

Fernando Alfredo Veiga Costa



APROVEITAMENTO PASSIVO DE ENERGIAS E GEOTERMIA

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2008

BIBLIOTECA
UFFP

Fernando Alfredo Veiga Costa

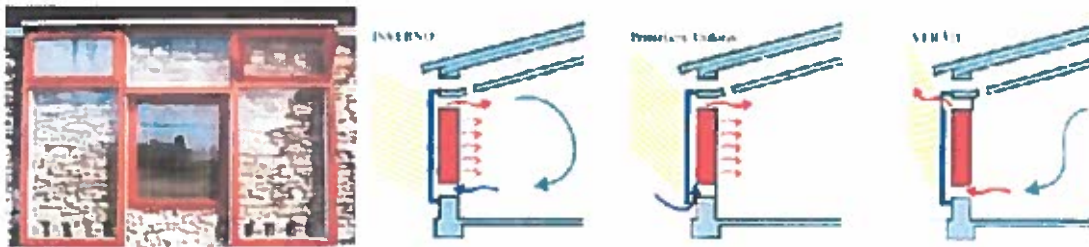
APROVEITAMENTO PASSIVO DE ENERGIAS E GEOTERMIA

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2008

Fernando Alfredo Veiga Costa nº 14949

APROVEITAMENTO PASSIVO DE ENERGIAS



“Monografia apresentada à Universidade Fernando Pessoa como parte dos requisitos para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil “

Fernando Alfredo Veiga Costa

Orientação: Mestre Ferreira

SUMÁRIO

Nesta monografia iremos abordar de modo genérico as tecnologias passivas de aproveitamento de energia, para uma construção em Portugal, que se encaram como alternativa ecológica e económica, para se reduzir consumos residenciais de aquecimento e arrefecimento dos edificios, indo de encontro às directivas Europeias.

De modo bastante simplificado, será feito um enquadramento das tecnologias a utilizar, nos diversos concelhos de Portugal. A distribuição geográfica e classificações de zonas climáticas serão as definidas no Decreto-lei nº 80/2006 de 4 de Abril.

A Geotermia dos Solos para aquecimento/arrefecimento das habitações revela-se como solução bastante prometedora, quer na sua vertente passiva (através da envolvente do edificio das áreas enterradas ou por redes de tubos enterrados), ou activa como por bombas de calor as quais apresentam grandes rentabilidades relativamente a outros processos de climatização.

Será de referir a importância da Geotérmica e a sua aplicação nos Açores e Portugal continental com as suas fontes termais, ou produção de Energia eléctrica e aquecimento de estufas, pois trata-se de um recurso inesgotável e de grande interesse nacional.

INDICE

INTRODUÇÃO	1
I ENERGIA PASSIVA	4
1.1 LOCALIZAÇÃO.....	4
1.1.1 Topografia.....	4
1.1.2 Vegetação	6
1.1.3 Água.....	8
1.1.4 Centros Urbanos	8
1.2 EDIFICIO.....	10
1.2.1 Forma.....	10
1.2.2 Exposição / Orientação	11
1.2.3 Altura Solar.....	12
1.2.4 Radiação Solar	14
1.2.5 Orientação Afastamento e Concepção Espacial dos Edifícios	14
1.2.6 Ventilação	16
1.2.7 Iluminação	21
1.3 SISTEMAS PASSIVOS.....	26
1.3.1 Aquecimento Passivo.....	26
1.3.1.1 Ganho Directo.....	26
1.3.1.2 Ganho Indirecto	28
1.3.1.2.1 Parede de Trombe.....	28
1.3.1.2.2 Paredes e Coluna de Água	30
1.3.1.3 Ganhos Isolados (Estufas e Colectores a Ar)	31
1.3.1.3.1 Estufas	31
1.3.1.3.2 Colectores a Ar	32
1.3.2 Arrefecimento passivo	33
1.3.2.1 Ventilação Natural	34
1.3.2.2 Arrefecimento pelo solo (geotérmico).....	36
1.3.2.3 Arrefecimento Evaporativo	36
1.3.2.4 Arrefecimento Radiativo	38

II	ZONAS CLIMÁTICAS DE PORTUGAL E TÉCNICAS A UTILIZAR DE APROVEITAMENTO PASSIVO DE ENERGIA.....	40
2.1	<i>Carta Bioclimática de Baruch Givoni</i>	41
2.2	<i>Zonas Climáticas de Portugal</i>	43
III	AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO GEOTÉRMICO	47
3.1	<i>Técnicas Passivas</i>	47
3.2	<i>Técnicas Activas</i>	48
3.2.1	Sistema de Captura	49
3.2.1.1	Captura Horizontal.....	50
3.2.1.2	Captura Vertical.....	51
3.2.1.3	Captura em Lençol freático.....	52
3.2.1.4	Funcionamento de um sistema Glicooling	53
IV	GEOTERMIA PARA AQUECIMENTO E PRODUÇÃO DE ENERGIA ELECTRICA E FONTES TERMAIS.....	55
4.1	<i>Hidrogeologia energética e geotermia baixa entalpia (< 90 °C)</i>	57
4.1.1	Produção de energia eléctrica	57
4.1.2	Aquecimento e Arrefecimento.....	58
4.1.3	Termal.....	59
4.2	<i>Geotermia de alta entalpia (temperaturas superiores a 150°C)</i>	60
4.2.1	Produção de energia eléctrica	60
	CONCLUSÃO	70
	BIBLIOGRAFIA	72
	ANEXOS	A-2

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1-1 O local A é o ideal para construção.	4
Figura 1.1-2 Utilização de vegetação, para controlo dos ganhos solares.	7
Figura 1.1-3 Ilhas de calor nocturna de Lisboa	10
Figura 1.2-1 A fachada de maior comprimento deve ficar orientada a Sul.	11
Figura 1.2-2 Controlo dos ganhos térmicos nas fachadas sul.....	12
Figura 1.2-3 As diferentes trajectórias solares de Inverno e Verão.....	13
Figura 1.2-4 Utilização de talude para aumentar a protecção térmica.....	15
Figura 1.2-5 Exemplo esquemático de um corte de uma construção unifamiliar.	15
Figura 1.2-6 Ventilação por Convecção	18
Figura 1.2-7 Solução projecto de ventilação c/ entrada de ar pelas fundações.	19
Figura 1.2-8 Chaminé Solar esquema de funcionamento	19
Figura 1.2-9 Sistema arrefecimento e ventilação.....	20
Figura 1.2-10 Exemplos esquemáticos de varias soluções para iluminação natural.	22
Figura 1.2-11 Esquemas de instalação do Solatube 160/290 DS (0,25/35cm).....	25
Figura 1.2-12 Esquema de controlo da iluminação do Solatube 160/290 DS (0,25/35cm).	25
Figura 1.3-1 Captação das radiações solares nas massas térmicas interiores do edificio.....	27
Figura 1.3-2 Moradias, Jana Sintra, caso prático de Ganho Directo	27
Figura 1.3-3 Análise energética	28
Figura 1.3-4 Parede de Trombe.	29
Figura 1.3-5 Casa Oásis.	29
Figura 1.3-6 “Casa Schafer”, Porto Santo	30
Figura 1.3-7 Tubos em fibra de vidro instalados juntos aos vãos envidraçados.	31
Figura 1.3-8 Ganho Isolado “Estufa”	32
Figura 1.3-9 Moradias Unifamiliares com Estufa – Vale do Rosal.....	32
Figura 1.3-10 Funcionamento Inverno.	33
Figura 1.3-11 Funcionamento de Verão	33
Figura 1.3-12 Ventilação transversal	35
Figura 1.3-13 Ventilação transversal	35
Figura 1.3-14 Ventilação Simples, com aplicação de bandeiras de ventilação	35
Figura 1.3-15 Ventilação da laje cobertura por efeito de chaminé.....	36
Figura 1.3-16 Arrefecimento Evaporativo.....	37

Figura 1.3-17 Sistema roof-sprayin	37
Figura 1.3-18 Arrefecimento Radiativo.....	38
Figura 2.1-1 Carta Bioclimática de Baruch Givoni	41
Figura 2.2-1 Zonas Climáticas de Portugal Continental.....	45
Figura 3.1-1 Esquema e exemplo prático de arrefecimento utilizado o Solo	47
Figura 3.2-1 Esquema da Bomba de Calor	49
Figura 3.2-2 Captação geotérmica vertical com variação da temperatura com a profundidade	50
Figura 3.2-3 Esquema Captação Horizontal	51
Figura3.2-4 Fotografia de captação Horizontal	51
Figura 3.2-5 Esquema Captação Vertical	52
Figura 3.2-6 Esquema Captação Lençol Freático.....	53
Figura 4-1 Utilizações da energia geotérmica (adaptado)	56
Figura 4.2-2 Esquema de Funcionamento sistema directo, da Central Geotérmico do Pico Vermelho (1984).....	62
Figura 4.2-3 Esquema de funcionamento da Central Geotérmica Industrial (Utilização de fluido intermédio	63
Figura 4.2-4. Ribeira grande Central Geotérmica.....	65

LISTA TABELAS

Tabela 1.1-1 Zonamento climático de Inverno (Portugal Continental). Alteração em função da altitude dos locais.	5
Tabela 1.1-2 Zonamento climático de Verão (Portugal Continental). Alteração em função da altitude dos locais.	6
Tabela 1.2-1 Concentrações máximas admissíveis de poluentes no interior de edificios em Portugal de acordo com o RSECE.....	17
Tabela 1.2-2 Componentes que podem ser utilizados no projecto de arquitectura no que diz respeito à iluminação natural.	23
Tabela 1.2-3 Esquemas de instalação do Solatube 160/290 DS (0,25/35cm).	26
Tabela 2.1-1 Estratégias bioclimáticas/Aproveitamentos Passivas e Carta Bioclimática de Baruch Givoni.....	42
Tabela 2.2-1 Síntese de aplicação dos Sistemas Passivos de acordo com as Zonas Climáticas de Portugal	43
Tabela 2.2-2 Zonas Climáticas de Portugal Continental	46
Tabela 4-1 Classificação dos recursos geotérmicos (° C)	56
Tabela 4.1-1 Energia disponível a partir de emergências de fluido geotérmico a temperatura superior a 40°C.....	57
Tabela 4.1-2 Principais aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental	58
Tabela 4.1-3 Emergências Termiais, Temperatura Máxima Registada e Características Químicas da Água.....	59
Tabela 4.2-1 Inventário dos Aproveitamentos Geotérmicos Açores.....	61
Tabela 4.2-2 Energia Geotérmica e capacidades instaladas em todo o mundo a partir de 1995 a 2000 (de Hutterer, 2001) e no final de 2003.....	67
Tabela 4.2-3 Custos de investimento energético e produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis.	69
Tabela 4.2-4 Energia e dos custos de investimento directo de calor a partir de energias renováveis	69

INTRODUÇÃO

A análise incidirá sobre a utilização de tecnologias passivas, no âmbito da arquitectura do edifício, para criação de condições de conforto térmico, iluminação e ventilação, num esforço para obter um edifício em “Equilíbrio Climático”, conseguindo o máximo de conforto ao menor preço.

O aproveitamento de energias passivas apresentar-se como alternativa, ecológica e económica para se reduzir consumos residenciais de aquecimento e arrefecimento dos edifícios já que os consumos para criação das condições de conforto pesam em cerca de 22%, no consumo global de energia em Portugal como referido em:

Os Edifícios definem espaços onde as pessoas passam mais de 80% do tempo das suas vidas, pelo que devem oferecer as adequadas condições de conforto e de qualidade do ar interior. Neste contexto, os consumos energéticos associados à satisfação daquelas condições assumem valores de tal forma importantes que o “sector dos edifícios”, integrando as vertentes dos serviços e residencial, é um dos “sector ” mais energívoros em Portugal, representando actualmente cerca de 22% do consumo global em energia final, com uma taxa anual de crescimento significativa (4% no sector residencial e 7% nos serviços) e com perspectivas de aumento substancial. (Nascimento, et al., 2005)

Em Portugal, com globalização das tecnologias de construção, foi efectuado uma construção catastrófica e uniformizada, resultante de imitações precoce de modas e símbolos importados, com aplicação de novas tecnologias, mas totalmente desajustadas aos locais de edificação, sem a menor preocupação de estudos do clima (envolvente), que levou ao esquecimento de séculos de tradição e sabedoria na construção e na utilização de materiais locais. Por outro lado a legislação portuguesa sobre esta matéria era insuficiente estava longe de garantir condições de conforto o que levou, a um aumento exponencial dos consumos de energia eléctrica para colmatar a deficiente construção.

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios, aprovado no decreto-lei nº 80/2006 de 4 Abril, vem regulamentar a execução de projectos, melhorando as condições de conforto térmico exigidas pelo anterior regulamento com técnicas passivas (através dos materiais de construção do edifício), de modo a reduzir o consumo de energia e

regulamentar a directiva Europeia nº 2002/91/CE de 4 Janeiro de 2003, suprimindo lacunas na legislação Portuguesa.

