuja, Barrancos, Beja, Benavente, Borba, Campo Maior, Cartaxo, Castro Marim, Castro Verde, Coruche, Crato, Cuba, Elvas, Entrocamento, Estremoz, Évora, Ferreira do Alentejo, Fronteira, Golegã, Mértola, Monforte, Montemor-o-Novo, Montijo, Mora, Moura, Mourão, Ourique, Palmela, Ponte de Sôr, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Salvaterra de Magos, Santarém, Serpa, Sousel, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vidigueira, Vila Franca de Xira, Vila Real de Santo António, Vila Viçosa.



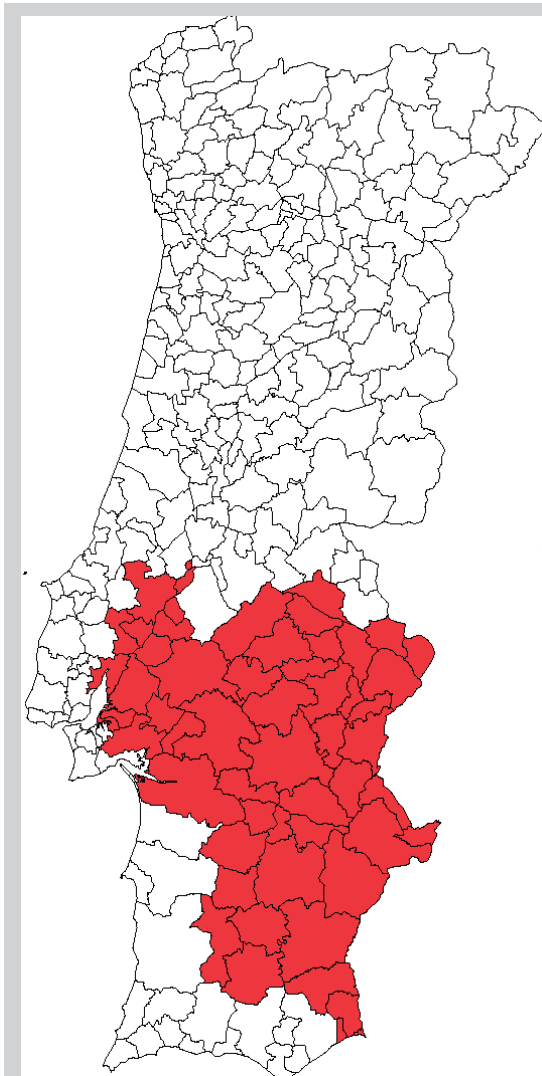


Figura 15 – Localização dos Concelhos com Clima I<sub>1</sub> V<sub>3</sub>

**I<sub>1</sub>-V<sub>3</sub>** – As exigências de Verão deverão ter uma importância superior às de Inverno. Os Graus dias de Aquecimento variam entre 1470 (Entroncamento) e 1100 (Castro Marim). Maior preponderância da influência continental, que se reflecte em climas mais secos e de altas amplitudes térmicas, devem motivar estratégias de arrefecimento evaporativo e de inércia térmica forte.

**Estratégias Bioclimáticas:**

**Inverno** – Restringir condução; promover os ganhos solares. Inércia forte.

**Verão** – Restringir condução; restringir ganhos solares; Alentejo Interior. Promover Inércia forte e arrefecimento evaporativo.

Deverá haver especial cuidado na restrição dos ganhos solares, pelo que os envidraçados deverão ser dotados de eficazes protecções para o Verão.

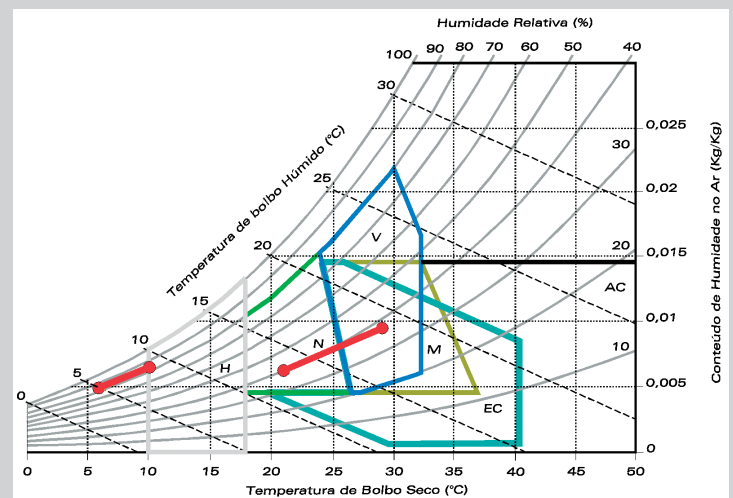


Figura 16 – Carta Bioclimática para Évora (I<sub>1</sub> V<sub>3</sub>)

Parece não haver dúvida de que se trata de um clima seco onde as estratégias de arrefecimento radiativo, ou evaporativo, são as mais adequadas. A inércia térmica deve ser forte.

A relação entre a área de envidraçados e as áreas opacas deverá ter em atenção a necessidade de um equilíbrio entre os requisitos de Inverno e de Verão. Enquanto no Inverno o rigor climático, principalmente no interior, conduz à necessidade de aquecimento, e portanto à necessidade de promover os ganhos solares, no Verão convém restringi-los.

Na denominada “Arquitectura Popular”, as janelas de pequenas dimensões, utilizadas antigamente, parecem revelar uma grande preocupação com as condições de Verão, sendo o problema do Inverno resolvido – neste tipo de arquitectura popular – com maior recurso a estratégias de restrição de perdas de condução do que com recurso a soluções de promoção de ganhos solares. A inércia térmica é forte pois as paredes são grossas e pesadas, sendo que esta estratégia parece adequada ao clima, o qual apresenta maiores amplitudes térmicas diárias.

Hoje em dia, outras formas arquitectónicas, materiais e tecnologias correntes podem e devem ser utilizados tendo sempre em atenção princípios básicos dos ensinamentos dessa “Arquitectura Popular”. Ou seja, há que minimizar as perdas e os ganhos térmicos através da envolvente opaca, e utilizar vãos com orientação que favoreçam os ganhos solares no Inverno (Sul), minimizando a seu impacto negativo no Verão (vãos a Poente) e com possibilidade de sombreamento.



a) Casa Tradicional Torrão (I<sub>1</sub> V<sub>3</sub>)



b) Monte Alentejano Alcáçovas (I<sub>1</sub> V<sub>3</sub>)

Figura 17 – Casas de inércia forte

Quadro 4 – Estratégias Bioclimáticas;  
Clima I<sub>1</sub>-V<sub>3</sub>

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
Inverno – Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares.	Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes	
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente	
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior	
Verão – Estação de Aquecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados	
	Restringir Ganhos por Condução	Isolar Envolvente	
	Arrefecimento Evaporativo	Espelhos de água; fontes interiores com circulação de ar a velocidades muito baixas. O ar arrefecido é estratificado devendo o ar mais quente ser extraído por convecção natural	
	Ventilação	Promover a ventilação nocturna	
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior	

### 3.4 Zona I<sub>2</sub> – V<sub>1</sub>

Concelhos abrangidos:

Alcobaça, Arouca, Barcelos, Batalha, Cadaval, Castelo de Paiva, Espinho, Esposende, Feira, Fornos de Algodres, Gondomar, Leiria, Maia, Matosinhos, Oliveira de Azemeis, Oliveira de Frades, Paredes, Penalva do Castelo, Porto, Porto de Mós, Póvoa de Varzim, São João da Madeira, Sever do Vouga, Trofa, Vale de Cambra, Valongo, Viana do Castelo, Vila do Conde, Vila Nova de Famalicão, Vila Nova de Gaia, Vouzela.

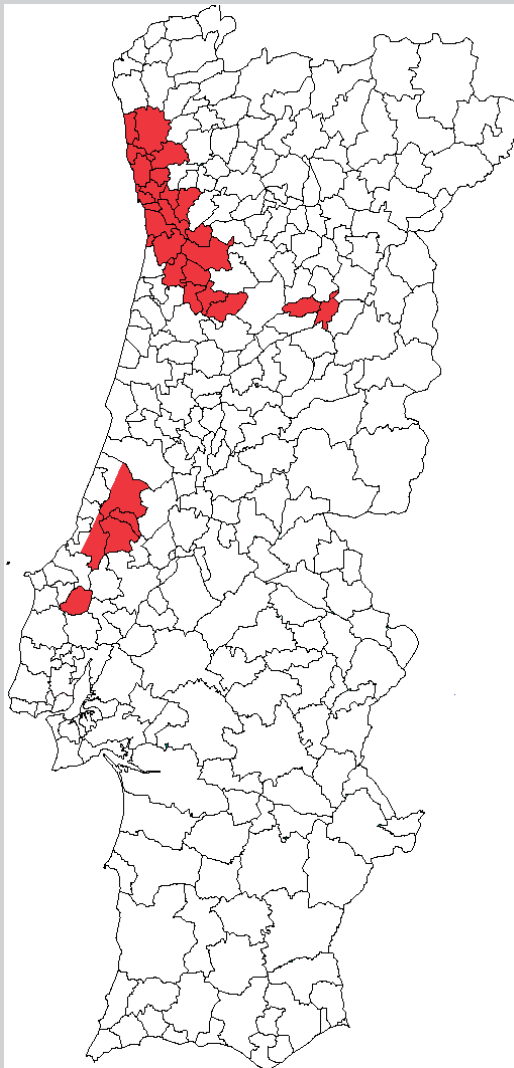


Figura 18 – Localização dos Concelhos com Clima I<sub>2</sub> V<sub>1</sub>

**I<sub>2</sub>-V<sub>1</sub>** – Litoral Norte e Centro. A influência Marítima ameniza o Verão, sendo o Inverno mais exigente que o Verão, o que deverá motivar uma maior capacidade do edifício para captar os ganhos solares. Os Graus dias de Aquecimento variam entre 2090 (Penalva do Castelo) e 1530 (Cadaval). No Verão, devido à preponderância da influência estabilizadora marítima, verificam-se junto à costa menores amplitudes térmicas diárias relativamente a regiões interiores de maior influência continental.

**Estratégias Bioclimáticas:**

**Inverno** – Restringir condução; promover os ganhos solares.

**Verão** – Restringir condução; restringir ganhos solares. Promover ventilação.

Deverá haver especial cuidado na promoção dos ganhos solares a Sul [Inverno], porém sem esquecer a protecção dos envidraçados de modo a restringir ganhos solares de Verão.