Serão abordadas na generalidade as técnicas de construção de aproveitamento passivo de energia, que se enquadram nas características climáticas Portuguesas. Deixaremos de fora a análise de outras técnicas utilizadas nas construções em diferentes regiões do globo, pois tornaria este documento demasiado extenso e foram do âmbito pretendido.

O edifício em “Equilíbrio Climático”, terá que ter em atenção a escolha do local e sua orientação, ao estudo da envolvente, para corrigir as situações mais desfavoráveis e potencializar a utilização das favoráveis. Orientar na escolha de todas essas técnicas de aproveitamento passivo, é o que se pretende fazer nesta monografia.

No âmbito da Geotermia haverá muito ainda a fazer em Portugal, trata-se de um recurso energético bastante explorado em países como EUA, que lidera a produção de energia eléctrica por este método. Portugal encontra-se em 17º num conjunto de 21 países como poderemos confirmar na Tabela 4.2-2 de Hutterer (2001).

Hoje em dia fala-se em energias limpas. A pilha de hidrogénio apresenta-se com uma alternativa viável, tendo como um impedimento a produção do próprio hidrogénio que envolve o recurso a outra fonte de energia primária. A solução da utilização de energias fósseis, não tem interesse ecológico já que envolveria a libertação de gases poluentes para atmosfera. A solução terá que passar por utilizar energias renováveis e limpas. A geotermia apresenta-se como uma boa candidata dado a sua fonte inesgotável 99% do planeta terra, já que apenas 1% estão a uma temperatura inferior a 100 °C (Jesus, 2007).

O seu baixo custo de investimento para a produção de energia eléctrica dá-lhe uma grande viabilidade económico de referir, que o valor unitário mais baixo no âmbito das energias limpas e renováveis é de, 2 a 10 €/kWh e cabe à produção de energia eléctrica pela Geotermia. A sua concorrente directa é a energia eólica com 5 a 13 €/kWh. Os custos de investimento global são de 800 a 3000 €/kWh para Geotermia e de 1100 a 1700 €/kWh na eólica. As perspectivas no futuro são de os custos investimento por unidade kWh da Geotermia baixar

para 1 a 8 €/kWh, [1 US Dólar = 1 €], tal como é referido na Tabela 4.2-3 por Fridleifsson (*cit. In Dickson et al., 2004, p. 51*).

No que se refere aos custos investimentos para a produção de calor, continua ser a Geotermia com custo unitário de 0,5 a 5 €/kWh tendo como concorrente de 1 a 5 €/kWh a Biomassa (incluindo o etanol). Nos custos de investimento global são de 200 a 2000 €/kWh para Geotermia e de 200 a 750 €/kWh para Biomassa, [US Dólar = 1 €], tal como é referido na Tabela 4.2-4 de Fridleifsson (*cit. In Dickson et al., 2004, p. 52*).

I ENERGIA PASSIVA

1.1 LOCALIZAÇÃO

A localização (junto ao ar mar ou rio, numa encosta ou vale, a altitude, etc.) determina as condições térmicas de um local ou região criando situações microclimáticas com variações de temperatura que podem ser quantificáveis e não podem ser desprezadas. Temos em Portugal verdadeiras situações de microclimas, menciono a tipo de exemplo a Região do Douro, quando confrontada com a zona costeira do Porto, ambas se encontram na mesma latitude, mas com características climáticas diferentes.

O regulamento RCCTE – Aprovado em Decreto-lei nº 40/90 de 6 Fevereiro entrava com este componente, já que obriga que no cálculo sejam considerados os valores, que caracterizam o clima, individualizados por concelhos, o novo regulamento aprovado em Decreto-lei nº 80/2006 de 4 Abril, mantém essa distribuição, ver, por exemplo, o Quadro III.1 desse referido decreto-lei, entrando no entanto em consideração com outros parâmetros, tais como altimetria e proximidade à costa.

1.1.1 Topografia

A escolha de um bom local para construção é da maior importância, pois mais facilmente se consegue obter condições de conforto com o dispêndio mínimo de energia.

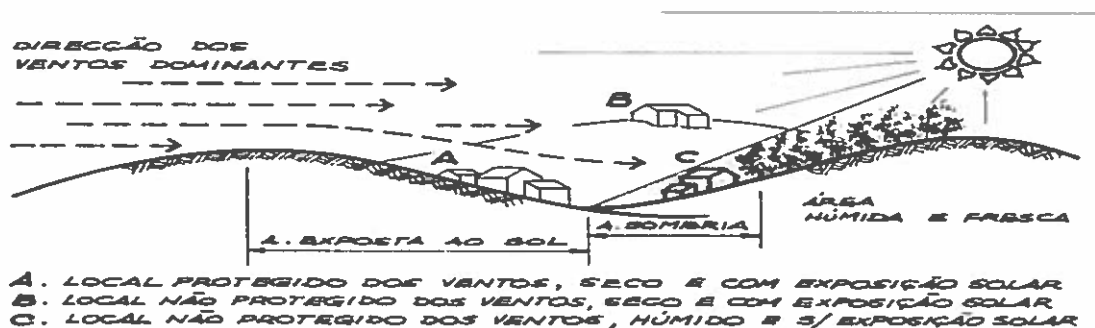


Figura 1.1-1 O local A é o ideal para construção.

Fonte: (Moita, 1987)

Tem condições desfavoráveis nos vales com correntes frias. Nas encostas com pendentes a sul, com boa exposição solar, aí a temperatura pode subir alguns graus relativamente às zonas planas desprotegidas. De igual modo nas pendentes voltadas a norte numa encosta acidentada as horas de incidência solar são reduzidas ou inexistentes no Inverno o que torna esses locais frios e húmidos.

Nos lugares de maior altitude temos condições climáticas idênticas às que encontramos junto das zonas de maior latitude. Podemos afirmar que sem duvida que a temperatura diminui com altitude relativamente ao nível do mar. Temos em Portugal o caso da zona da Serra da Estrela, onde a neve perdura durante uma parte significativa do ano.

A legislação portuguesa, através do Decreto-lei nº 80/2006 de 4 de Abril, entra em atenção para as classificação das Zonas climáticas com a componente, altitude do local, ver a Tabela 1.1-1 e Tabela 1.1-2.

Tabela 1.1-1 Zonamento climático de Inverno (Portugal Continental). Alteração em função da altitude dos locais.

Zona climática de Inverno do concelho (segundo quadro II.1)	Altitude (z), do local (m)					
	z > 400 e z ≤ 600		z > 600 e z ≤ 1.000		z > 1.000	
	Zona Climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus-dias (°C dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)	Zona Climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus-dias (°C dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)	Zona Climática a considerar na altitude z indicada acima	Graus-dias (°C dias) — Duração na estação de aquecimento (meses)
I ₁	I ₁	z + 1.500 — 6,7	I ₃	z + 1.700 — 7,3	I ₃	z + 1.900 — 8
I ₂	I ₂	Quadro III. 1	I ₃	z + 1.700 — 7,3	I ₃	z + 1.900 — 8
I ₃	I ₃	Quadro III. 1	I ₃	Quadro III. 1	I ₃	z + 1.900 — 8

Fonte : Decreto-lei nº 80/2006 de 4 de Abril Quadro III.2.

Tabela 1.1-2 Zonamento climático de Verão (Portugal Continental). Alteração em função da altitude dos locais.

Zona climática de Verão do concelho	Altitude (z), do local (m)							
	z > 600 e z ≤ 800		z > 800 e z ≤ 1.000		z > 1.000 e z ≤ 1.200		z > 1.200	
	Zona Climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona Climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)	Temperatura exterior de projecto (°C)	Temperatura exterior de projecto (°C)	Zona Climática a considerar na altitude z indicada acima	Temperatura exterior de projecto (°C)
V ₁	V ₁	Quadro III. 1	V ₁	30	29	29	V ₁	27
V ₂	V ₂	Quadro III. 1	V ₁	31	29	29	V ₁	27
V ₃	V ₂	33	V ₁	31	29	29	V ₁	27

Fonte : Decreto-lei nº 80/2006 de 4 de Abril Quadro III.3.

1.1.2 Vegetação

A vegetação envolvente influencia o clima e pode ser utilizada para equilíbrio de condições climáticas extremas.

O tipo de vegetação, sua quantidade, densidade da sua folhagem, o débito da sua evaporação e o seu posicionamento no terreno, influenciam decididamente o clima, temos por exemplo as seguintes aplicações práticas:

- As plantas de folha caduca, que promovem sombreamento no Verão e transparência no Inverno, são usadas para regular quantidade de radiação solar anual nas fachadas ver Figura 1.1-2.



Figura 1.1-2 Utilização de vegetação, para controlo dos ganhos solares.

Fonte : (Lanham, et al., 2004 p. 25)

- As plantas de folha persistente e densa são utilizadas para construção de barreiras protectoras aos ventos dominantes.
- As plantas trepadeiras são utilizadas como protecção térmica das fachadas. A folhagem muito espessa cria uma camada de ar imóvel entre a folhagem e a parede do edifício, formando uma barreira protectora térmica. Uma camada de ar imóvel de 5 cm de espessura na fachada exterior, segundo Moita (1987), equivale pelo seu valor isolante térmico a uma janela de vidro duplo ($2,9 \text{ Wh/m}^2$). Além do factor térmico apresenta outras vantagens tais como protecção acústica, estéticas, de impermeabilidade e de renovação do ambiente pela sua produção em oxigénio.
- É nas coberturas onde se dão as perdas térmicas por irradiação, poderemos reduzir substancialmente as amplitudes térmicas do edifício, pelo recurso à vegetação, relva e arbustos, nesses locais.

A utilização de vegetação para criação de condições climáticas locais, já era usada pelos romanos nos seus pátios, em conjugação com os lagos e repuxos de água (Moita, 1987).

1.1.3 Água

A água (rios e lagos), e em especial grandes quantidades de água (mar), que pela sua inércia térmica têm variações na sua temperatura reduzidas, nas quais entram ainda em conjugação outros factores, tais como, as correntes marítimas ou fluviais, de origem glaciária ou tropical (independente das estações do ano), reduzem significativamente as amplitudes térmicas nos locais, produzindo climas amenos. Temos em Portugal exemplos claros onde os Invernos são rigorosos, junto ao mar não temos temperaturas negativas (Porto) e apenas a algumas dezenas de quilómetros para o interior continental (Trás-os-Montes), as grandes geadas de Inverno danificam as culturas.

1.1.4 Centros Urbanos

Nos centros urbanos também existe uma redução das amplitudes térmicas, dada pela protecção dos edifícios a ventos dominantes desde que se cumpra uma disposição adequada de zonas verdes, de modo a baixar a temperatura por evapotranspiração das plantas, no Verão.

A utilização do termo IC (Ilha de Calor) para os centros urbanos sugere a existência de cidade “quente” rodeada por locais exteriores mais frescos. Verifica-se que na cidade acabam por existir umas zonas mais frescas (espaços verdes) e zonas mais quentes (locais de alta densidade de construção e tráfego intenso).

Segundo Alcoforado, et al. (2006 p. 29), as IC podem-se distinguir em três tipos:

(...) em função do nível a que estas se formam, relacionadas entre si, mas de génese, magnitude e dinâmica temporais bastante distintas:

- a **IC de superfície** corresponde as superfícies urbanas mais quentes do que as superfícies rurais.
- a **IC da atmosfera urbana inferior** (urban canopy layer), entre o nível do solo e o nível médio do topo dos edifícios.
- a **IC da atmosfera urbana superior** (urban boundary layer), que se sobrepõe à anterior e se estende por vezes até à atmosfera livre: trata-se da parte superior da camada-limite, em que as características de temperatura, humidade, turbulência e composição da atmosfera são influenciadas pela presença da cidade.

As causas que estão na origem do aparecimento das ilhas de calor urbano, segundo Oke (1987;1988) e Sailor, et al. (2004) são:

a) Geometria urbana.

- Acréscimo na absorção da radiação solar consequente da maior área de absorção e do baixo albedo que se deve às “reflexões múltiplas” entre os prédios e os materiais de construção utilizados.
- Acréscimo na radiação de grande comprimento, que se deve às emissões dos edifícios contíguos consequente das ruas de baixo factor de visão do céu (SVF - sky view factor).
- Redução da dispersão da radiação de grande comprimento de onda consequente do reduzido SVF.
- A redução média da velocidade do vento diminui as transferências térmicas por dispersão e também a remoção de poluentes.

b) Poluição do ar

- Acréscimo da radiação de grande comprimento de onda proveniente da atmosfera mais poluída.

c) Emissão de calor a partir dos edifícios, tráfego e metabolismo dos organismos vivos.

d) Cobertura do solo e materiais de construção

- As grandes áreas de materiais de construção que possuem características térmicas, tais como calor específico, condutibilidade térmica, ... têm como consequência grandes acumulações de calor.
- A inexistência ou reduzidas zonas de vegetação e impermeabilizações dos solos pelas grandes áreas de pavimentações diminui a evapotranspiração e transferência de fluxo turbulento de calor latente.

Na observação da Figura 1.1-3 verifica-se que as variações térmicas do centro para as zonas exteriores urbanas são consequentes da ocupação do solo. No caso de Lisboa o decréscimo de temperatura é muito mais rápido entre a Baixa e o Parque Eduardo VII, do que em direcção as Avenidas Novas. O resultado deste facto é devido à topografia e à existência de relva permanentemente húmida. No Parque Eduardo VII, as temperaturas aproximam-se das

verificadas nos vales, que ainda não foram construídos, na zona oriental de Lisboa (Alcoforado, et al., 2006 p. 33).

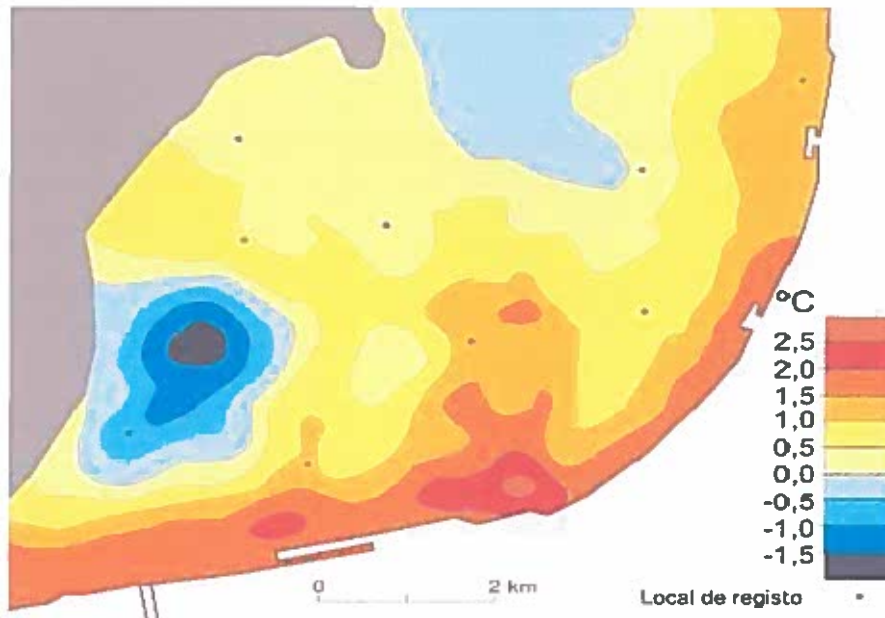


Figura 1.1-3 Ilhas de calor nocturna de Lisboa

Fonte: (Alcoforado, et al., 2006 p. 33)

1.2 EDIFÍCIO

1.2.1 Forma

A forma dum construção condiciona as suas perdas térmicas, ou seja diminui:

- Em função da menor quantidade das saliências e reentrâncias.
- Em função da menor superfície exterior.

Diremos que a relação entre a área exterior e o volume do edifício (coeficiente de forma), varia em função da forma geométrica do edifício, sendo a calote esférica que apresenta as menores perdas. Por seu lado para igual forma a superfície exterior aumenta menos rapidamente, que o volume habitável, pelo que se afirma que para edifícios grandes as perdas são menores.

Poderemos conseguir num loteamento perdas térmicas mais reduzidas para o mesmo índice de construção e edifícios da mesma altura, se projectar edifícios com dimensões maiores, o que diminui a área exterior em função do volume. Por outro lado o espaçamento entre os edifícios é maior o que permite criar zonas verdes que pela sua dimensão têm um impacto mais pronunciado no clima, baixando as temperaturas no Verão, reduzindo as amplitudes térmicas.

1.2.2 Exposição / Orientação

Sempre que possível, e de modo a se obter uma maior superfície exposta à radiação solar directa, a face de um edifício orientada a sul é a de maior comprimento ver Figura 1.2-1. Deste modo maximiza-se os ganhos térmicos de Inverno.

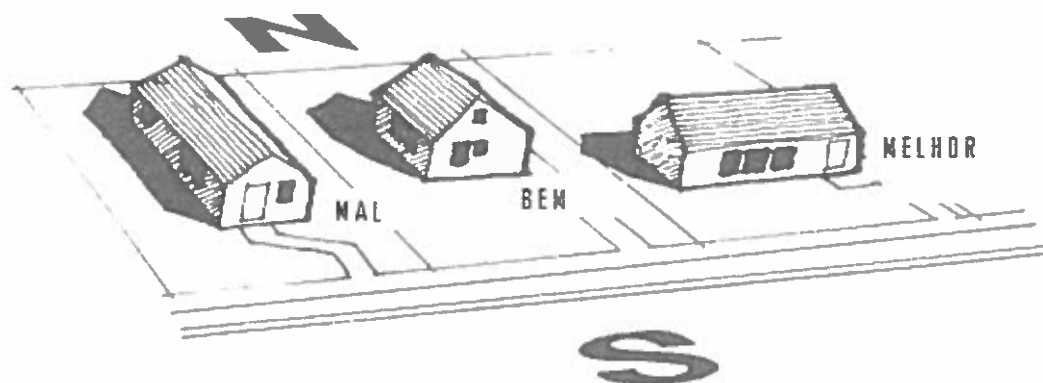


Figura 1.2-1 A fachada de maior comprimento deve ficar orientada a Sul.

Fonte: (Lanham, et al., 2004 p. 21)

Se num edifício o lado de maiores dimensões ficar orientado a Este e Oeste, terá no período de Verão uma grande superfície de exposição solar período onde os ganhos térmicos devem ser evitados. Por outro lado a exposição solar dessa superfície será muito limitada no Inverno, traduzindo-se em menores ganhos térmicos nesse período.

Nas fachadas viradas a Este e Oeste o controlo da exposição directa solar, através de palas é pouco eficaz, isto devido à variação da inclinação do sol ao longo do dia nessas superfícies.

Nas fachadas viradas a sul, no Verão torna-se fácil através de palas (ver Figura 1.2-2), devido à grande altura solar, reduzir a superfície exposta à radiação directa do sol, contrariando deste modo aquecimento.

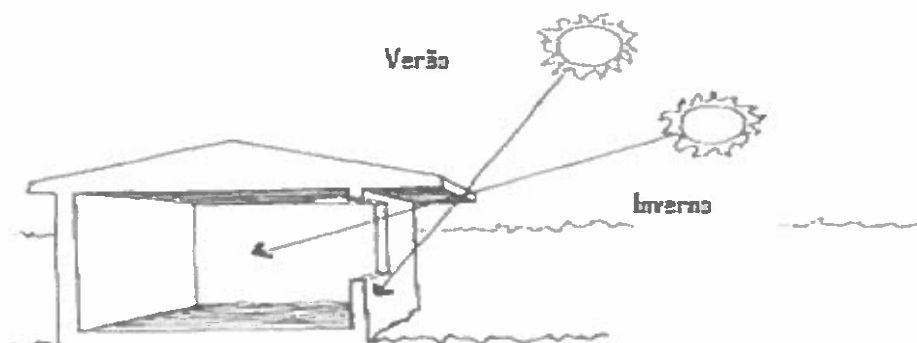


Figura 1.2-2 Controlo dos ganhos térmicos nas fachadas sul.

Fonte: (Lanham, et al., 2004 p. 15)

De igual modo influencia na forma do edifício o tipo de radiação solar (directa ou difusa) que vai predominar. A radiação directa é máxima quando a superfície de incidência é perpendicular aos raios solares (dependente da altura do sol). Na radiação solar difusa, a intensidade é máxima na zénital e diminui para a linha do horizonte.

1.2.3 Altura Solar

Para a quantificação da energia solar é essencial conhecer a posição do sol e sua variação ao longo do dia, mês ou ano. A localização da posição do sol é feita através de dois ângulos: o azimute e a altura do sol.

O azimute é o ângulo formado pelo plano vertical do sol com o sul ou norte, conforme o meridiano do local. A altura solar é o ângulo formado pelo sol e o horizonte visual desse local. Para um determinado local a distância zenital e altura solares são complementares ou seja: (distância zenital+altura=90°) (Moita, 1987).

A altura do sol varia em função da latitude e épocas do ano. Para uma determinada latitude temos nos solstícios de Verão, a posição mais alta do sol, Inverno a posição mais baixa; correspondendo esta ultima a ângulos com a incidência de raios solares mais inclinados, que originam temperaturas mais baixas

Nos equinócios 21 de Março/Octubro quando a declinação do sol é 0° , ao meio dia solar, a distância zenital do sol é sempre igual à latitude do lugar.

Altura solar no equador latitude 0° tem no equinócio a sua altura solar máxima.

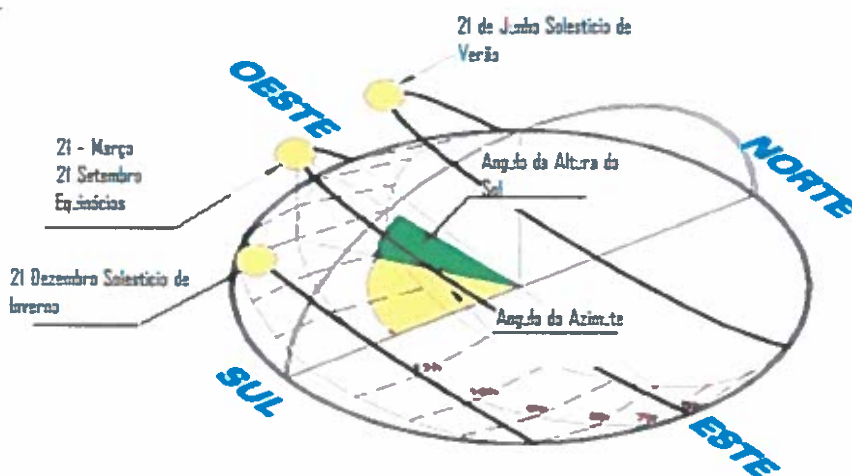


Figura 1.2-3 As diferentes trajetórias solares de Inverno e Verão

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 5)

A altura do sol (ver Figura 1.2-3) deve ser considerada no dimensionamento de palas, de modo a que no Inverno, as mesmas permitam a entrada dos raios solares pelos envidraçados de modo a se obter ganhos térmicos necessários nesta estação do ano. De igual modo as palas deverão proteger as janelas da incidência directa dos raios solares no Verão altura em que os ganhos térmicos devem ser evitados. Na escolha de período em que a pala deve proteger ou deixar incidir os raios solares num envidraçado, deve-se ter em atenção todas características climáticas da envolvente (topografia, latitude, proximidade de grande massa de água, vegetação, ...), para que a sua acção actue no período certo. Uma obstrução demasiado cedo, no calendário anual, da incidência dos raios solares deixamos de obter os ganhos térmicos

quando ainda precisamos deles, já o contrário, uma acção tardia da pala cria condições de desconforto, no habitáculo pelo aumento descontrolado da temperatura.

No cálculo das palas são usadas as cartas solares do local, o transferidor solar, mas é o projectista que define o período do ano em que a pala deve obstruir a passagem directa dos raios solares, daí a relevância que deve ser dada ao estudo que conduz à escolha do período de acção da pala.

1.2.4 Radiação Solar

A intensidade da radiação solar mede-se em W/m^2 e depende da época do ano da parte do dia, das condições atmosféricas, latitude do lugar e do ângulo dos raios solares com a superfície de incidência.

Quando nos referimos à radiação numa determinada superfície por um determinado período de tempo (Wh/m^2) está-se a referir à Radiação Global.

Na variação da intensidade e quantidade da radiação solar tem influência os seguintes factores:

- Duração dos dias (maior nos solstícios de Verão e menor no de Inverno)
- Ao longo do dia (é maior ao meio dia e menor no início e fim do dia).
- De acordo com o estado do tempo (menor com o céu muito encoberto, maior com o céu limpo)

A intensidade global é máxima com o céu limpo (90% radiação directa e 10% difusa) e é mínima com o céu coberto por nuvens (0% radiação directa e 100% radiação difusa), (Moita, 1987).

1.2.5 Orientação Afastamento e Concepção Espacial dos Edifícios

O conhecimento da direcção dominante do vento, assim como a sua intensidade e frequência são relevantes para o efeito da dispersão térmica e aerodinâmica nos edifícios.

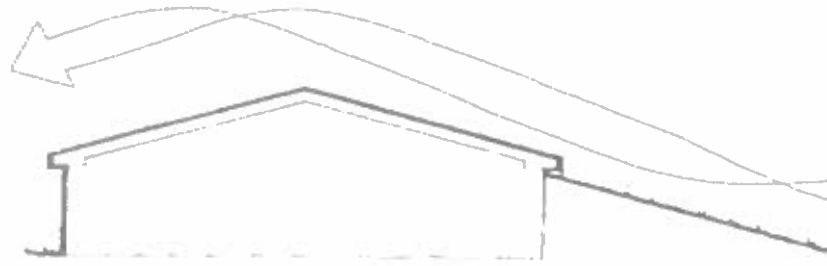


Figura 1.2-4 Utilização de talude para aumentar a protecção térmica.

Fonte: (Lanham, et al., 2004 p. 20)

A fachada virada a norte deve ter apenas o necessário de fenestração e se possível ainda, deve ser utilizado terreno, talude ou aterro, (Figura 1.2-4) para aumento da protecção térmica. Na fachada orientada a sul as janelas devem ser grandes, de modo a permitir ganhos directos durante o Inverno.