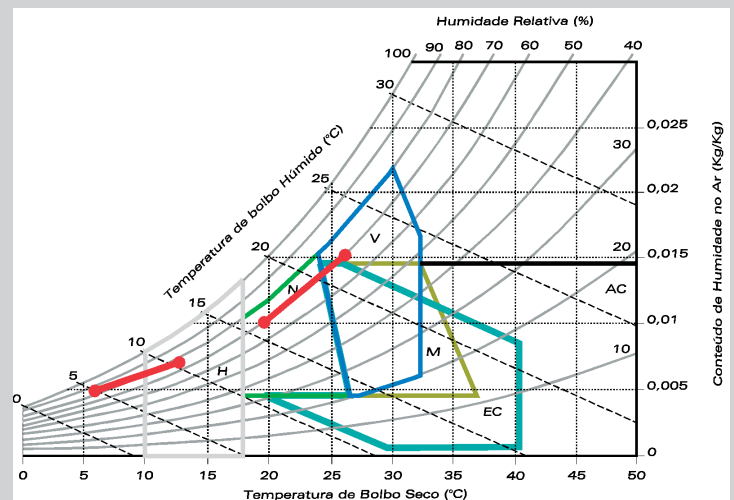
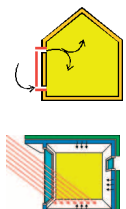



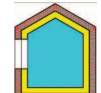





Figura 19 – Carta Bioclimática para a cidade do Porto – Serra do Pilar (I<sub>2</sub> V<sub>1</sub>)

Quadro 5 – Estratégias Bioclimáticas;  
Clima I<sub>2</sub>-V<sub>1</sub>

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
Inverno – Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares	Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes	
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente	
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior	
Verão – Estação de Aquecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados	
	Restringir Ganhos por Condução	Isolar Envolvente	
	Ventilação	Ventilação transversal (nocturna)	
		Tubos enterrados	
Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior		

### 3.5 Zona I<sub>2</sub> – V<sub>2</sub>

Concelhos abrangidos:

Alcanena, Amarante, Amares, Ansião, Arganil, Belmonte, Braga, Carregal do Sal, Celorico de Basto, Condeixa-a-Nova, Fafe, Felgueiras, Guimarães, Lousa, Lousada, Mangualde, Marco de Canavezes, Miranda do Corvo, Monção, Nelas, Oliveira do Hospital, Paços de Ferreira, Penacova, Penafiel, Penela, Pombal, Ponte de Lima, Póvoa do Lanhoso, Rio Maior, Santo Tirso, São Pedro do Sul, Tábua, Tondela, Valença, Vila Nova de Cerveira, Vila Nova de Ourém, Vila Nova de Poiares, Vila Verde, Viseu, Vizela.

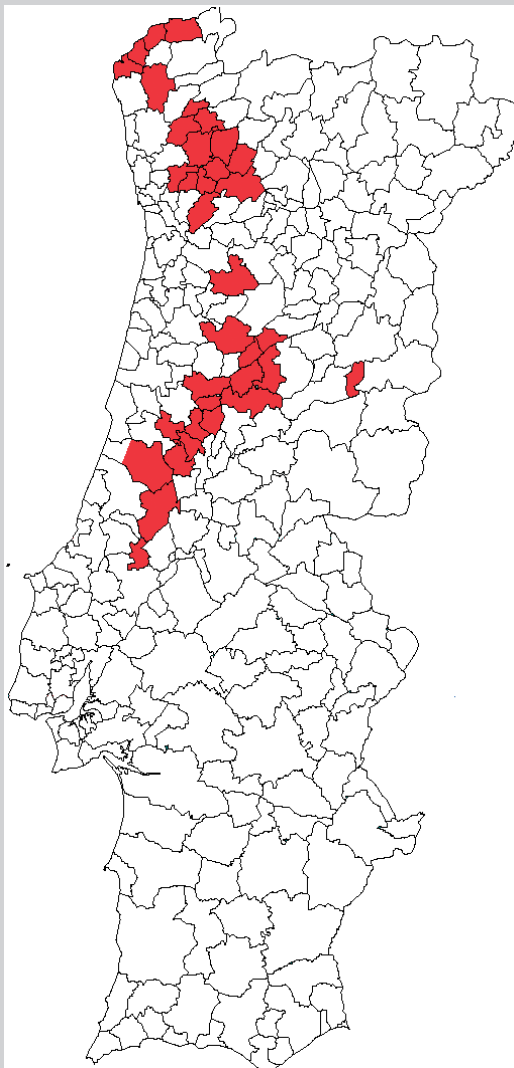


Figura 20 – Localização dos Concelhos com Clima I<sub>2</sub> V<sub>2</sub>

**I<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>** – Os Graus dias de Aquecimento variam entre 2090 (Fafe) e 1510 (Penacova). No Verão, as amplitudes térmicas diárias poderão considerar-se com valores médios, o que já exige cuidados maiores com a inércia térmica dos edifícios.

**Estratégias Bioclimáticas:**

**Inverno** – Restringir condução; promover os ganhos solares. Deverá haver especial cuidado na promoção dos ganhos solares nas orientações do quadrante Sul.

**Verão** – Restringir condução; restringir ganhos solares pelo que os envidraçados deverão ser eficazmente sombreados. Promover inércia forte.

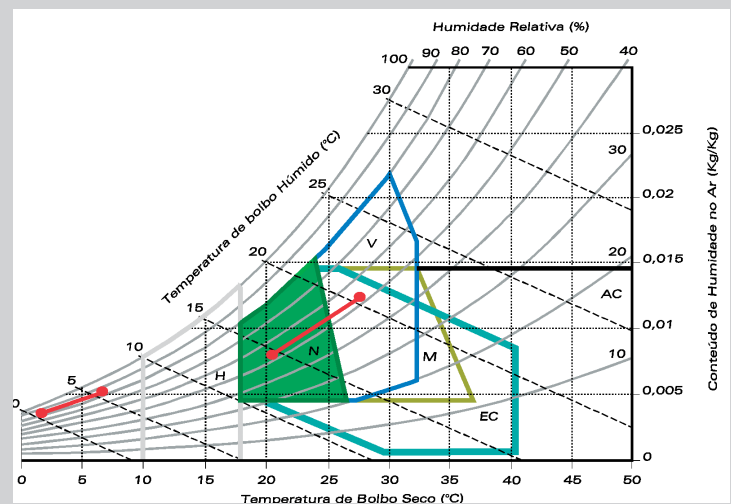
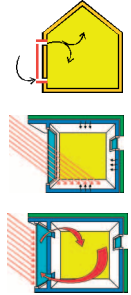






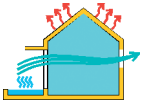



Figura 21 – Carta Bioclimática para Viseu (I<sub>2</sub> V<sub>2</sub>)



Quadro 6 – Estratégias Bioclimáticas;  
Clima I<sub>2</sub>-V<sub>2</sub>

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
<p><b>Inverno</b> – Estação de Aquecimento</p>	<p>Promover Ganhos Solares.</p>	<p>Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes.</p>	
	<p>Restringir Perdas por Condução</p>	<p>Isolar Envolvente</p>	
	<p>Promover Inércia Forte</p>	<p>Paredes pesadas com isolamento pelo exterior</p>	
<p><b>Verão</b> – Estação de Aquecimento</p>	<p>Restringir Ganhos Solares</p>	<p>Sombrear Envidraçados</p>	
	<p>Restringir Ganhos por Condução</p>	<p>Isolar Envolvente</p>	
	<p>Ventilação</p>	<p>Ventilação transversal (nocturna)</p>	
		<p>Tubos enterrados</p>	
	<p>Arrefecimento Evaporativo</p>	<p>Promover ventilação c/ pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc.</p>	
<p>Promover Inércia Forte</p>	<p>Paredes pesadas com isolamento pelo exterior</p>		

### 3.6 Zona I<sub>2</sub> – V<sub>3</sub>

Concelhos abrangidos:

Abrantes, Alvaiázere, Borba, Castelo Branco, Castelo de Vide, Chamusca, Constância, Ferreira do Zêzere, Figueiró dos Vinhos, Fundão, Gavião, Idanha-a-Nova, Mação, Marvão, Mesão Frio, Nisa, Pedrogão Grande, Penamacor, Peso da Régua, Portalegre, Proença-a-Nova, Santa Marta de Penaguião, Sardoal, Tomar, Torres Novas, Vila de Rei, Vila Nova da Barquinha, Vila Velha de Ródão.

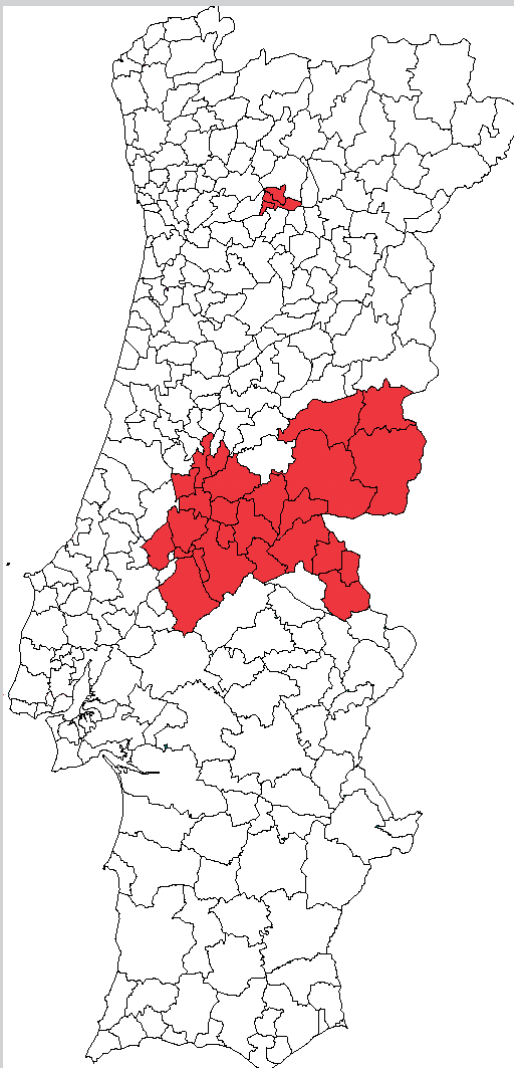


Figura 22 – Localização dos Concelhos com Clima I<sub>2</sub> V<sub>3</sub>

**I<sub>2</sub>-V<sub>3</sub>** – Zona do Vale do Tejo e Alentejo Interior e dois concelhos junto ao rio Douro. As condições de Verão sobrepõem-se às de Inverno, pelo que deverá haver especial cuidado na restrição dos ganhos solares. Climas Secos e de altas amplitudes térmicas, devem motivar estratégias de arrefecimento evaporativo e de inércia térmica pesada. As diferenças com a zona I<sub>1</sub>-V<sub>3</sub> advêm de uma latitude superior que motiva maiores necessidades de aquecimento no Inverno. Os Graus dias de Aquecimento variam entre 2100 (Santa Marta de Penaguião) e 1510 (Vila Velha de Ródão).

**Estratégias Bioclimáticas:**

**Inverno** – Restringir de perdas por condução; promover os ganhos solares.

**Verão** – Restringir de ganhos por condução; restringir ganhos solares. As condições de Verão sobrepõem-se às de Inverno, pelo que deverá haver especial cuidado na restrição dos ganhos solares dotando os envidraçados de sobreamentos eficazes. Promover inércia forte e arrefecimento evaporativo.

Dotar os edifícios de **elevados níveis de isolamento térmico** afigura-se muito adequado, dado que beneficia o seu desempenho tanto no Inverno como no Verão [Restrição da transmissão térmica por condução].