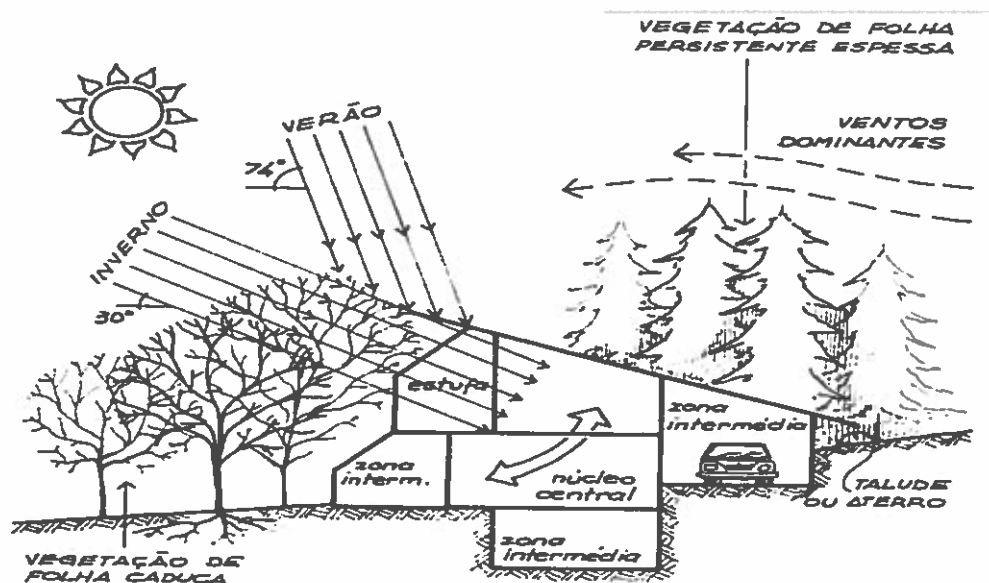


Figura 1.2-5 Exemplo esquemático de um corte de uma construção unifamiliar.

Fonte: (Moita, 1987)

Na concepção espacial do edifício (ver Figura 1.2-5) deverão ser observadas, algumas regras tais como, ficarem localizadas a norte as divisões secundárias da casa, garagens, armazéns, criando zonas térmicas intermédias, ou zonas tampão, para as divisões com mais exigências

térmicas (salas, quartos...), localizadas a sul. Ficam também localizados a sul os locais de ganhos indirectos (Estufas).

O espaçamento mínimo entre os edifícios, deve ser criteriosamente respeitado, pois só deste modo são asseguradas as condições de exposição solar adequadas, para todos os edifícios.

De acordo com a legislação Portuguesa a distância mínima, (cércea de construção) entre edifícios deve ser determinada em função da altura mínima do sol no Inverno. Isto de modo a assegurar, que no Inverno as fachadas viradas a sul tenham uma exposição solar directa na sua totalidade e deste modo obter os ganhos solares, para que seja possível criar as condições de salubridade, conforto térmico e acesso à luz natural directa.

1.2.6 Ventilação

A ventilação promove o equilíbrio térmico no ser humano através da promoção da evapotranspiração baixando a temperatura do ar e mantém a qualidade do ar interior de um edifício, pelo controle da humidade e renovação do ar substituindo o ar viciado por novo, mais rico em oxigénio.

Os Caudais mínimos de ar novo no interior de edifícios em Portugal estão definidos no RSECE para manter a qualidade do ar aceitável em espaços onde não haja fontes poluentes anormais, sugerindo-se a consulta da Tabela A - 5 secção dos anexos, ou o Anexo VI, do Decreto-Lei n.º 79/2006 de 4 de Abril.

Nos locais onde seja permitido fumar estes caudais mínimos passam a ser de pelo menos 60m³/(h. ocupante) (artº 29 do Decreto-Lei 79/ 2006), devendo estes locais estar colocados em depressão relativamente aos outros locais contíguos. A concentração máxima de poluentes não poderá ultrapassar os valores da Tabela 1.2-1.

Tabela 1.2-1 Concentrações máximas admissíveis de poluentes no interior de edifícios em Portugal de acordo com o RSECE

Parâmetros	Concentração máxima permitida [mg/m ³]
Partículas suspensas no ar (PM19)	0,15
Dióxido de carbono	1800
Monóxido de carbono	12,5
Ozono	0,2
Formaldeído	0,1
Compostos orgânicos Voláteis Totais	0,6

Fonte: (ANEXO VII do Decreto-Lei 79/2006)

Na Arquitectura Bioclimática a ventilação é também muito importante, visto que num clima médio em termos de humidade e temperatura, pelo menos 1/3 do volume de ar de cada divisão deve ser substituído em cada hora, de forma a assegurar um nível de conforto, de qualidade do ar e de habitabilidade mínimo na divisão em causa. (Lanham, et al., 2004 p. 29).

De esclarecer que em Portugal o valor mínimo é de 0,60 RPH, (Decreto-lei 80/2006), superior ao referido anteriormente pelo autor (1/3 volume=0,33RPH), no parágrafo anterior.

No cálculo de um sistema de ventilação podemos considerar duas situações teóricas, a existência ou não do vento. Na primeira, a entrada e saída do ar é promovida pelo vento e pelo efeito de chaminé. Na segunda considera unicamente o efeito de convecção natural.

Durante o Verão, a circulação de ar aumenta o conforto térmico, já que a circulação de uma pequena brisa aumenta a evaporação e deste modo as perdas de calor no corpo humano produzindo a sensação de bem-estar.

Temos na figura abaixo um exemplo de aplicação de solução ventilação por convecção. No pátio à sombra o ar é arrefecido por evaporação e protecção dos raios solares, desce para o interior do edifício, num outro ponto do edifício existe um outro pátio onde o ar é aquecido pelo sol cria uma circulação ascendente que retira o ar interior da habitação.

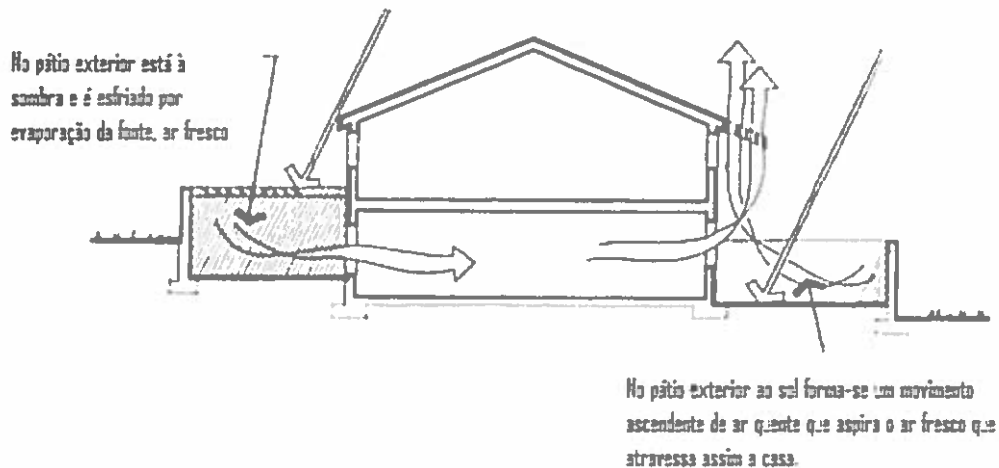


Figura 1.2-6 Ventilação por Convecção

Fonte: (Leandro, 2007)

A ventilação promove ainda convecção forçada com as paredes, chão e tectos, ajudando a dissipar o calor, no período nocturno.

As aberturas para ventilação e sua localização devem ser estudadas em túneis de vento (Lanham, et al., 2004 p. 29). Na utilização de técnicas conhecidas como as “chaminés solar” ou a simples ventilação cruzada, devem ser suportadas por experiências que comprovam o seu funcionamento. No Inverno a ventilação deve ser suficiente para criar as condições de renovação necessárias mas reduzir ao máximo as perdas térmicas, o que pode ser conseguido utilizando para as entradas de ar, circuitos que produzam um pré-aquecimento do ar novo. No Verão a ventilação deve produzir, uma sensação de conforto pelo aumento de evaporação no corpo humano e dissipar o calor das paredes e tectos.

As entradas de ar fresco devem estar localizadas nas zonas baixas e a saída do ar quente é feita pelas zonas mais altas, (ver exemplo Figura 1.2-7) isto de modo a que todo o sistema funcione por convecção natural.

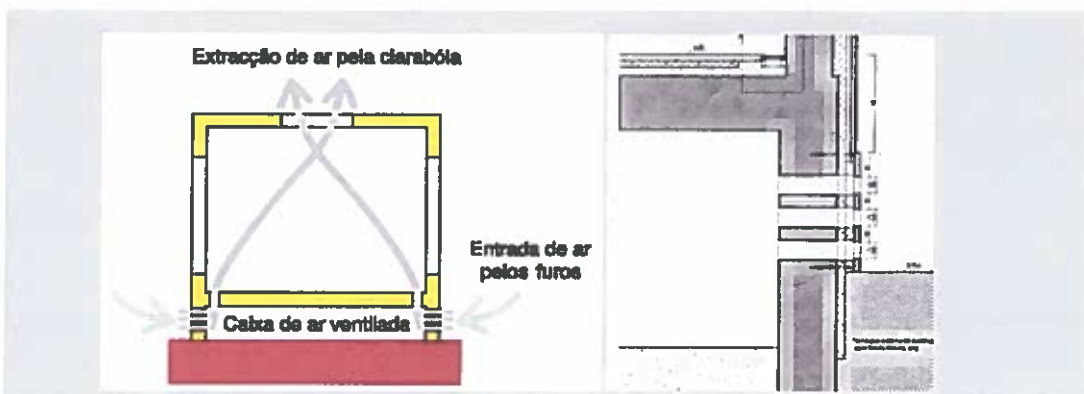


Figura 1.2-7 Solução projecto de ventilação c/ entrada de ar pelas fundações.

Fonte: (Nascimento, et al., 2005 p. 59)

A chaminé solar (ver Figura 1.2-8) é o exemplo típico de um mecanismo de ventilação passivo, que reforça a ventilação natural da casa. O aquecimento do ar no interior da chaminé é efectuado por uma zona envidraçada com exposição directa aos raios solares, o que faz com que este aqueça e se eleve para o exterior, criando um movimento de ar contínuo do interior para o exterior do edifício obrigando deste modo a que o ar interior seja substituído por ar mais frio e novo.

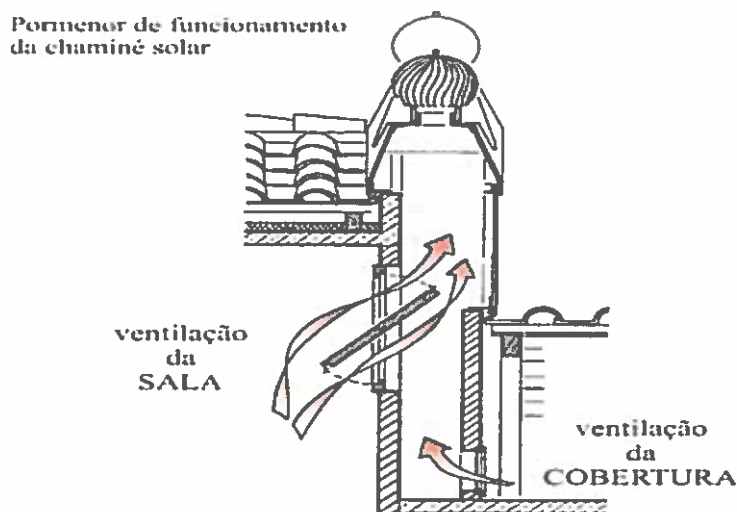


Figura 1.2-8 Chaminé Solar esquema de funcionamento

Fonte: (Lanham, et al., 2004 p. 29)

Além da ventilação dos compartimentos do edifício, o sistema pode ser igualmente utilizado para promover a ventilação da cobertura, local sujeito a grandes cargas térmicas, pela sua exposição directa e incidência perpendicular dos raios solares, produzindo deste modo um efeito de dispersão térmica nos materiais (paredes e laje) desse local.

Como já referido o desejável é que a ventilação não provoque perdas térmicas indesejáveis, mas que promova uma estabilização da temperatura interior do edifício. A técnica de aproveitamento da massa térmica do solo que se mantém no Verão/Inverno, sem as amplitudes térmicas do ar exterior, apresenta-se como uma solução a considerar na concepção da ventilação de um edifício.

Durante o Verão a temperatura do solo é inferior à do ar e no Inverno é superior pelo que, fazendo circular o ar a introduzir nos edifícios por uma rede de tubos enterrados, iremos introduzir no edifício uma ventilação “condicionada”, com ar mais quente que o exterior no Inverno, sendo que no Verão o resultado é inverso, permitindo deste modo o aquecimento/arrefecimento para o equilíbrio térmico da habitação.

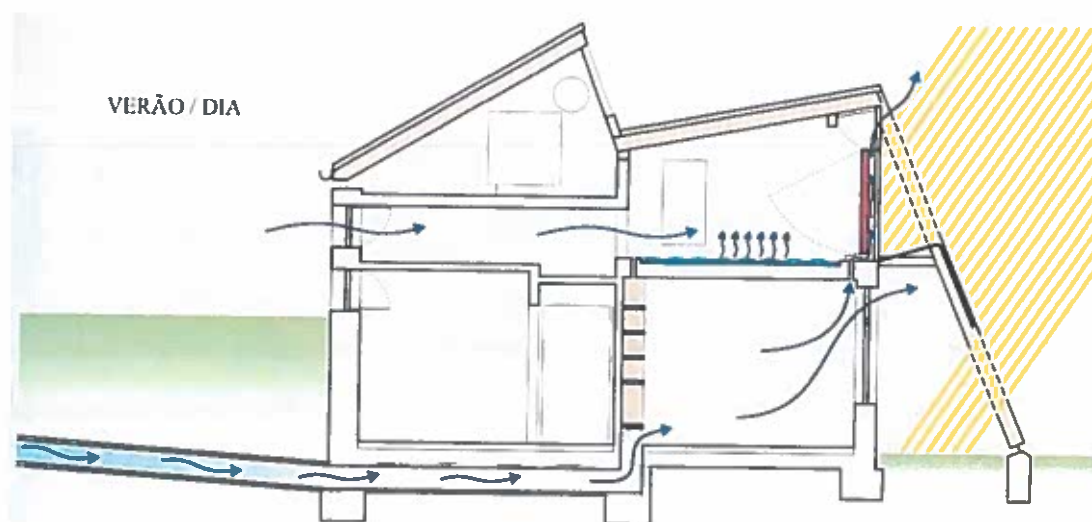


Figura 1.2-9 Sistema arrefecimento e ventilação

Fonte: (Gonçalves, et al., 1997)

Na figura, estão demonstrados diversos métodos de ventilação arrefecimento e aquecimento tais como:

- Aproveitamento da inércia do solo para arrefecimento/aquecimento do ar que entra no edifício (no Inverno a temperatura do solo é superior à do ar exterior, pelo que o ar é aquecido, no Verão a situação é inversa, ou seja o solo apresenta-se a temperaturas bastantes inferiores pelo que o ar é arrefecido), reduzindo a amplitude térmica no interior do edifício ao longo de todo o ano;
- Parede de Trombe (no Verão é usada para aquecimento, no Verão como extracção natural por convecção do ar do edifício);
- Ventilação cruzada
- Estufa (funciona de maneira idêntica à parede de Trombe, só que a sua acção é efectuada em compartimento próprio, possibilitando um melhor controlo da sua acção no edifício).

1.2.7 Iluminação

A boa iluminação de um edifício, sobretudo com luz natural, é essencial ao seu bom funcionamento energético e ao conforto dos seus ocupantes. Aproximadamente 25% do consumo energético em edifícios é utilizado no sistema de iluminação. Estima-se aliás que por cada kWh de energia poupada em iluminação na estação quente contribui-se para uma poupança de cerca de 0,3kWh em ar condicionado. (Gonçalves, et al., 2004 p. 31).

Como poderemos comprovar na afirmação acima efectuada, uma boa iluminação natural, é da máxima importância num edifício, já que os resultados se traduzem, não só na redução directa de energia eléctrica, mas também na indirecta, isto é na que se teria de despende em ar condicionado, para anular os ganhos térmicos produzidos pela iluminação artificial.

Segundo Lanham et al. (2004) deve ser da preocupação do projectista, a distribuição das aberturas e dos espaços interiores para garantir luz adequada nas áreas onde tal é necessário. As áreas de ocupação secundárias são transferidas para os locais mais interiores do edifício, privilegiando os locais onde se executam tarefas de acuidade visual com iluminação natural, para as zonas exteriores com envidraçados. Para evitar o efeito de estufa nas estações quentes os vidros a aplicar deverão ser duplos, ou de características especiais, de modo diminuir a radiação que penetra no edifício, assim com previstas soluções de ventilação e sombreamentos adequados.

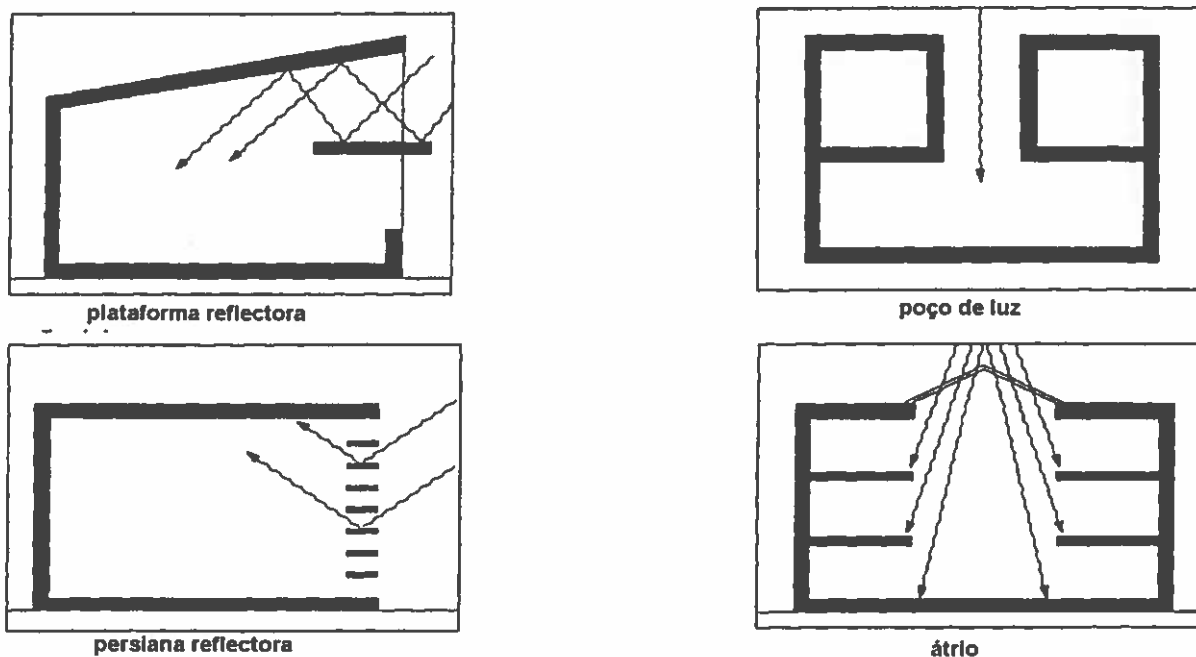


Figura 1.2-10 Exemplos esquemáticos de várias soluções para iluminação natural.

Fonte : (Gomes, 2005)

A iluminação natural oferece não só a vantagem a nível energético mas também na qualidade de luz, que passamos a enumerar algumas:

- a qualidade da iluminação obtida é melhor, pois a visão humana desenvolveu-se com a luz natural;
- a constante mudança da quantidade de luz natural é favorável, pois proporciona efeitos estimulantes nos ambientes;
- a luz natural permite valores mais altos de iluminação, se comparados à luz eléctrica; além disso, a carga térmica gerada pela luz artificial é maior do que a da luz natural, o que nos climas quentes representa um problema a mais;
- um bom projecto de iluminação natural pode fornecer a iluminação necessária durante 80 a 89% das horas diárias, permitindo uma enorme economia de energia em luz artificial;

- a luz natural é fornecida por fonte de energia renovável: é o uso mais evidente da energia solar.

(Majoros *cit. in* Amorim 2002)

Na Tabela 1.2-2 são indicados os locais utilizados para iluminação, (Galerias Pórticos, Átrios...), abertura de entrada de luz (janelas clarabóias, ...) e os elementos de controlo (persianas toldes ...).

Tabela 1.2-2 Componentes que podem ser utilizados no projecto de arquitectura no que diz respeito à iluminação natural.

Componentes de condução	Componentes de Passagem	Elementos de controlo
<u>Espaços de Luz Intermediários</u>	<u>Laterais</u>	<u>Superfícies de Separação</u>
Galeria	Janelas	Divisória Convencional
Pórticos	Sacada	Divisória Óptica
Estufa	Parede translúcida	Divisória Prismática
<u>Espaço de Luz Internos</u>	Cortina de Vidro	Divisória Activa
Pátio Interno	<u>Zenitais</u>	<u>Protecção Rígidas</u>
Átrio	Lucernário Horizontal	Toldo
Ducto de Luz	Luc. Tipo Monitor	Cortina
Ducto de Sol	Luc. Tipo “Shed”	<u>Protecção Flexíveis</u>
	Domo	Beiral
	Tecto Translúcido	Prateleira de luz
	<u>Globais</u>	Peitoril
	Membrana	Aleta vertical
		<u>Filtros Solares</u>
		Persiana (interna ou externa)
		Lamela (fixa ou móvel)
		Brise (fixo)
		<u>Obstáculos ao Sol</u>
		Veneziana

Fonte: (Baker et al. *cit. in* Amorim 2002)

Em anexo encontra-se dois quadros, “Tabela A - 1/2 **Classificação dos Sistemas para a Luz Natural – I / II**”, para orientação do projectista na aplicação de cada um dos sistemas.

Na utilização dos sistemas inovadores de protecção solar com passagem de luz difusa ou que direccionam a luz directa (ver quadros Tabela A - 1/2 já referidos), e em que ambos os elementos funcionam como controlo, e que estão ligados a pontos, que devem ser cuidadosamente testados na fase de projecto para que sejam definidas as vantagens e os custos da utilização de cada um deles como referido por Baker et al. (*cit. in* Amorim 2002):

Quantidade de luz: a quantidade de luz que passa pelo elemento que a direcciona ou obstrui parcialmente, não deve estar abaixo da recomendável, caso contrário não é aceitável a utilização desse elemento.

Sistema de Controlo para a Luz Solar Directa ou Luz Difusa: nos locais de utilização da luz directa o sistema a implementar deve permitir a sua utilização de uma forma controlada ou difusa. Na situação da luz difusa o sistema deve permitir um nível adequado e uniforme de iluminação. O estudo da posição do sol, através da carta solar, ao longo das estações é de grande importância para aplicação destes sistemas.

Tectos/tectos falsos como parte de elemento de controlo: Os tectos/tectos falsos devem ser utilizados para a difusão da luz, dando prioridade à utilização de elementos de alta reflectância, com excepção do caso dos tectos metálicos que devem ser evitados dado que as suas características reflectantes causam desconforto nos ocupantes.

Controlo da iluminação artificial: Para os sistemas de orientação da luz directa, os controlos sobre a luz artificial, deverão ser utilizados a nível de posto de trabalho, em detrimento de por zonas, dadas as mudanças rápidas do nível de iluminação do sol.

Manutenção: É recomendável a utilização do vidro, pela sua dureza e pouca perda de eficiência com as poeiras. Outros materiais podem ser facilmente danificados durante as limpezas. Considera-se também um aspecto importante a acessibilidade dos pontos de iluminação natural, já que de 30% da luz é perdida por falta de limpeza desses locais (Lanham, et al., 2004 p. 32).

Custos: Os sistemas móveis e computadorizados que acompanham o percurso solar, são dispendiosos, os fixos são mais baratos mas menos eficientes.

Temos hoje em dia produtos no mercado que solucionam e apresentam mesmo vantagens económicas para uma iluminação natural. Como exemplo indica-se o Solatube 160/290 DS (0,25/35cm) ou equivalente, para iluminação natural, nos compartimentos interiores, (corredores, quartos de banho, ...), onde a iluminação por janelas ou cobertura não é possível.

natural, para melhor conforto, de modo idêntico ao da energia eléctrica.

Tabela 1.2-3 Esquemas de instalação do Solatube 160/290 DS (0,25/35cm).

Fonte de luz	Watts	Lúmens	Eficácia	IRC ^{b)}	Vida
	Energia	Quant. de luz	Lumén / watt	Quant. de luz	Média
Incandescente	100	1200 ^{a)}	12 ^{a)}	45-50	2000 horas
Florescente 48"(1,2m)	40	2300 ^{a)}	57,5 ^{a)}	69	5 anos
Solatube 290 DS	0	até 9100 ^{c)}	s/cons. energia	~100	indefinida

Fonte : (Solatube, 2007)

Notas:

- a) Medição inicial - diminui com o passar da vida da lâmpada.
- b) O Índice de Rendimento da Cor classifica o grau de naturalidade que um objecto apresenta sob uma determinada luz. Quanto mais perto o IRC estiver dos 100, mais naturais parecem as pessoas e objectos.
- c) Medição do valor máximo e mínimo realizada entre as 9 horas da manhã e as 6 da tarde, num dia de sol, para tubos de 6 pés (+/- 1,8 mt).

De acordo com o mapa apresentado pelo fabricante, o Solatube apresenta vantagens não só pela anulação do consumo energético, mas também pela quantidade e qualidade da luz e duração da vida útil do produto.