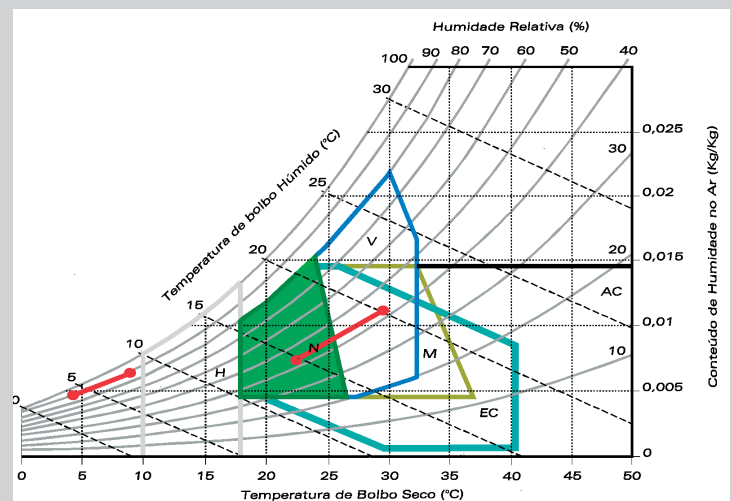
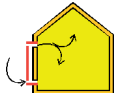
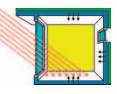











Figura 23 – Carta Bioclimática para Abrantes/Tancos (I<sub>2</sub> V<sub>3</sub>)

Quadro 7 – Estratégias Bioclimáticas;  
Clima I<sub>2</sub>-V<sub>3</sub>

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
Inverno – Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares.	Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes.	  
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente	
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior. Esta estratégia é muito importante devido à influência continental destes climas caracterizados por altas amplitudes térmica	
Verão – Estação de Aquecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados	
	Restringir Ganhos por Condução	Isolar Envolvente	
	Arrefecimento Evaporativo	Promover ventilação c/ pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc.	
	Ventilação	Ventilação transversal (nocturna)	
	Promover Inércia Forte	Tubos enterrados	
Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior. Esta estratégia é muito importante devido à influência continental destes climas caracterizados por altas amplitudes térmica		

### 3.7 Zona $I_3 - V_1$

Concelhos abrangidos:

Boticas, Celorico da Beira, Guarda, Manteigas, Melgaço, Montalegre.

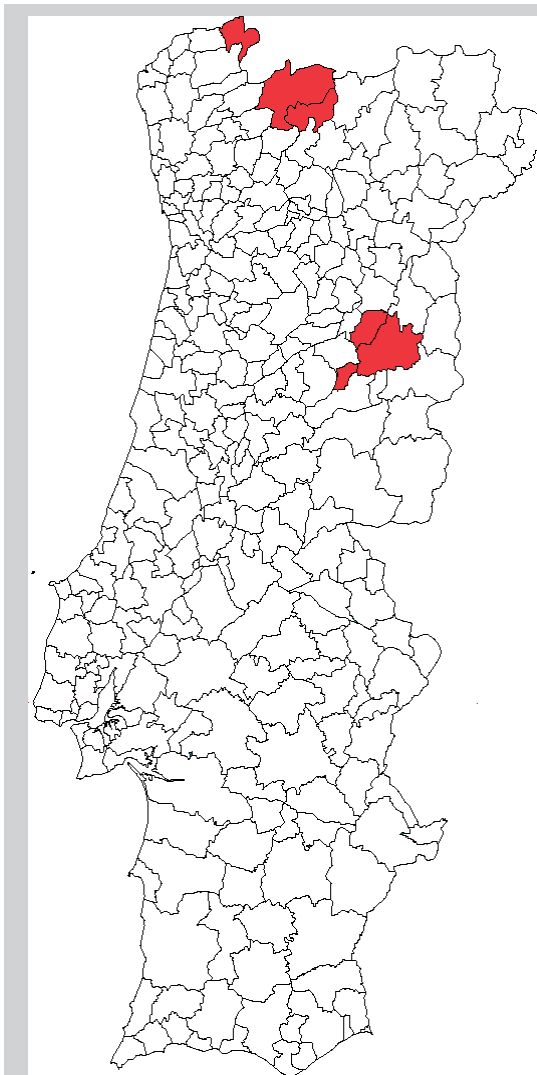


Figura 24 – Localização dos Concelhos com Clima  $I_3 V_1$

**$I_3 - V_1$**  – O Inverno é muito mais agressivo que o Verão, o que deverá motivar uma maior capacidade do edifício para captar ganhos solares. Os Graus Dias de Aquecimento variam entre 3000 (Manteigas) e 2120 (Vale de Cambra). No Verão verificam-se baixas amplitudes térmicas diárias porém uma inércia térmica forte é muito conveniente devido ao Inverno e beneficia as condições de Verão.

**Estratégias Bioclimáticas:**

**Inverno** – Restringir condução; promover os ganhos solares os quais deverão ser associados a uma boa massa de armazenamento térmico (Inércia Forte). Sistemas Solares Passivos de Aquecimento são muito adequados.

**Verão** – Restringir condução; restringir ganhos solares. As condições de Inverno sobrepõem-se às de Verão, pelo que deverá haver especial cuidado na promoção dos ganhos solares.

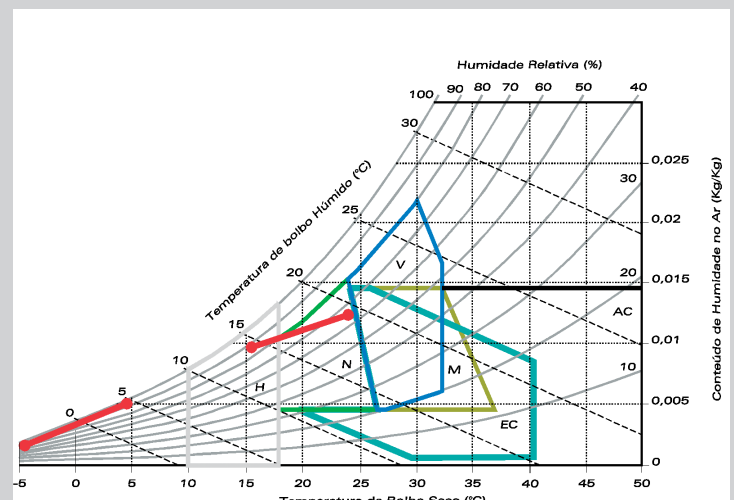


Figura 25 – Carta Psicrométrica de Givoni para Montalegre ( $I_3 V_1$ )

Traços comuns quanto ao tipo de clima:

Verões amenos: verifique-se que as temperaturas no Verão se situam na zona de conforto. Grandes necessidades de aquecimento, bem patentes nos Graus Dias da estação de aquecimento, que chegam a atingir o valor de 3000 Graus Dias para o caso de Manteigas.

Nos locais onde se verifica uma maior necessidade de aquecimento e uma menos importante necessidade de arrefecimento no Verão é onde encontramos os principais exemplos de arquitectura vernácula com utilização de envidraçados em estufas para aquecimento.

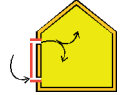
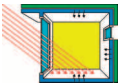





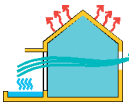



Apesar de as actividades e funcionalidades que se verificavam na arquitectura popular serem bastante diferentes das dos edifícios de hoje, os seus princípios de adaptação ao clima encerram importantes lições. Compreender esses princípios e adaptá-los aos edifícios de hoje, porque não tirando partido de tantas possibilidades que a tecnologia oferece, poderá ser uma fonte de redução dos consumos de energia nos edifícios, mas poderá também traduzir-se numa qualidade arquitectónica com mais significado.



**Figura 26** – Grandes Envidraçados a Sul em zonas onde as necessidades de Aquecimento de Inverno são muito superiores às necessidades de arrefecimento de Verão – Fonte Arcada [I<sub>3</sub>V<sub>1</sub>]  
*Aquarela de J.M.Graça*



Quadro 8 – Estratégias Bioclimáticas;  
Clima I<sub>3</sub>-V<sub>1</sub>

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
Inverno – Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares.	Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes	  
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente	
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior. Esta estratégia é muito importante devido à influência continental destes climas caracterizados por altas amplitudes térmica	
Verão – Estação de Aquecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados	
	Restringir Ganhos por Condução	Isolar Envolvente	
	Arrefecimento Evaporativo	Promover ventilação c/ pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc	
	Ventilação	Ventilação transversal (nocturna)  Tubos enterrados	 
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior. Esta estratégia é muito importante devido à influência continental destes climas caracterizados por altas amplitudes térmica	

3.8 Zona I<sub>3</sub> – V<sub>2</sub>

Concelhos abrangidos:

Aguiar da Beira, Alfândega da Fé, Almeida, Arcos de Valdevez, Bragança, Cabeceiras de Basto, Carraceda de Ancieães, Castro de Aire, Chaves, Cinfães, Covilhã, Figueira de Castelo Rodrigo, Freixo de Espada à Cinta, Gois, Macedo de Cavaleiros, Meda, Miranda do Douro, Mogadouro, Mondim de Basto, Murça, Paredes de Coura, Penedono, Pinhel, Ponte da Barca, Ribeira de Pena, Sabugal, Sátão, Seia, Sernancelhe, Terras de Bouro, Torre de Moncorvo, Trancoso, Vieira do Minho, Vila Flor, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real, Vimioso, Vinhais.

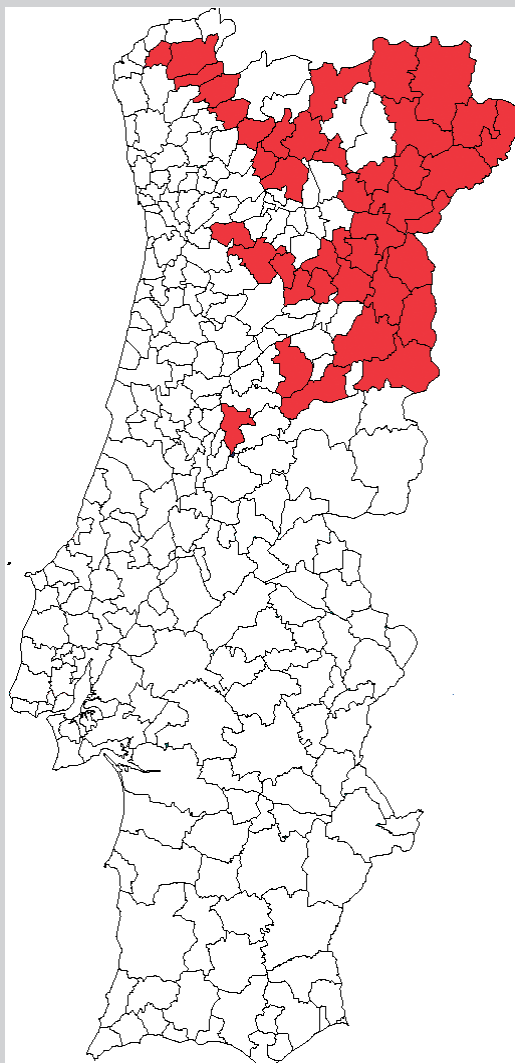


Figura 27 – Localização dos Concelhos com Clima I<sub>3</sub> V<sub>2</sub>

I<sub>3</sub>-V<sub>2</sub> – Alguns concelhos de Trás-os-Montes, Douro, Minho e Beira Alta. Inverno mais exigente que Verão. As condições de Inverno deverão motivar uma maior capacidade do edifício para absorver ganhos de radiação solar. Os Graus dias de Aquecimento variam entre 2860 (Vila Pouca de Aguiar) ou 2850 (Bragança) e 2180 (Cabeceiras de Basto e Paredes de Coura). No Verão verificam-se amplitudes térmicas diárias relevantes devido à influência do clima continental pelo que é muito conveniente uma inércia térmica forte devido aos climas tanto de Inverno como de Verão.

Estratégias Bioclimáticas:

**Inverno** – Restringir condução; promover os ganhos solares os quais deverão ser associados a uma boa massa de armazenamento térmico (Inércia Forte). Sistemas Solares Passivos de Aquecimento são muito adequados.

**Verão** – Restringir condução; restringir ganhos solares, Inércia Térmica pesada e sistemas de arrefecimento evaporativo.

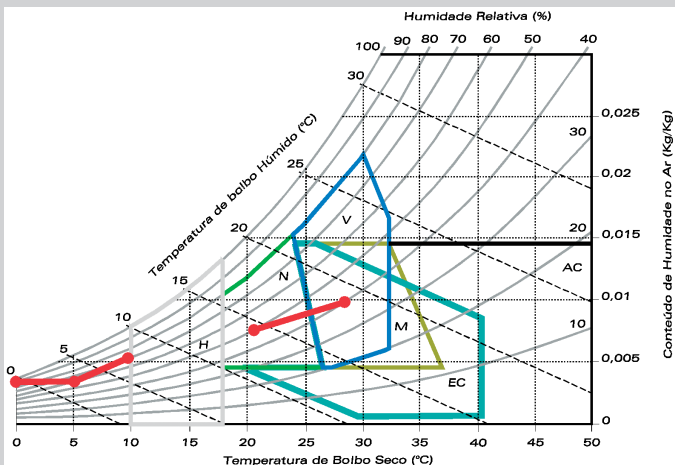


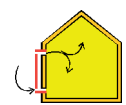
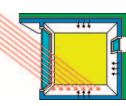



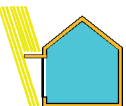




Figura 28 – Carta Bioclimática para a cidade de Bragança (I<sub>3</sub> V<sub>2</sub>)

Traços comuns quanto à localização geográfica: Trás-os-Montes e Beira Interior.

Traços comuns quanto ao tipo de clima: Verificam-se temperaturas muito baixas no Inverno, o que sugere uma grande necessidade de utilização de tecnologias solares passivas de aquecimento. No Verão observam-se uma tendência para um clima quente e seco, o que parece correcto devido à maior influência continental.

Em face das temperaturas e humidades registadas no diagrama psicrométrico, aponta-se para estratégias de Verão com utilização de massa térmica pesada e arrefecimento radiativo. Soluções de arrefecimento evaporativo também não parecem desajustadas.

Quadro 9 – Estratégias Bioclimáticas;  
Clima I<sub>3</sub>-V<sub>2</sub>

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
Inverno – Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares.	Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes	  
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente	
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior	
Verão – Estação de Aquecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados	
	Arrefecimento Evaporativo	Promover ventilação c/ pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc.	
	Ventilação	Ventilação transversal (nocturna)	
		Tubos enterrados	
Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior.		

### 3.9 Zona I<sub>3</sub> - V<sub>3</sub>

Concelhos abrangidos:

Alijó, Armamar, Baião, Castanheira de Pêra, Lamego, Mirandela, Moimenta da Beira, Oleiros, Pampilhosa da Serra, Resende, Sabrosa, S. João da Pesqueira, Tabuaço, Tarouca, Valpaços.

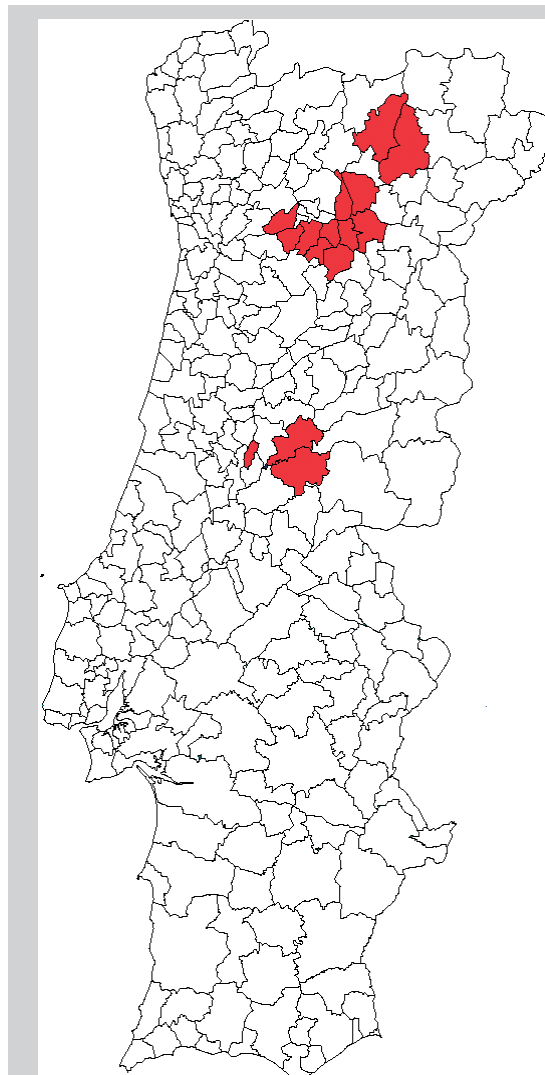


Figura 29 – Localização dos Concelhos com Clima I<sub>3</sub> V<sub>3</sub>

**I<sub>3</sub>-V<sub>3</sub>** – Climas mais agressivos do território continental tanto de Inverno como de Verão. As condições de Inverno deverão motivar uma maior capacidade do edifício para captar ganhos solares. Os Graus dias de Aquecimento variam entre 2670 (Tarouca) e 2150 (Baião). No Verão verificam-se amplitudes térmicas diárias muito elevadas devido à influência do clima continental pelo que é imprescindível uma inércia térmica forte.

#### Estratégias Bioclimáticas:

**Inverno** – Restringir condução; promover os ganhos solares os quais deverão ser associados a uma boa massa de armazenamento térmico (Inércia Forte). Sistemas Solares Passivos de Aquecimento são muito adequados.

**Verão** – Restringir condução; restringir ganhos solares, inércia térmica forte e sistemas de arrefecimento evaporativo.

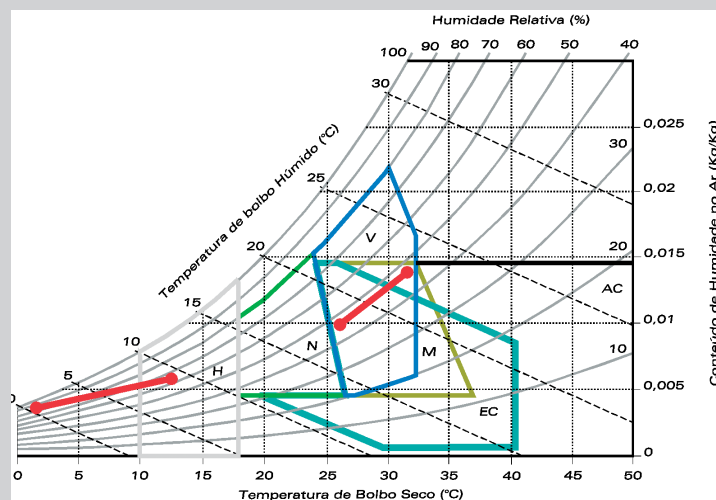
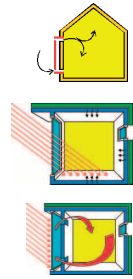


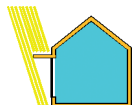

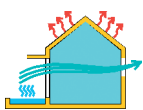



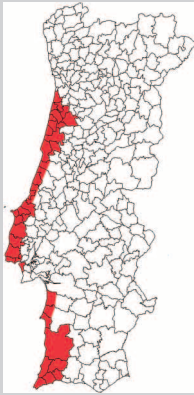
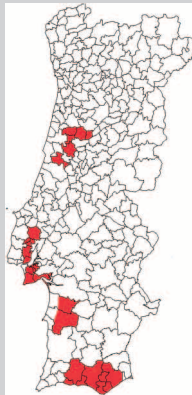
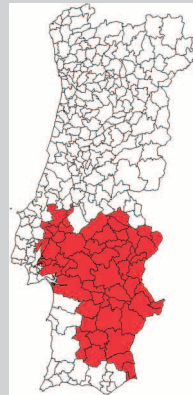
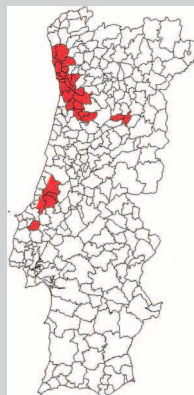
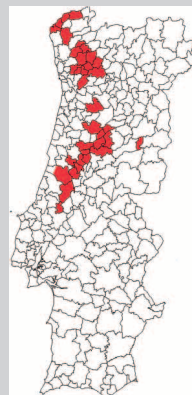
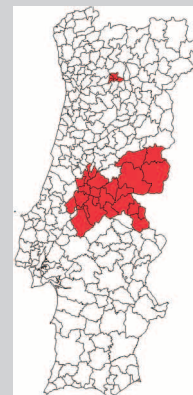

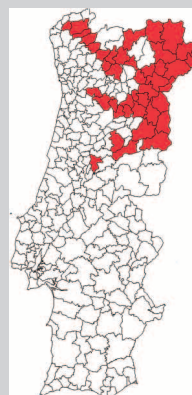



Figura 30 – Carta Bioclimática para Mirandela (I<sub>3</sub> V<sub>3</sub>)

Quadro 10 – Estratégias Bioclimáticas;  
Clima I<sub>3</sub>-V<sub>3</sub>

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos
Inverno – Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares.	Todos os sistemas de ganho são adequados para os tipos de edifícios mais convenientes. 
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente 
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior. Esta estratégia é muito importante devido à influência continental destes climas caracterizados por altas amplitudes térmica 
Verão – Estação de Aquecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados 
	Restringir Ganhos por Condução	Isolar Envolvente 
	Arrefecimento Evaporativo	Promover ventilação c/ pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc. 
	Ventilação	Ventilação transversal (nocturna)  Tubos enterrados 
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior. Esta estratégia é muito importante devido à influência continental destes climas caracterizados por altas amplitudes térmica 