1.3 SISTEMAS PASSIVOS

1.3.1 Aquecimento Passivo

Tratam-se sistemas de aquecimento, que fazem parte da estrutura construtiva do edifício e que funcionam como acumuladores de energia solar.

1.3.1.1 Ganho Directo

O espaço interior, cujas paredes devem ser dotadas de grande inércia térmica, é aquecido directamente pelo sol, através de vãos dos envidraçados que devem ser orientados de

preferência a sul.

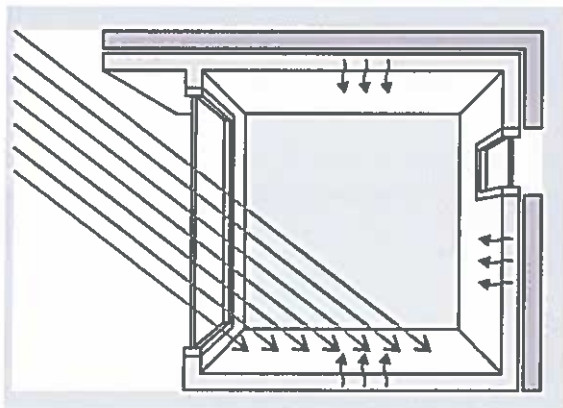


Figura 1.3-1 Captação das radiações solares nas massas térmicas interiores do edifício.

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 34)



Figura 1.3-2 Moradias, Jana Sintra, caso prático de Ganho Directo

Fonte: (Nascimento, et al., 2005 p. 16)

Na construção corrente em Portugal são utilizados materiais de grande inércia térmica, o que permite naturalmente a utilização deste sistema, sendo unicamente necessário que o espaço disponha de envidraçados bem orientados, para captação das radiações solares.

As massas térmicas (ver Figura 1.3-1) da construção, funcionam durante o dia como acumuladores de calor, da radiação directa dos raios solares, libertando-o durante o período nocturno atenuando deste modo a amplitude térmica no interior do edifício.

A superfície em contacto com exterior (envolvente do edifício) deverá ser dotada de isolamento adequado para minimizar as perdas durante o período nocturno.

Esta técnica de ganho passivo é utilizada com sucesso, já que traduz em bons resultados na moradias Janas Sinta, (ver Figura 1.3-2) como poderemos confirmar em:

Na fachada sul encontram-se amplos vãos envidraçados para captação da radiação solar (25 m^2 de envidraçados para um total de área de pavimento de 110 m^2). Estes vãos constituem o elemento fundamental da estratégia de aproveitamento passivo deste projecto, juntamente com a massa inercial do edifício (Nascimento, et al., 2005 p. 17).

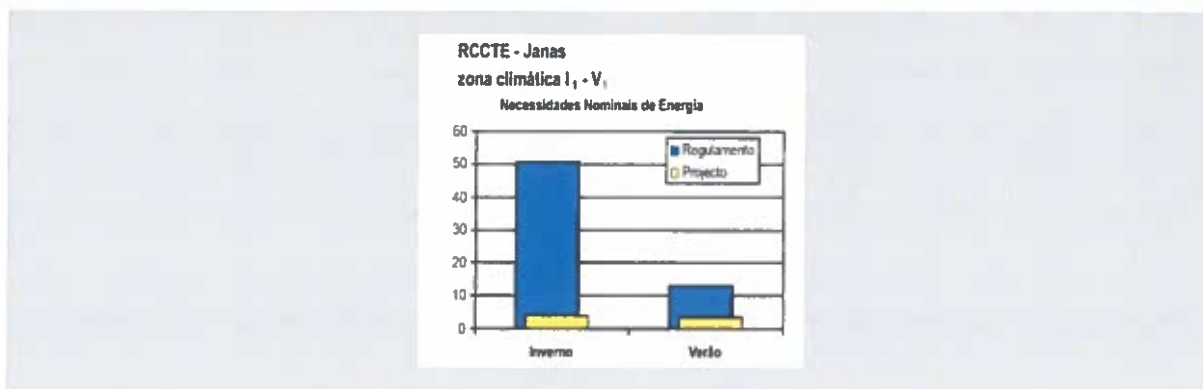


Figura 1.3-3 Análise energética

Fonte: (Nascimento, et al., 2005 p. 19).

O gráfico da Figura 1.3-3 indica a redução substancial das necessidades de energia, relativamente ao anterior regulamento conseguidas nas moradia Janas Sintra, o que comprova o que é possível fazer através de uma concepção de construção idealizada no sentido de aproveitamentos passivos de energias, nos dias actuais.

1.3.1.2 Ganho Indirecto

Nos sistemas de ganho indirecto a massa térmica que irá absorver a energia solar é captada num espaço intermédio “estufa”. A radiação solar incide, através do envidraçado sobre uma parede de massa térmica, por vezes é pintada a cor escura, para aumentar a captação térmica e posteriormente é transferida de imediato ou não para a zona a aquecer.

1.3.1.2.1 Parede de Trombe

O sistema é composto (ver Figura 1.3-4 a 1.3.6) por um envidraçado, orientado na incidência dos raios solares, onde na face interior é colocado uma parede de grande massa térmica. Para aumentar a captação dos raios solares a superfície exterior da parede pode ser pintada de cor escura. No espaço entre o vidro e a parede de armazenamento cria-se assim um sistema de efeito de estufa, com temperaturas elevadas. O ar aquecido, caso se pretenda, pode ser de imediato transferido para o espaço interior a aquecer. Salienta-se que neste método, a energia térmica é transferida para o interior e utilizada de imediato devendo a energia acumulada na

parede ser reduzida, para não criar situações de sobreaquecimento não pretendidas na estação de Verão.

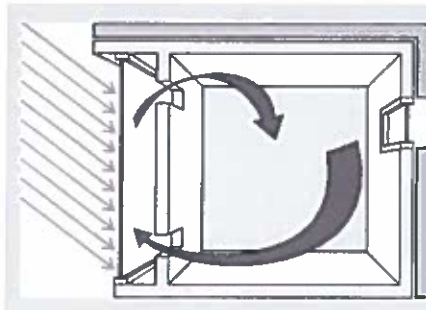
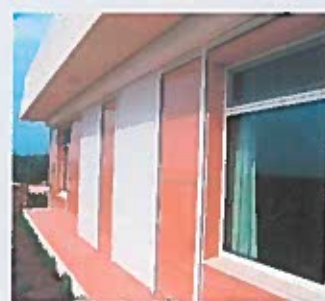


Figura 1.3-4 Parede de Trombe.



Figura 1.3-5 Casa Oásis.



Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 35)

Fonte: (Nascimento, et al., 2005 p. 23)

Temos como exemplo a “Casa Schafer” (ver Figura 1.3-6) com parede em pedra, onde se pode observar os diversos funcionamentos da Parede de Trombe de acordo com as estações do ano.

No Inverno, o ar é retirado do interior do espaço aquecido e lançado novamente no interior, tendo deste modo um efeito cumulativo nos ganhos térmicos.

Na Primavera, onde as temperaturas exteriores são mais amenas, o ar é retirado do exterior, aquecido e lançado no interior do espaço a aquecer.

No Verão, o sistema retira o ar do interior e lança-o no exterior. Pretende-se com este funcionamento promover uma extracção do ar interior, induzindo um sistema de ventilação natural.

De modo a minorar neste sistema a captura dos ganhos térmicos no Verão, poderão ser associados sempre que possível vegetação de folha caduca, que no Inverno faculta a passagem de raios solares, mas no Verão através da sua densa folhagem, serve de obstáculo à radiação directa do sol.



Figura 1.3-6 “Casa Schafer”, Porto Santo

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 36)

Outro exemplo de aplicação de Parede de Trombe é a “Casa Oásis”, (ver Figura 1.3-5) moradia unifamiliar, onde as “paredes de armazenamento térmico” não são pintadas de negro, mas de uma cor menos escura (castanho/laranja), e em vez dos vidros é utilizada um policarbonato. A energia Solar é armazenada durante o dia, à noite é transferida para o interior do edifício. Nas paredes estão aplicados estores exteriores para protecção diurna, no período de Verão. (Nascimento, et al., 2005 p. 31).

1.3.1.2.2 Paredes e Coluna de Água

Trata-se de um sistema com funcionamento idêntico à Parede de Trombe, em que o material de armazenamento é água, em contentores, em vez de um material construtivo normal de betão, pedra e argamassa.



Figura 1.3-7 Tubos em fibra de vidro instalados juntos aos vãos envidraçados.

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 37)

Tem como exemplo de aplicação deste sistema a Casa Solar no Campus do INETI, Figura 1.3-7, o líquido (água) é colocada em colunas de fibra de vidro, pintadas com cor escura. As colunas estão distribuídas juntos aos vãos, para a captação de radiação solar. O calor é transferido através da circulação da água para o espaço que se pretende aquecer.

Nestes sistemas poder-se-á utilizar outro líquido além de água, com melhor características de acumulação térmica.

1.3.1.3 Ganhos Isolados (Estufas e Colectores a Ar)

Nos sistemas de ganho isolado, a captação solar e o armazenamento da energia térmica não se encontra nas áreas ocupadas dos edificios, mas em locais próprios que operam independentemente das restantes áreas.

1.3.1.3.1 Estufas

As estufas (ver Figura 1.3-8) são espaços onde podem ser utilizados os efeitos de ganho directo e indirecto. A energia solar armazenada na estufa é transmitida aos espaços adjacentes por condução através das paredes divisórias comuns e por convecção no caso de existirem orifícios que permitam a circulação entre ambos os espaços. Deverá ter-se em consideração

neste sistema a sua “desactivação”, para o Verão com utilização de sombreamentos por vegetação de folha caduca.

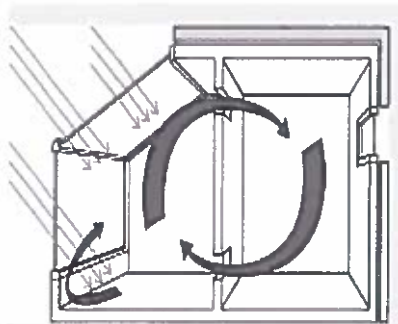


Figura 1.3-8 Ganho Isolado “Estufa”



Figura 1.3-9 Moradias Unifamiliares com Estufa – Vale do Rosal.

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 38)

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 38)

Exemplo de aplicação do sistema é Moradia Unifamiliar de Vale do Rosal, Figura 1.3-9, onde no Inverno se encontra exposta à radiação directa dos raios solares e no Verão a estufa é protegida por vegetação de folha caduca.

1.3.1.3.2 Colectores a Ar

Estes sistemas são constituídos por uma superfície de vidro exterior e uma outra absorvedora interior, sem qualquer capacidade de armazenamento térmico. São usados para ventilação dos espaços interiores adjacentes ao longo de todo ano, o seu funcionamento é por termosifão.

No Inverno o ar é aquecido e insuflado no espaço adjacente por convecção natural, permitindo assim o aquecimento directo do espaço (Figura 1.3-10).

No período do Verão, o sistema permite a extracção do calor do interior para o exterior, sempre que for desejável (Figura 1.3-11).

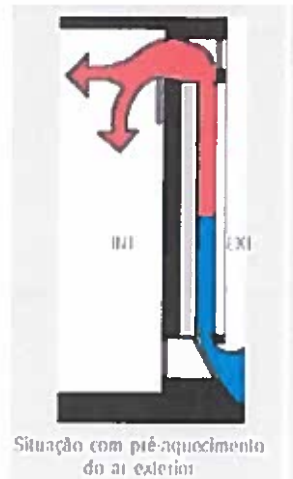


Figura 1.3-10 Funcionamento Inverno.

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 39)



Figura 1.3-11 Funcionamento de Verão

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 39)

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

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

1.3.2 Arrefecimento passivo

Os sistemas de arrefecimento passivo utilizam as fontes frias existentes para diminuição da temperatura no interior dos edifícios. A utilização de sistemas de arrefecimento passivo, podem reduzir ou mesmo eliminar a necessidade de um sistema de climatização convencional. Adoptar soluções que atenuem os ganhos de calor e utilizem meios de dissipação de calor, irá concerteza conduzir a uma redução das necessidades de arrefecimento.

A redução de ganhos solares, deverá ser considerada na elaboração das soluções arquitectónicas, localização das zonas envidraçadas, materiais a utilizar (vidros duplos, refletantes), e respectivos sombreamentos exteriores (palas, vegetação), para impedimento a entrada de radiação solar directa nos edifícios.

É preferencial a aplicação de isolamento na envolvente opaca, pela face exterior, em contrapartida ao isolamento interior, pois reduz a variação térmica e afasta as zonas de condensações térmicas o mais possível, da face da parede interior do edifício, aumentando a salubridade.

As coberturas são as superfícies que mais radiação solar recebem durante o Verão, devem ser tratadas com bastante atenção, aplicando isolamentos térmicos e métodos de ventilação para a dispersão do calor.

A aplicação de cor claras dos edifícios, com ou sem característica refletantes, contribui também para a diminuição da captação da radiação solar, melhorando deste modo o equilíbrio energético do edifício no Verão.

As paredes de grande inércia térmica actuam, como retardadores de calor, atenuando os picos térmicos no interior e baixando deste modo a solicitação máxima de arrefecimento.