Quadro 11 – Síntese das Zonas Climáticas

	<p><b>I<sub>1</sub>-V<sub>1</sub></b> – Climas mais amenos do território continental devido à preponderância da influência estabilizadora marítima. É importante dotar os edifícios de níveis adequados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos eficazes.</p>
	<p><b>I<sub>1</sub>-V<sub>2</sub></b> – Alguns concelhos do Centro, Litoral Sul e Algarve. A influência marítima suaviza alguns destes climas. A um Verão mais exigente que o Inverno deve corresponder uma arquitectura defendida da radiação solar. É importante dotar os edifícios de níveis adequados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muito eficazes.</p>
	<p><b>I<sub>1</sub>-V<sub>3</sub></b> – Alentejo Interior. As condições de Verão sobrepõem-se às de Inverno, pelo que deverá haver especial cuidado na restrição dos ganhos solares. Uma Inércia Forte é também muito importante em face de grandes amplitudes térmicas. É importante dotar os edifícios de níveis elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muitíssimo eficazes.</p>
	<p><b>I<sub>2</sub>-V<sub>1</sub></b> – Litoral Norte e Centro. A influência Marítima ameniza o Verão, sendo o Inverno mais exigente que o Verão o que deverá motivar uma maior capacidade do edifício para absorver ganhos de radiação solar. É importante dotar os edifícios de níveis elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos eficazes.</p>
	<p><b>I<sub>2</sub>-V<sub>2</sub></b> – É sobretudo uma zona de transição entre o litoral norte/centro e o interior, numa estreita banda paralela à costa. É importante dotar os edifícios de níveis elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muito eficazes.</p>
	<p><b>I<sub>2</sub>-V<sub>3</sub></b> – Beira Baixa, e Alto Alentejo Interior. A única diferença relativamente à Zona I<sub>1</sub>-V<sub>3</sub> deve-se a maiores necessidades de aquecimento no Inverno como consequência de uma latitude mais a Norte. É importante dotar os edifícios de níveis muito elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muitíssimo eficazes.</p>
	<p><b>I<sub>3</sub>-V<sub>1</sub></b> – O Inverno é muito mais agressivo que o Verão, sendo muito adequado neste tipo de clima a utilização de envidraçados a Sul. É importante dotar os edifícios de níveis muitíssimo elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos eficazes.</p>
	<p><b>I<sub>3</sub>-V<sub>2</sub></b> – Alguns concelhos de Trás-os-Montes, Douro e Minho. Inverno muito exigente. No entanto o Verão não deverá ser menosprezado. É importante dotar os edifícios de níveis muitíssimo elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muito eficazes.</p>
	<p><b>I<sub>3</sub>-V<sub>3</sub></b> – Inverno e Verão muito exigentes devem motivar grande atenção ao clima. É importante dotar os edifícios de níveis muitíssimo elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muitíssimo eficazes.</p>



### Síntese – Estratégias bioclimáticas em Portugal

Os quadros 2 a 10 apresentam um conjunto de sugestões de estratégias bioclimáticas que fundamentalmente, no seu essencial, são comuns para todas as regiões do País, sendo que a sua aplicação prática depende apenas da severidade climática de cada zona.

No Inverno, havendo três zonas climáticas definidas para Portugal Continental (**I1, I2, I3**) interessa em primeiro lugar e como estratégia principal **isolar a envolvente** dos edifícios numa graduação proporcional àquela divisão climática, sendo a zona I3 aquela que maior cuidado necessita. Complementarmente, é necessário salvaguardar excessos de **infiltrações de ar frio exterior**. Por outro lado, interessa, em qualquer das zonas climáticas, **promover os ganhos solares**, sendo também a zona I3 a mais necessitada. A obtenção destes ganhos é feita através de vãos envidraçados devidamente orientados, sendo que a área de captação deverá ter em conta a especificidade de cada edifício (orientação, tipo de vidro e clima local).

No Verão, as três zonas climáticas (**V1, V2, V3**) também apresentam características comuns, ainda que com severidades distintas. Como regra a seguir em todas as zonas, interessa **restringir os ganhos solares** mediante adopção de **soluções eficazes de sombreamento** dos vãos envidraçados, e **promover a ventilação natural** durante períodos em que a temperatura exterior seja favorável, dependendo de cada zona e de cada tipo de edifício.

Para evitar a necessidade de ar-condicionado no Verão, não basta evitar os ganhos solares. É também sempre necessário adoptar soluções construtivas de **inércia elevada**, para que possa haver estabilidade da temperatura interior e, portanto, se minimizem situações de sobreaquecimento. A inércia é também essencial para um correcto aproveitamento dos ganhos solares no Inverno.

Sugerem-se ainda algumas estratégias bioclimáticas mais específicas e complementares, que podem contribuir significativamente para a melhoria do desempenho global dos edifícios, do tipo arrefecimento evaporativo nas zonas mais quentes e menos húmidas do interior do País, sendo que a sua utilização depende muito do edifício em causa. O mesmo se passa com os sistemas de arrefecimento pelo solo, que poderão ser potencialmente utilizados em todas as zonas climáticas do país, dependendo mais das condições locais de implantação do edifício.

#### 4. SISTEMAS PASSIVOS NOS EDIFÍCIOS

Quando se fala em Sistemas Passivos, referimo-nos a certos dispositivos construtivos integrados nos edifícios, cujo objectivo é o de contribuir para o seu aquecimento ou arrefecimento natural. No caso do aquecimento (estação fria), estes sistemas pretendem maximizar a captação do sol no Inverno, através de vãos envidraçados bem orientados e dimensionados, aos quais se podem associar elementos massivos, que permitirão o armazenamento da energia solar e sua utilização em horas posteriores. Estes dispositivos são geralmente denominados de Sistemas de Aquecimento Passivo e são classificados da seguinte forma:

Sistemas de Aquecimento Passivo:

- Ganho Directo;
- Ganho Indirecto ou desfasado – Parede de Trombe, Parede Massiva, Colunas de água;
- Ganho Isolado – Espaço Estufa ou Colector de Ar.

No caso do arrefecimento (estação quente), pretende-se tirar partido de fontes frias que permitirão arrefecer o edifício. Um fonte fria no Verão é o próprio solo, cujas temperaturas são sempre inferiores à temperatura do ar exterior, sendo pois uma excelente fonte de arrefecimento dos edifícios. Outra fonte fria é o ar exterior, que em determinadas horas do dia (noite e manhã) apresenta uma temperatura inferior à temperatura interior dos próprios edifícios. Tal ocorre devido às grandes amplitudes térmicas diárias no período de Verão verificadas na temperatura do ar no nosso país, podendo pois ser muito efectiva a estratégia de ventilação nesses períodos, principalmente à noite e início da manhã. Encontramos ainda outros sistemas de arrefecimento, ainda que com menos utilização: o arrefecimento radiativo, tirando partido da diferença de temperatura radiativa entre a envolvente do edifício e a temperatura do “céu”; e o arrefecimento provocado pela evaporação de água. Temos pois a seguinte classificação:

Sistemas de Arrefecimento Passivo:

- Ventilação Natural;
- Arrefecimento pelo Solo;
- Arrefecimento Evaporativo;
- Arrefecimento Radiativo.

### 4.1 Sistemas de Aquecimento Passivo

Os sistemas destinados ao aquecimento passivo podem ser caracterizados como aqueles que, fazendo parte integrante da sua estrutura construtiva, desempenham o papel de colectores solares e acumuladores da energia solar neles incidentes e ainda de agente de distribuição da energia-calor por processos naturais de transferência.

Em todos os sistemas solares passivos destinados ao aquecimento existem dois elementos básicos a ter em conta:

- superfície envidraçada a sul, ou no quadrante sudeste-sudoeste, para captação da radiação solar;
- massa térmica para absorção, armazenamento e distribuição de calor.

#### 4.1.1 Sistema de Ganho Directo

No sistema de ganho directo, o espaço a aquecer dispõe de vãos envidraçados bem orientados por forma a possibilitar a incidência da radiação no espaço e nas massas térmicas envolventes (paredes e pavimentos). De notar que a construção corrente em Portugal tem em geral massa suficiente, sendo que uma boa orientação dos vãos conduz à utilização deste tipo de sistemas sem qualquer complexidade adicional.

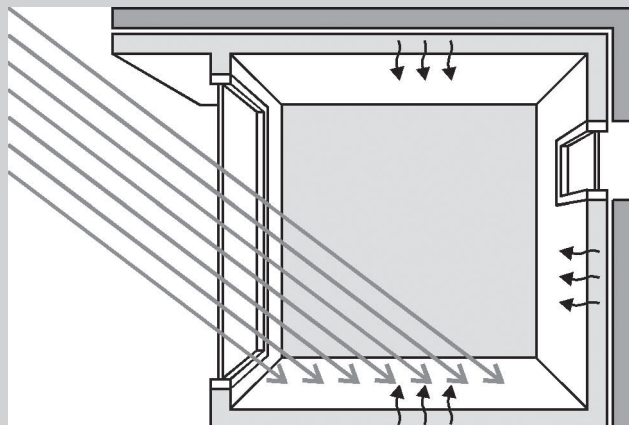


Fig. 31 – Sistema Ganho Directo

As massas térmicas desempenham um papel estabilizador das condições interiores, atenuando a amplitude térmica no interior dos edifícios. Quanto maior for a massa térmica, menor será essa variação, sendo que também será mais difícil aquecer o edifício, sendo necessário um equilíbrio entre massa térmica, isolamento e área de vãos, dependendo muito do tipo de edifício e localização do mesmo. Durante o período diurno, a massa térmica absorve o calor resultante da incidência directa da radiação solar e, durante o período nocturno, devolve - o ao espaço. Dever-se-á ter em atenção ao isolamento dos elementos da envolvente exterior, por forma a minimizar a influência das solicitações climáticas exteriores.



Edifício de Serviços, ICP – Porto  
Arq. José Gigante – Porto



Moradias, Janas, Sintra  
Arq. Filipa Mourão e João Santa Rita

Fig. 32  
Edifícios com Sistema de Ganho Directo



Morada – Algarve  
Candido de Sousa



Escola do Alto da Faia  
Arq. Jorge Conceição e Rui Orfão

**Fig. 33**  
Edifícios com Sistema de Ganho Directo



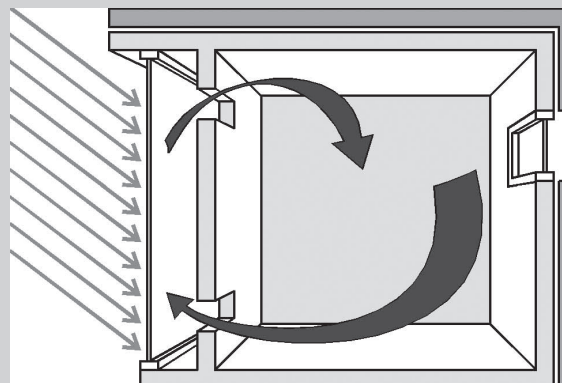
**Fig. 34** – Centro de Recuperação Infantil  
de Ferreira do Zêzere  
Arq. Francisco Moita

**Fig. 35** – Centro da Biomassa e Energia – Miranda do Corvo  
Arq. Francisco Moita



#### 4.1.2 Sistema de Ganho Indirecto

Nos sistemas de ganho indirecto, a massa térmica dos sistemas é interposta entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer. A massa térmica absorve a energia solar nela incidente, sendo posteriormente transferida para o espaço. Esta transferência pode ser imediata ou desfasada, conforme a estratégia de circulação (ou não) do ar que for adoptada.



**Fig. 36** – Parede de Trombe <sup>1</sup>

<sup>1</sup> A primeira casa a utilizar este sistema foi construída em França (Odeillo) em 1967 por Felix Trombe e o arquitecto Jacques Michel.

Nestes sistemas, verifica-se um desfasamento da onda de calor transmitida para o espaço e o ciclo da radiação solar. Os espaços onde estes sistemas se encontram podem tirar partido do desfasamento e receber a energia absorvida durante o dia no final da tarde e início da noite, dependendo muito de cada edifício e da sua utilização. A gestão da transferência de energia é feita pelo próprio utilizador, usando para o efeito sistemas simples de ventilação, como o apresentado na figura, (Parede de Trombe), que consistem em duas aberturas entre o espaço e a zona quente.

Referem-se alguns tipos destes sistemas.

### i) Parede de Trombe

Trata-se do sistema apresentado na figura 36, composto por um vão devidamente orientado, no qual se coloca interiormente uma parede maciça de espessura variável entre os 10 e os 30 cm de espessura. A superfície exterior da parede é geralmente pintada de cor escura, aumentando assim a captação da radiação solar incidente. Cria-se assim um sistema, no qual predomina o efeito de estufa, atingindo-se temperaturas muito elevadas (30-60°C) no espaço entre o vidro e a parede de armazenamento. Esta “energia” incidente pode ser transferida de imediato para o interior do espaço a aquecer por intermédio da ventilação natural através dos orifícios existentes na parede. Se tal for a utilização pretendida, o espaço será aquecido por uma corrente de convecção natural entre o espaço interior e o espaço “estufa”. No entanto, desta forma, a maior parte da energia incidente é transferida e utilizada directamente, sendo que a energia acumulada na parede é reduzida. É este o funcionamento da denominada Parede de Trombe, sendo que variações têm sido introduzidas pelos arquitectos neste modo de funcionamento, tais como os materiais utilizados ( Figura 37 - Casa Schäfer com parede em pedra), na sua localização e dimensão (Figura 39 - Casas de Jade ). Outra estratégia possível com este tipo de sistema é o de poder ser utilizado na meia estação (primavera ou outono) para pré-aquecimento do ar exterior, necessitando para isso de um orifício entre o exterior e o espaço “estufa”.

No caso de não se pretender utilizar a estratégia de ventilação natural, a “energia” incidente irá sendo acumulada na parede durante o dia, e por condução será transferida para o interior do espaço a aquecer, demorando um tempo que depende da espessura da parede. Esta estratégia permite “armazenar” energia que estará disponível no período nocturno, estabilizando assim as temperaturas nesse espaço. Neste caso, estamos perante a denominada “Parede de Armazenamento”.



Fig. 37  
Casa Schäfer, Porto Santo (Com Paredes de Trombe)  
Arqº. Günther Ludewig

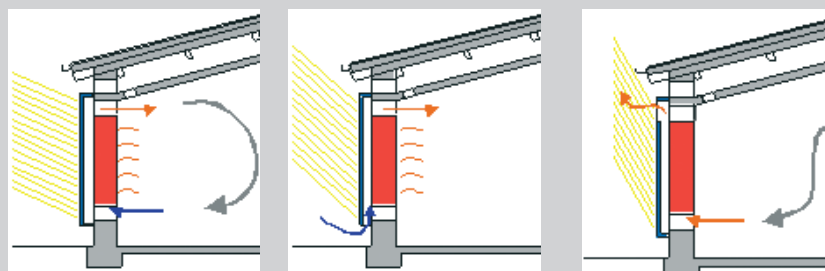


Fig. 38  
Esquema de funcionamento de uma Parede de Trombe Inverno /Outono e Primavera/Verão



**Fig. 39**  
Casas de Jade- Sintra (com Paredes de Armazenamento)  
Arq. Lúvia Tirone



**Fig. 40**  
Casa Termicamente Optimizada - Porto  
Arqº. Carlos Araújo, Arqº. Santiago Boissel

Os sistemas de ganho indirecto (Paredes de Trombe e Paredes de Armazenamento) deverão incluir dispositivos móveis de sombreamento, por forma a desactivá-los no período de Verão e assim permitirem controlar as temperaturas interiores, evitando-se assim condições de sobreaquecimento.

## ii) Paredes e Colunas de Água

Este sistema é basicamente o mesmo que uma parede de armazenamento, sendo que o material de armazenamento, em vez de um material construtivo normal tipo betão ou argamassa, é água, em contentores.

No exemplo que se apresenta, Casa Solar no Campus do INETI no Porto, a massa de água foi colocada em colunas de fibra de vidro, pintadas com cor escura. Estas colunas foram instaladas junto aos vãos, recebendo assim a radiação solar. O calor resultante da incidência da radiação solar será transmitido por radiação e convecção para o espaço que se pretende aquecer.

Nestes sistemas, além de água, pode-se utilizar outro líquido bem como diferentes tipos de reservatórios.



**Fig. 41** – Colunas de água na Casa Solar no Porto,  
Arqº. Carlos Araújo e Santiago Boissel)



### 4.1.3 Sistemas de Ganho Isolado (Estufas e Colectores a Ar)

Nos sistemas de ganho isolado, a captação dos ganhos solares e o armazenamento da energia captada não se encontram nas áreas ocupadas dos edifícios, pelo que operam independentemente do edifício. Os espaços estufa são exemplos deste sistema e utilizam a combinação dos efeitos de ganho directo e indirecto. A energia solar é transmitida ao espaço adjacente à estufa por condução através da parede de armazenamento que os separa e ainda por convecção, no caso de existirem orifícios que permitam a circulação de ar.

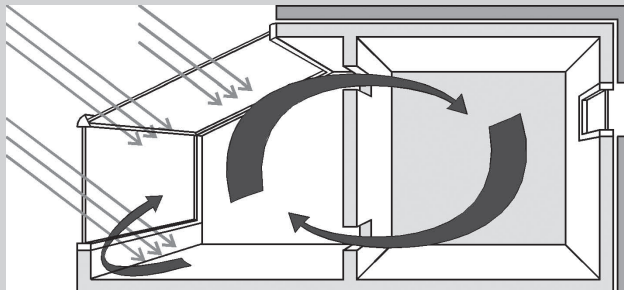


Fig. 42 – Sistema Ganho Isolado



Fig. 43

Moradia Unifamiliar com Estufa – Vale do Rosal  
Inverno e Verão com protecção de vegetação  
Arq. Fausto Simões



Ferreira do Zêzere-Escola  
Arq. Francisco Moita



Porto – Moradia  
Arq. Fernanda Seixas

Fig. 44 – Edifícios com Estufa

#### i) Colectores a Ar

Os sistemas de colectores a ar são constituídos por uma superfície de vidro e uma outra absorvedora sem qualquer capacidade de armazenamento térmico. Funcionam em termosifão e permitem ventilar os espaços interiores adjacentes ao longo de todo o ano.

Corresponde a um sistema que permite aquecer o ar exterior a insuflar no interior do edifício numa situação de Inverno, utilizando para tal um dispositivo de captação solar. Este dispositivo, tal como descrito, permite que toda a radiação absorvida seja transmitida directamente ao ar de insuflação (ver esquema de Inverno). No verão o sistema permite a extracção do ar interior, a Escola do Crato com os seus colectores é um exemplo da aplicação deste tipo de sistemas.

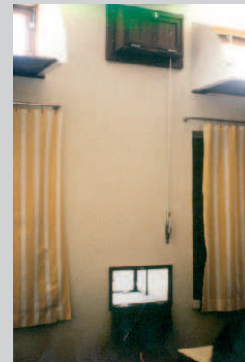




Fig. 45 – Escola Secundária do Crato  
Arq<sup>o</sup>. Luís Virgílio Cunha e Arq<sup>a</sup>. Rosabela Costa e Eng. Canha da Piedade



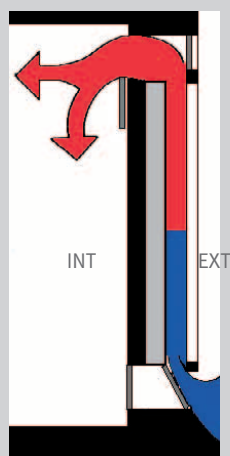
Fig. 46 – Vista do exterior, colector a ar



Vista do interior

No Inverno, o ar é aquecido e insuflado no espaço adjacente por ventilação natural, permitindo assim o aquecimento directo do espaço

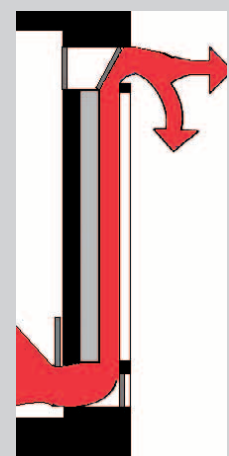
INVERNO



Situação com pré-aquecimento do ar exterior

No período de Verão, o sistema permite a extracção do calor do interior para o exterior, sempre que for desejável.

VERÃO



### 4.2 Sistemas Passivos de Arrefecimento

Os sistemas de arrefecimento passivo baseiam-se em estratégias que visam utilizar as fontes frias existentes de forma a diminuir a temperatura no interior dos edifícios. Desta forma, os sistemas de arrefecimento passivo podem eliminar ou diminuir consideravelmente a necessidade de um sistema de climatização convencional. A adopção de soluções que conduzam à prevenção e atenuação de ganhos de calor e de estratégias que dêem origem a processos de dissipação de calor, traduzir-se-á assim numa redução das necessidades de arrefecimento e na melhoria das condições de conforto térmico.

A prevenção ou protecção de ganhos solares poderá ser considerada em todos os tipos de edifícios através de opções arquitectónicas. Em primeiro lugar, há que ter em atenção o tipo de vidros utilizados e o respectivo controle solar. A melhor solução é seguramente a utilização de sombreamento exterior, pois tal impede a entrada de radiação solar no interior do edifício. Se tal não for possível ou desejável, por razões arquitectónicas, ou outras, é de considerar, soluções de vidros refletantes associados a sistemas de sombreamento interior.

A utilização de isolamento na envolvente dos edifícios, e especialmente se o mesmo for colocado no exterior da envolvente, conduz a situações que diminuem as solicitações térmicas através da envolvente opaca, diminuindo assim a carga térmica de arrefecimento do edifício. Especial atenção deve ser dada às coberturas dos edifícios, pois são as superfícies que mais radiação solar recebem durante o Verão. Outro aspecto a ter em consideração é a cor dos edifícios, sendo que cores claras se traduzem em menores valores de captação da radiação solar, pelo que favorecem naturalmente o desempenho térmico dos edifícios no Verão.

A atenuação dos ganhos de calor através da envolvente do edifício depende também da massa térmica do edifício, ou seja, da capacidade que um edifício tem de armazenar calor na sua estrutura, e dá origem a uma diminuição dos valores de pico das cargas de arrefecimento e a um desfasamento entre as temperaturas exteriores e interiores.

A aplicação de estratégias que visem a dissipação de calor, a que se atribui geralmente a designação arrefecimento passivo ou natural, depende da existência de ambientes propícios que actuem como fontes frias e de diferenças de temperaturas que permitam dar origem a processos de transferência significativos.

#### 4.2.1 Ventilação Natural

A ventilação natural é um processo pelo qual é possível arrefecer os edifícios tirando partido da diferença de temperaturas existente entre o interior e o exterior em determinados períodos. O nosso clima caracteriza-se por importantes amplitudes diárias no período de Verão, que poderão atingir cerca de 20 °C (dia-noite). Assim, é possível e desejável implementar a ventilação nocturna como uma estratégia muito eficaz de evacuação dos ganhos no interior dos edifícios, principalmente dos edifícios de habitação. Também é possível utilizar a ventilação natural durante o dia em períodos nos quais a temperatura exterior é inferior à temperatura do edifício, por exemplo durante a manhã.

A ventilação natural é um processo promovido pelas diferenças de pressão de um lado e outro das janelas, portas, chaminés e frinças, quer por origem na diferença de temperaturas interior-exterior, quer por acção directa do vento sobre as edificações.

A circulação de ar contribui para a diminuição da temperatura interior e ainda para a remoção do calor sensível armazenado na massa térmica. Tem também implicações em termos de conforto térmico, ao incentivar perdas de calor por convecção e evaporação nos ocupantes.