1.3.2.1 Ventilação Natural

Em Portugal o clima apresenta grandes amplitudes térmicas diárias. No período de Verão em alguns locais do País as temperaturas podem baixar cerca de 20° à noite. Através da utilização da ventilação natural podemos durante o período nocturno dispersar a energia térmica acumulada durando o dia no interior do edifício.

A ventilação natural poderá ser promovida pelas diferenças de pressão do vento de um lado e outro nas janelas, portas, chaminés e frinchas e ainda utilizando a diferença de temperaturas interior-exterior.

A ventilação tem também implicações em termos de conforto térmico, ao acelerar perdas de calor por convecção e evaporação nos seus ocupantes.

A posição e dimensionamento das aberturas, na ventilação natural podem ter inúmeras configurações, dividindo-se no entanto em duas grandes categorias (Allard, 1998):

- Ventilação transversal (*cross ventilation*)
- Ventilação simples (*single –sided ventilation*).

Apresentam-se alguns exemplos esquemáticos de configurações simples e transversal, Figura 1.3-12 e 13.

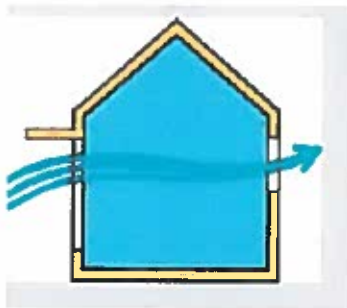


Figura 1.3-12 Ventilação transversal

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 40)

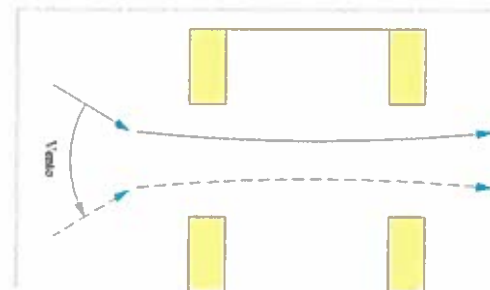


Figura 1.3-13 Ventilação transversal

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 42)

A ventilação cruzada é das mais eficientes na dispersão da carga térmica. Na ventilação simples para aumento da sua eficácia deve-se afastar as aberturas, assim como aplicar bandeiras para direcionamento dos ventos, Figura 1.3-14 .

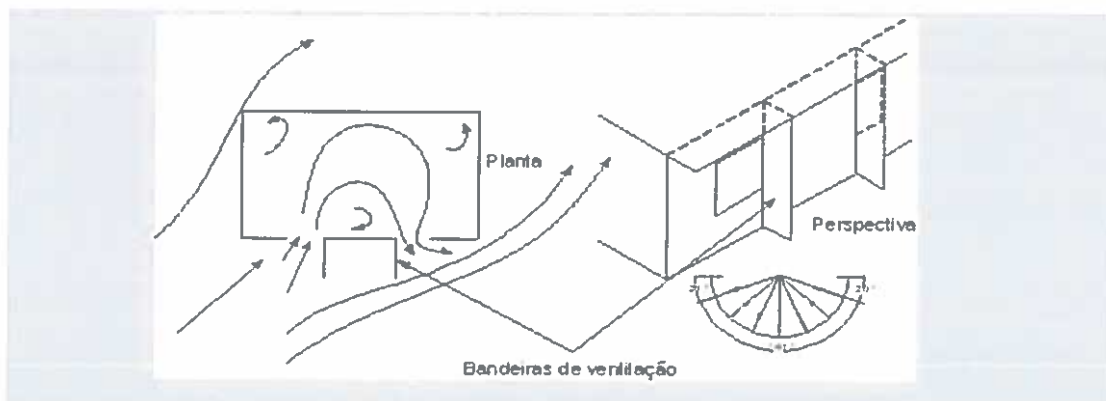


Figura 1.3-14 Ventilação Simples, com aplicação de bandeiras de ventilação

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 41)

Um exemplo dos diversos métodos de ventilação, temos a “Casa Shaffer”, (Figura 1.3-15) onde é utilizada a ventilação transversal, por efeito de chaminé entre a laje exterior e a laje de cobertura da casa.

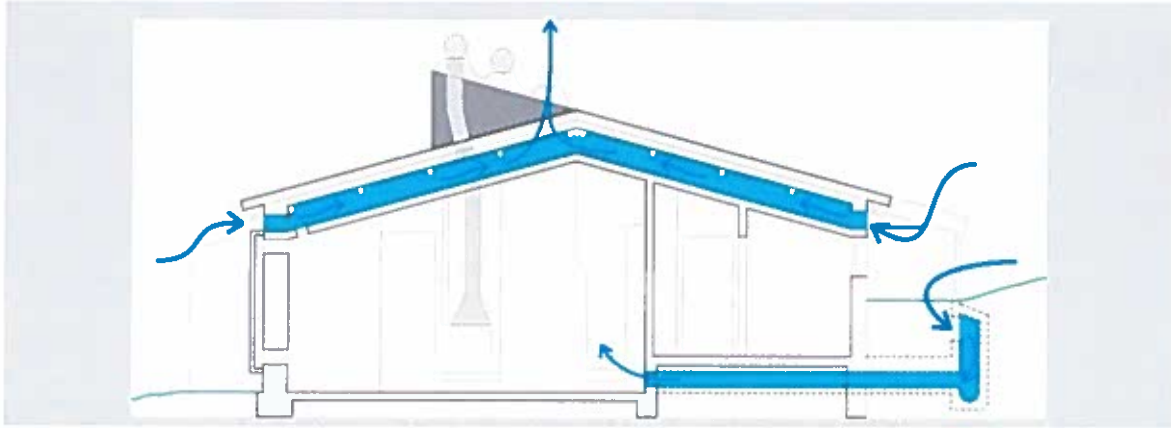


Figura 1.3-15 Ventilação da laje cobertura por efeito de chaminé

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 43)

1.3.2.2 Arrefecimento pelo solo (geotérmico)

Trata-se da utilização do solo, para dissipação de calor, já que no período do Verão, os valores deste, se encontram inferiores em temperaturas relativamente ao do exterior.

A poucos metros de profundidade, a temperatura do solo não apresenta variações ao longo do ano. Através de técnicas de aproveitamento passivo (tubos enterrados) conseguimos diminuir as variações de temperatura no interior da habitação.

Hoje em dia existem técnicas para utilização do solo como recuperador/dispensor de calor que serão abordadas mais abaixo em capítulo próprio.

1.3.2.3 Arrefecimento Evaporativo

No arrefecimento passivo evaporativo temos como técnicas mais comuns as seguintes:

- a) Utilização da evaporação da água

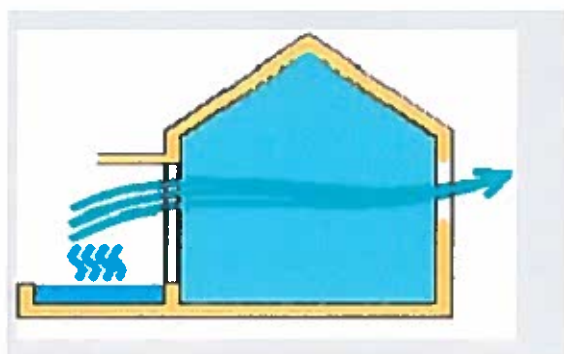


Figura 1.3-16 Arrefecimento Evaporativo

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 45)

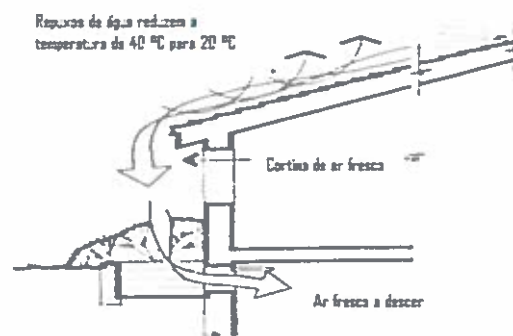


Figura 1.3-17 Sistema roof-sprayin

Fonte: (Leandro, 2007)

Associados à construção, executam-se pequenas fontes ou lagos, (Figura 1.3-16) que devem ser estrategicamente colocados, tanto quanto possível, na entrada do percurso que o ar efectua para ventilar o edifício.

Temos como exemplos de utilização da água no arrefecimento por evaporação os sistemas de “roof-spraying “ que são utilizados na cobertura.

Na Figura 1.3-17 a água é aplicada na cobertura através de um dispositivo de rega por aspersão. A evaporação da água produz o arrefecimento por contacto directo da laje, criando igualmente uma zona de ar fresco que desce por convecção em direcção ao solo, sendo canalizado de um modo natural para o interior do edifício. Cria-se deste modo um ar condicionado natural que através do sistema de ventilação produz um arrefecimento aumentando no interior do edifício o conforto térmico dos seus ocupantes

b) Utilização de plantas

Aplicações de “cortinas” de plantas, “trepadeiras”, juntam às paredes dos edifícios, que através da sua transpiração baixam a temperatura, nesse local.

Há que ter em atenção que a utilização de grandes quantidades de vegetação leva também a um aumento de humidade no local, diminuindo deste modo o conforto térmico.

Haverá que salientar que a solução a) e b) tem ainda o papel estético, produzindo soluções agradáveis, criando deste modo o conforto psicológico.

1.3.2.4 Arrefecimento Radiativo

O sistema passivo de arrefecimento radiativo utiliza a superfície envolvente normalmente a cobertura do edifício, para trocas radiativas . A cobertura do edifício é a zona mais usada pela sua exposição ao céu, que facilita as trocas radiativas (Figura 1.3-18).

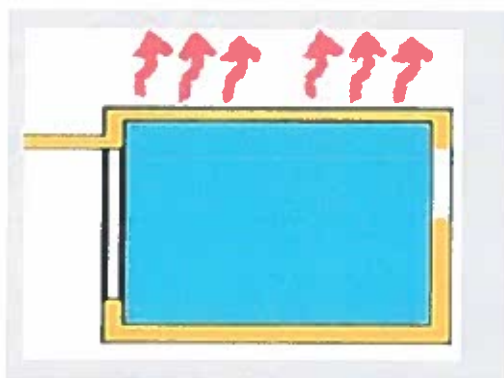


Figura 1.3-18 Arrefecimento Radiativo

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 45)

Esta técnica não está muito bem desenvolvida em Portugal e, é de difícil aplicação em edifícios porque:

- Durante a noite dos dias de Verão, as trocas serão optimizadas, nos casos onde não temos isolamento térmico.
- Durante o dia de Verão e todo o Inverno, há a necessidade de isolar termicamente o edifício, o que contraria uma solução permanente desta técnica, ou seja:

Para um sistema idealizado com um funcionamento satisfatório a cobertura teria que ter, durante o Inverno e dias de Verão, isolamento térmico; durante a noite de Verão de modo a maximizar o arrefecimento radiativo, o isolamento térmico teria que ser removido. Esta

solução só seria concretizável se fosse encontrada uma solução, com viabilidade económica, que permita a interposição diária de um isolamento na cobertura do edifício.

Esta técnica de arrefecimento pelos motivos expostos tem resultados positivos, mas é de difícil aplicação prática (Gonçalves, et al., 2004 p. 46).

II ZONAS CLIMÁTICAS DE PORTUGAL E TÉCNICAS A UTILIZAR DE APROVEITAMENTO PASSIVO DE ENERGIA.

A escolha dos sistemas de aproveitamento passivo de energia na concepção do projecto dum edifício, são de extrema importância, pois irão influenciar o seu desempenho energético, contribuindo para o conforto dos seus ocupantes com o consumo mínimo de energia.

As técnicas de aproveitamento passivas de energia que devemos utilizar, devem ser baseadas em estudos das condições climáticas do local, tais como, temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar e humidade relativa. Os dados sobre a temperatura ao longo do ano, e as suas variações, quer ao longo do ano, quer diárias, assumem um papel relevante para o estudo dos fluxos térmicos e o potencial da ventilação natural nocturna.

O local de implantação do edifício e a sua orientação, são base da sua concepção e de uma grande importância, para que as técnicas de aproveitamento passivo de energia, possam ser implementadas e ter um desempenho adequado.

Torna-se também importante para escolhas dos sistemas passivos a implementar, além dos dados climáticos a função do edifício, pois com a ocupação do edifício variam as necessidades de iluminação, têm influência nas necessidades energéticas do edifício.

Temos como exemplo prático num edifício público de serviços de aplicação das técnicas passivas de aquecimento, a fachada em caixilharia da torre virada a sul do edifício do Hospital de Santo António no Porto. Foi previsto em projecto e executado um sistema (Colectores a Ar) que consiste na execução duma “caixa-de-ar” entre os envidraçados e a parede do edifício em toda a sua extensão (lado sul). As entradas de ar são efectuadas à cota dos terraços (zonas baixas do edifício) junto à torre. Com a incidência dos raios solares na fachada, são criadas correntes ascendentes com caudais relevantes. O ar quente é recolhido no topo da torre para condutas e é introduzido no edifício, quando necessário, reduzindo as necessidades de consumo de energia em aquecimento no Inverno. Para aumentar a capacidade absorvedora da parede, foi colocada chapa pintada a preto.