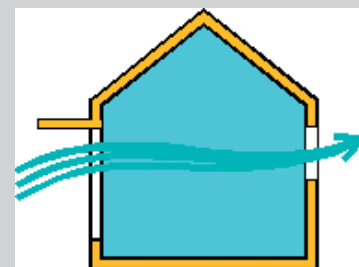


Fig. 47 – Ventilação Transversal

Torna-se pois muito importante o correcto posicionamento e dimensionamento das aberturas, que podem ter inúmeras configurações, dividindo-se no entanto em duas grandes categorias: a ventilação transversal (*cross ventilation*) e a ventilação unilateral (*single-sided ventilation*). Para mais detalhes, consultar o livro “*Natural Ventilation in Buildings*” [3].

Apresentam-se alguns exemplos esquemáticos de configurações simples e transversal.

**Ventilação simples num só lado.**

Edifícios com aberturas numa única parede são de ventilação difícil, mesmo se o vento incida directamente nas mesmas. Se for este o caso, é desejável a colocação de aberturas espaçadas, como forma de melhorar o escoamento, ver figura 39, pois o vento não incide exactamente na perpendicular, a não ser muito pontualmente.

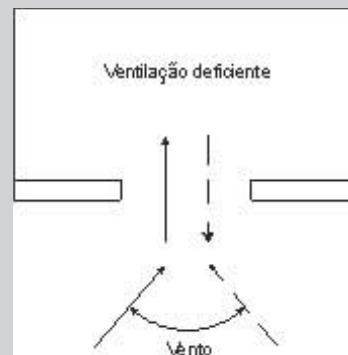


Fig. 48 – Ventilação simples com uma abertura

No caso de um espaço em que só se possa colocar aberturas num único lado, é preferível colocar duas aberturas afastadas.

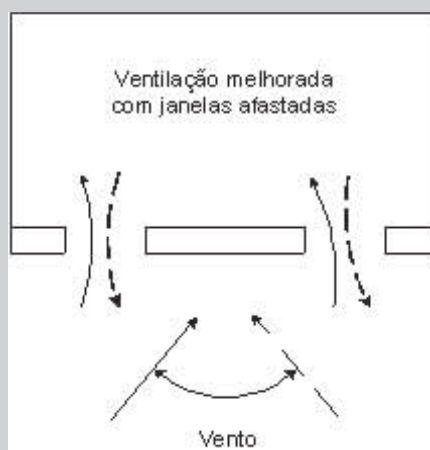


Fig. 49 – Ventilação simples de duas aberturas

Pode-se ainda recorrer a elementos arquitectónicos – bandeiras de ventilação - de forma a induzir e melhorar a ventilação.

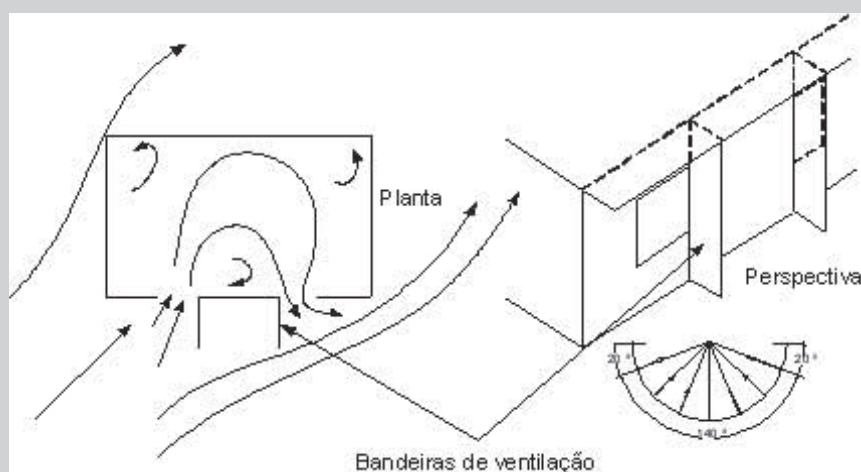


Fig. 50 – Elementos facilitadores da ventilação



Fig. 51 – Bandeiras de ventilação - Instituto de Biologia Molecular e Celular – Porto  
Arq<sup>ª</sup>. Fernanda Seixas, Arq<sup>ª</sup>. Anne Perl De Pal

A ventilação natural e em especial a ventilação cruzada, é uma estratégia muito eficiente e pode ser conjugada com o efeito de chaminé.

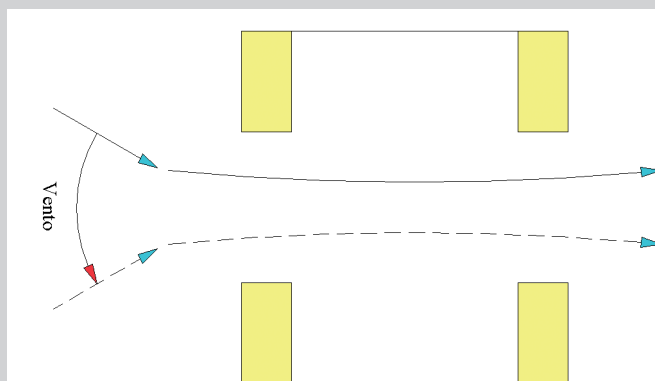


Fig. 52 – Esquema ventilação transversal

A Chaminé Solar permite extrair o ar quente dos espaços ocupados e deve terminar a uma altura superior à cobertura. Nos esquema das figuras 53 e 54, representa-se como é feita a extracção do ar do espaço a ventilar.

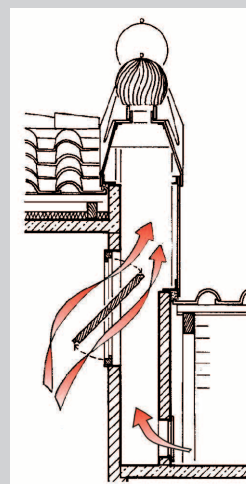


Fig. 53 – Chaminé Solar

Apresenta-se a título de exemplo o esquema de ventilação utilizado na Casa Shaffer, na qual coexistem vários efeitos em termos de ventilação, incluindo ventilação transversal, ventilação por efeito de chaminé a a ventilação entre a laje exterior e a laje de cobertura da casa. Também se representa na figura 54 um esquema de tubos enterrados, que se explica de seguida.

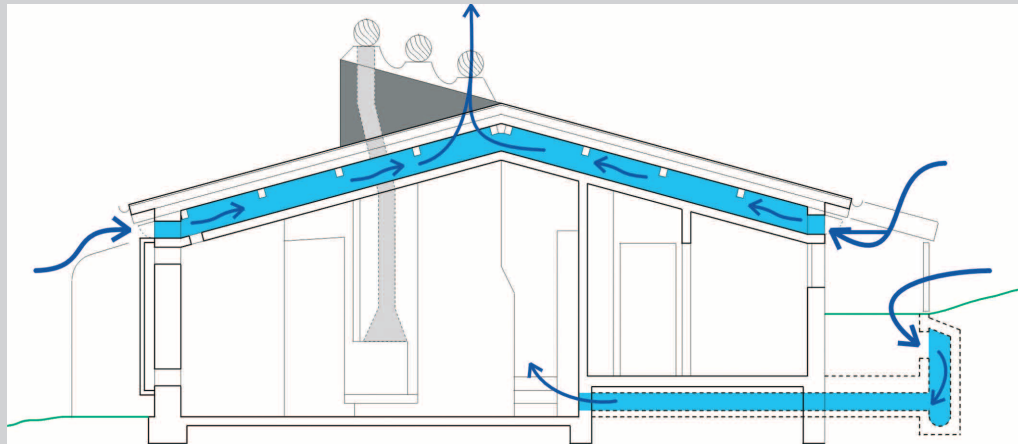


Fig. 54 – Esquema de Ventilação na Casa Shaffer

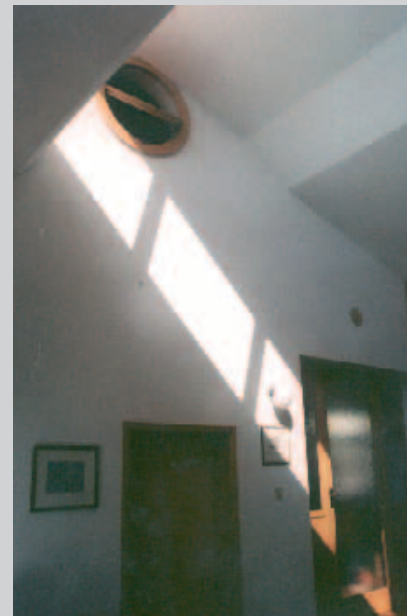


Fig. 55 – Chaminé e janela de ventilação - Casa Shaffer

Em síntese, a ventilação natural tem um papel extremamente importante na remoção do calor do interior do edifício e no estabelecimento das condições de conforto térmico, não só por diminuir a temperatura no interior mas ainda por acelerar as trocas evaporativas à superfície do corpo dos ocupantes.

Em países com clima temperado, e com amplitudes térmicas significativas, o recurso à ventilação natural é particularmente importante e muito eficiente durante o período nocturno, em consequência do decréscimo da temperatura do ar exterior, constituindo pois uma boa estratégia para Portugal.

#### 4.2.2 Arrefecimento pelo Solo

O solo, no Verão, apresenta temperaturas inferiores á temperatura exterior, constitui-se como uma importante fonte fria e poderá, no período de Verão, intervir como uma fonte de dissipação de calor, dissipação esta que pode ocorrer por processos directos ou indirectos.

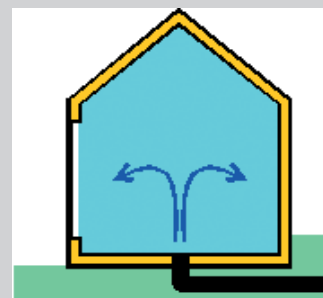


Fig. 56 – Arrefecimento pelo solo

No caso do arrefecimento por contacto directo com o solo, este constitui a extensão da própria envolvente do edifício (paredes, pavimento e eventualmente cobertura). Do ponto de vista térmico, o interior do edifício encontra-se ligado ao solo por condução através daqueles elementos. Este processo é particularmente eficiente em regiões de clima temperado.

Na situação de arrefecimento por contacto indirecto com o solo, o interior do edifício está associado a um permutador existente no solo: condutas subterrâneas colocadas de 1 a 3 m de profundidade. O desempenho destes sistemas depende das dimensões das condutas e da profundidade a que são colocadas, ou seja, da temperatura a que se encontra o solo, da temperatura e da velocidade do ar que circula no seu interior e ainda das propriedades térmicas das condutas e do solo.

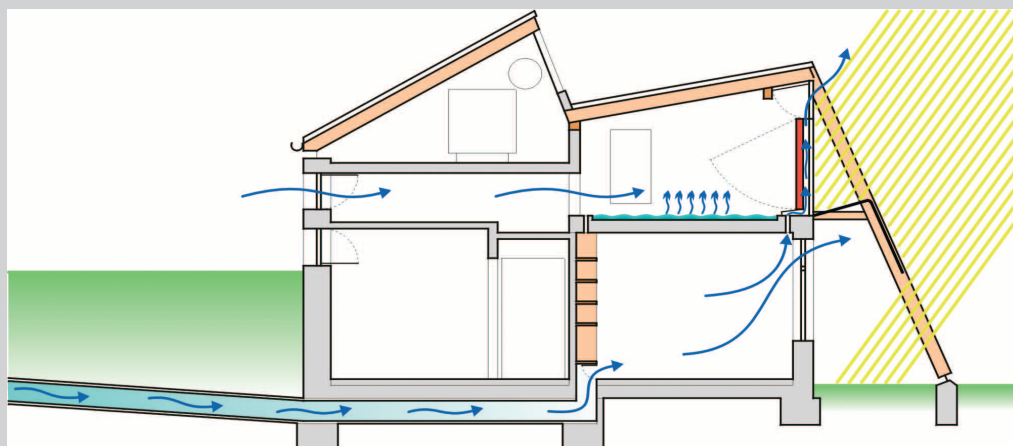


Fig. 57 – Casa Solar Porto Santo - Arqº. Gunther Ludewig  
Entrada de tubos enterrados e orifícios no interior da casa



Fig. 57 – Entrada exterior e interior dos tubos enterrados



Apresentam-se resumidamente duas técnicas de arrefecimento passivo: evaporativo e radiativo. O primeiro encontra-se associado a construções com pátios nos quais se localizam fontes ou pequenos lagos, que propiciam o arrefecimento, muito comuns por exemplo na Andaluzia. O arrefecimento radiativo não é uma técnica muito utilizada na construção de edifícios em Portugal, verificando-se ainda apenas a existência de alguns destes edifícios de natureza experimental e de estudo em países como os EUA.

#### 4.2.3 Arrefecimento Evaporativo

Esta estratégia baseia-se na diminuição de temperatura associada à mudança de fase da água do estado líquido ao estado de vapor. Quando o decréscimo é acompanhado de um aumento do conteúdo do vapor de água, trata-se de um arrefecimento evaporativo directo. Neste caso, o ar exterior é arrefecido por evaporação da água, antes de entrar no edifício.

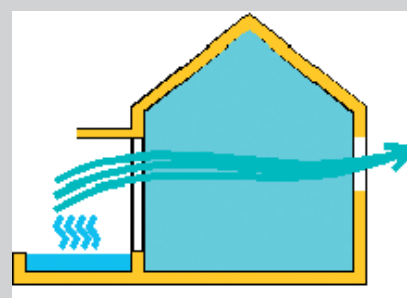


Fig. 59 – Arrefecimento Evaporativo

As técnicas passivas directas incluem o recurso à vegetação para promover a evapotranspiração, fontes, piscinas e lagos artificiais.

Existe ainda um outro processo de arrefecimento evaporativo no qual se induz a injeção de água sob a forma de gotas (tipo spray) no ar exterior, arrefecendo assim o ambiente exterior ao edifício e conseqüentemente o ar que vai entrar no seu interior.

Quando se promove o arrefecimento através da evaporação nas superfícies exteriores expostas à radiação solar ou ao ar quente do interior, está-se em presença de arrefecimento evaporativo indirecto, assim designado por se contribuir para uma diminuição da temperatura do ar interior sem o aumento do conteúdo de vapor de água.

#### 4.2.4 Arrefecimento Radiativo

A emissão de radiação por parte dos elementos da envolvente exterior de um edifício poderá ser utilizada no arrefecimento do mesmo. As perdas por radiação ocorrem durante os períodos diurnos e nocturnos, tratando-se pois de um processo contínuo. É, no entanto, durante o período nocturno que os seus efeitos se fazem mais sentir em virtude da ausência de radiação solar directa.

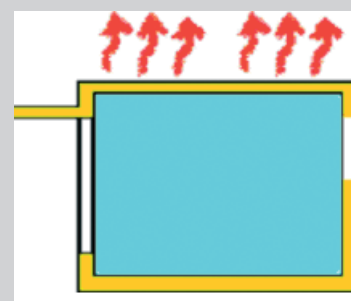


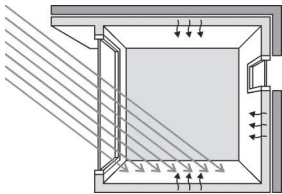
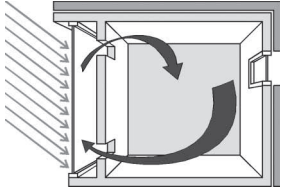
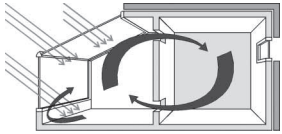
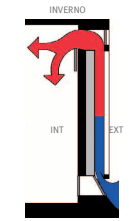
Fig. 60 – Arrefecimento Radiativo

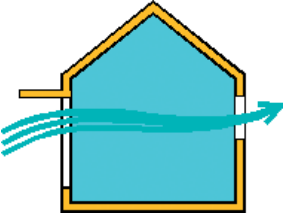

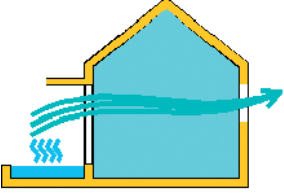
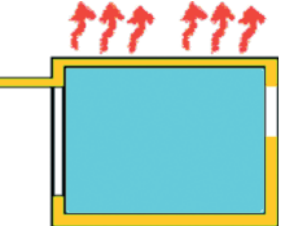
Os sistemas passivos baseados nesta estratégia utilizam geralmente a cobertura dos edifícios como elemento radiativo pelo facto de ser o elemento com maior exposição ao céu, favorecendo assim as trocas radiativas.

As coberturas horizontais são os componentes privilegiados relativamente ao arrefecimento radiativo, mas a estes elementos da envolvente é geralmente aplicado isolamento térmico por forma a minimizar as perdas (Inverno) e ganhos de calor (Verão), o que poderá contribuir para uma redução do potencial de arrefecimento radiativo nocturno. Um sistema com base neste conceito e que permite otimizar as perdas por radiação consiste em instalar um isolamento móvel que só é activado durante o período diurno de modo a minimizar os ganhos de calor provenientes da radiação solar. Esta prática só será efectiva nos últimos pisos dos edifícios.

Em síntese, esta técnica de arrefecimento não é simples nem prática, constituindo um potencial interessante mas de difícil aplicação nos edifícios.

**Quadro 12 - Síntese de Aplicação dos Sistemas Passivos**

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos		Tipo de Edifício
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Inverno – Estação de Aquecimento</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Promover Ganhos Solares</p>		<p><b>Ganho Directo</b>, promove o aquecimento rápido do espaço. Os vãos envidraçados, devem localizar-se preferencialmente no quadrante Sul</p>	<p>Todos os Edifícios com ocupação nocturna ou diurna</p>
			<p><b>Ganho Indirecto</b>. A Parede de Trombe absorve energia solar durante o dia fazendo-se sentir o seu efeito com mais intensidade durante a noite</p>	<p>Sistemas a utilizar em zonas dos edifícios com ocupação nocturna</p>
			<p><b>Ganho desfasado - Estufas</b>. Comportamento semelhante ao da Parede de Trombe, embora exija maior preocupação na sua desactivação durante o Verão</p>	<p>As estufas, são utilizadas no período diurno no Inverno, devendo ser desactivadas no Verão</p>
		 <p>Situação com pré-aquecimento do ar exterior</p>	<p><b>Ganho separado - colector a ar</b> permite a introdução de ar quente em espaços com grandes necessidades de renovação de ar no período de Inverno</p>	<p>Edifícios com ocupação diurna e com grande nº. de ocupantes. Salas de aula, auditórios, etc</p>
<p>Restringir Perdas por Condução</p>		<p>Isolar Envolvente é condição fundamental em Portugal</p>		<p>Principalmente nos edifícios de Habitação</p>

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos		Tipo de Edifício
Verão – Estação de Arrefecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados		Todos os edifícios
	Restringir Ganhos por Condução	Isolar Envolvente		Principalmente nos edifícios de Habitação
	Ventilação		Ventilação natural	Mais importante nos Edifícios de Habitação
	Arrefecimento pelo Solo		O edifício é arrefecido por contacto com o solo e o ar exterior é arrefecido no solo e introduzido no edifício	Todos os edifícios
	Arrefecimento Evaporativo		Promover ventilação com pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc	Todos os edifícios
	Arrefecimento Radiativo (pouco utilizado)		A emissão de radiação por parte dos elementos da envolvente exterior de um edifício	
	Promover Inércia Forte	Paredes pesadas com isolamento pelo exterior		

### 5. REFERÊNCIAS

- [1] **Gonçalves, Helder**; Cabrito, Pedro; Oliveira, Marta; Patrício, Anita – “*Edifícios Solares Passivos em Portugal*”. INETI – DER. 1997.
- [2] **Graça, João Mariz** – “*Desenvolvimento de um Sistema Pericial para o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*”. Tese de Mestrado em Construção, IST. Lisboa, 1999.
- [3] **Allard, Francis**; “*Natural Ventilation in Buildings*” James&James 1998.
- [4] “*Normais Climatológicas*”, correspondentes a 1951-1980 do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG).
- [5] **Moita, Francisco**; “*Energia Solar Passiva*” (Voumes 1 e 2) DGE, 1987.
- [6] **Teotónio Pereira et al**, *Arquitectura Popular Portuguesa, Associação dos Arquitectos Portugueses*, 1988.

### Bibliografia com interesse

Em Português:

“**Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios**” Ed. Oliveira Fernandes, E.Maldonado, DGE,1992.

“*SLR\_P-Programa de Análise Energética de Edifícios com Sistemas Solares Passivo*” INETI, 1994.

“**Conservação de energia em edifícios**, in “Térmica de edifícios”, Canha da Piedade ISQ, 1996.

Em Inglês:

“**Thermal Analysis and Design of Passive Solar Buildings**” A K Athienitis, M Santamouris, James&James, 2002.

“**Energy and Climate in the Urban Built Environment**” Ed. M Santamouris, James&James, 2001.

“**Passive Cooling of Buildings**” M Santamouris, D. Asimakopoulous, James&James 1996.

“**A Passive Handbook of Building Natural Climatic Design Control**”, N.K.Bansal, Elsevier 1994.

“**Solar Energy and Housing Design**”, Simos Yannas, Architectural Association,1994 (ISBN 1 870890450).

“**Passive Solar Architecture for Mediterranean Area-Design Handbook**”, JRC-CEC, 1994.

“**Energy in Architecture-The European Passive Solar Handbook**”, Ed J.Goulding,J.Lewis,T.Steemers,CEC 1993. (ISBN 0 713469188).

“**Passive Solar Buildings**” J.Douglas Balcomb,The MIT Press, 1992.

“**Energy Conscious Design- A primer for European Architects**”, Ed. J.Goulding, J.Lewis & T.Steemers, Batsford, 1991 (ISBN 0 7134 69169).

“**Passive Cooling**” Jeffrey Cook ,The MIT Press, 1989.



Brochura editada no âmbito da Iniciativa Pública “ Eficiência Energética nos Edifícios” (P3E), promovida pela Direcção Geral de Geologia e Energia e executada por: Agência para a Energia, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Instituto Português da Qualidade. A P3E é financiada pelo Programa de Incentivos à Modernização da Economia (PRIME).

**Para mais informações: [www.p3e-portugal.com](http://www.p3e-portugal.com) ou ADENE - Agência para a Energia (tel.: 214 722 800)**

Iniciativa executada por



AGÊNCIA PARA A ENERGIA



Instituto Português da  Qualidade