2.1 Carta Bioclimática de Baruch Givoni

Para escolha sintetizada dos sistemas de aproveitamento passivos para um dado clima local, poderemos utilizar, um diagrama psicrométrico a “carta bioclimática de Baruch Givoni”.

Na carta são registados os estados do ar (temperatura e humidade), num determinado momento. O registo das diversas situações na carta, sua localização em determinadas áreas do mapa forma uma mancha, sendo este um indicador do tipo de clima no local e consequentemente do tipo de sistemas passivos a implementar:

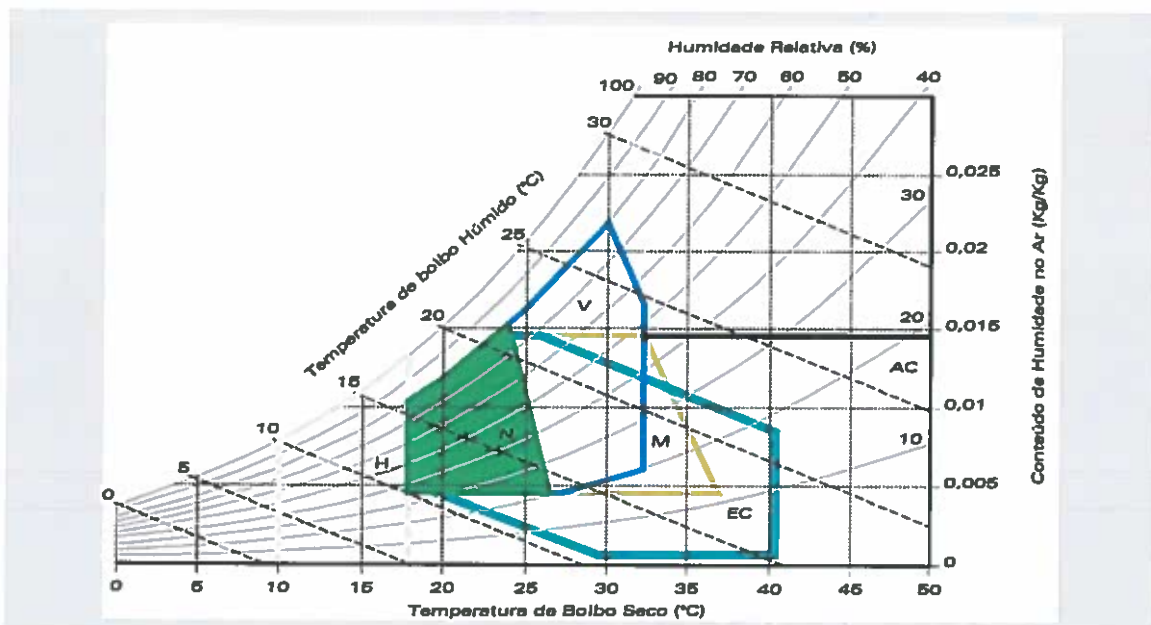


Figura 2.1-1 Carta Bioclimática de Baruch Givoni

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 11)

No quadro abaixo, são de modo genérico descritos os aproveitamentos passivos a implementar para cada Carta Bioclimática de Baruch Givoni. A título de exemplo, e para esclarecer um pouco a interpretação de quando, para um clima situado na Zona M, restringir os ganhos solares, usar o arrefecimento por evaporação, e utilizar o arrefecimento por radiação, mas poderemos de igual modo promover a ventilação natural. Na prática verifica-se que o clima de um determinado local, se encontra compreendido entre várias zonas, o mapa orienta-nos nas que melhor se adaptam às condições climáticas locais.

Tabela 2.1-1 Estratégias bioclimáticas/Aproveitamentos Passivas e Carta Bioclimática de Baruch Givoni

ZONAS	Estratégias bioclimáticas/aproveitamentos passivos
Zonas H – Climas de Inverno agressivo.	Restringir perdas por condução (aplicação de materiais isolantes nos elementos construtivos, aproveitamento do solo)
	Restringir perdas por infiltração (caixilharias de portas e janelas c/ vedação eficiente)
	Restringir acção do vento nas paredes do edifício, (aproveitamento do solo, utilização da vegetação)
	Promover os ganhos solares (sistemas de aquecimento passivo, ganhos directos, indirecto e isolado)
Zonas V – Climas tropical equatorial ou temperado de influência marítima. /	Promover a ventilação natural
	Sistemas de arrefecimento por ventilação
	Paredes de inércia leve ou desaparecimento das mesmas
Zonas V, EC, AC, M e W – Climas quentes (todos climas que necessitam de arrefecimento)	Restringir ganhos solares
Zonas EC e M – Climas temperados quentes e secos, regiões desérticas muito secas.	Utilizar o arrefecimento por evaporação
Zonas M – Climas quentes de influência continental com grandes amplitudes climáticas	Utilizar o arrefecimento por radiação.
Zona N	O clima está próximo das condições de conforto humano
Zonas AC	As condições de conforto só são possíveis através de meios mecânicos

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 12)

Nota: Mapa readaptado pelo autor

2.2 Zonas Climáticas de Portugal

Para indicação dos Sistemas Passivos a implementar para cada Zona $I_{1 a 3} - V_{1 a 3}$ (Figura 2.2-1) de acordo com Gonçalves, et al. (2004), consultar tabela, abaixo.

Tabela 2.2-1 Síntese de aplicação dos Sistemas Passivos de acordo com as Zonas Climáticas de Portugal

Estação	Sistemas Passivos	I ₁			I ₂			I ₃		
		V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₁	V ₂	V ₃
Inverno – Estação de Aquecimento	Ganho Directo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ganho Indirecto	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ganho desfasado Estufas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ganho separado colector a ar	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Isolar Envolvente	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Promover Inércia Forte	Sim	Sim	Sim (1)	Sim	Sim	Sim (1)	Sim	Sim	Sim (1)
Verão – Estação de Arrefecimento	Sombrear Envidraçados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Isolar Envolvente	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Ventilação natural transversal	Noct urna	Noct urna	Noct urna	Noct urna	Noct urna	Noct urna	Noct urna	Noct urna	Noct urna
	Arrefecimento pelo Solo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Arrefecimento Evaporativo	-	-	Sim	-	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Arrefecimento Radiativo	-	-	Sim	-	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Promover Inércia Forte	-	Sim	Sim (1)	-	Sim	Sim (1)	Sim	Sim	Sim (1)

Fonte (Gonçalves, et al., 2004)

Nota: Mapa adaptado pelo autor

(1) Esta estratégia é muito importante devido à influência Continental destes climas caracterizados por grandes amplitudes térmicas.

O clima ameno na Zona $I_1 - V_1$ deve-se à presença do mar com grande massa de água funciona como estabilizador, diminuindo as variações de temperatura. As brisas marítimas funcionam na estação quente com o seu efeito de dispersor térmico nas paredes dos edifícios.

Salienta-se nesta zona (Zona $I_1 - V_3$) os baixos índices de humidade e as grandes amplitudes térmicas anuais e diárias, podemos aplicar com eficácia os sistemas passivos arrefecimento por evaporação e o radiativo. Os Verões as temperaturas são elevadas, justifica-se a aplicação isolamentos térmicos, para restrição de ganhos. Justifica-se também a utilização de paredes de grande inércia térmica para diminuir as amplitudes térmicas e o uso de vãos reduzidos de modo a controlar os ganhos térmicos no Verão.

Trata-se de uma zona ($I_2 - V_1$) com influência marítima, localizada a Norte do País, sem grandes amplitudes térmicas onde os Invernos ditam a arquitectura regional, com edifícios adaptados aos aproveitamentos dos ganhos solares.

O clima na Zona $I_2 - V_2$ já apresenta características continentais, com a amplitude térmica diárias assumindo, com alguma relevância os ganhos no Verão. As paredes deverão ser dotadas de inércia térmica, assim com o sombreamento dos envidraçados.

Zona interiores (Zona $I_2 - V_3$) com características continentais, com Verões quentes e secos, e de grandes amplitudes térmicas. As paredes deverão ser dotadas de isolamentos térmicos adequados de modo a restringir quer as perdas de Inverno mas sobretudo os ganhos de Verão.

Zonas ($I_3 - V_1$) de grande altitude onde os ganhos solares de Inverno ganham importância sobre o Verão fresco, sem grandes amplitudes térmicas. Deve ser promovido a utilização nestas regiões as estufas para ganhos no Inverno rigoroso.

A utilização de técnicas solares passivas nas Zona $I_3 - V_2$ de aquecimento ganha relevância, dadas as baixas temperaturas de Inverno. No Verão quente e seco, com influência continental, apresenta-se, dada a elevada massa térmica como adequado o arrefecimento radiativo.

Zona I3 – V3 locais onde o clima mais agressivo do território continental, tanto de Verão como de Inverno. É de máxima importância a utilização e combinação das técnicas solares de aquecimento passivo, assim como arrefecimento no Verão.

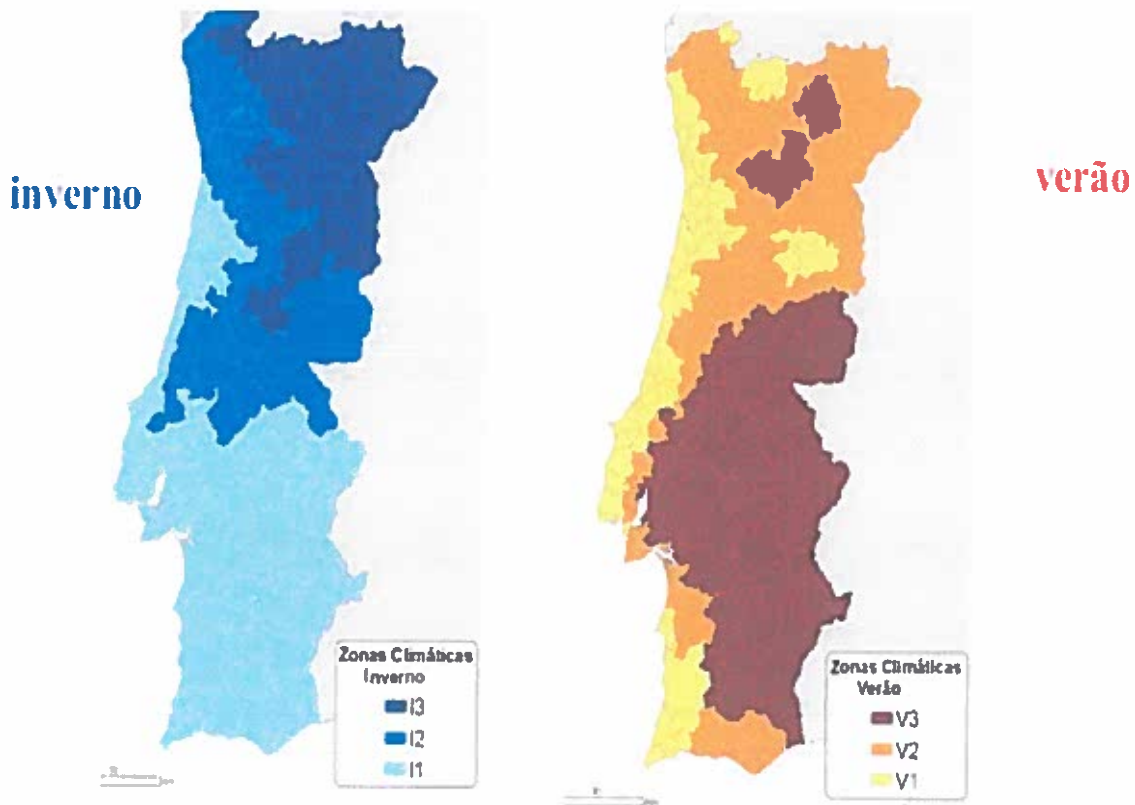


Figura 2.2-1 Zonas Climáticas de Portugal Continental

Fonte: (Gonçalves, 2006)

Tabela 2.2-2 Zonas Climáticas de Portugal Continental

Zonas Climáticas		Concelhos
II	V1	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
	V2	Albufeira, Alenquer, Anadia, Arruda dos Vinhos, Barreiro, Coimbra, Faro, Grândola, Lagoa, Lisboa, Loulé, Loures, Mealhada, Moita, Mortágua, Odívetas, Olhão, Santa Comba Dão, Santiago do Cacém, São Brás de Alportel, Seixal, Sesimbra, Setúbal, Silves, Sobral de Monte Agraço, Soure, Tavira
	V3	Alandroal, Alcácer do Sal, Alcochete, Alcoutim, Aljustrel, Almeirim, Almodôvar, Alpiarça, Alter do Chão, Alvito, Arraiolos, Arronches, 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, Portel, 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
I2	V1	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
	V2	Alcanena, Amarante, Amares, Ansião, Arganil, Belmonte, Braga, Caminha, 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
	V3	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, Sertã, Tomar, Torres Novas, Vila de Rei, Vila Nova da Barquinha, Vila Velha de Ródão
I3	V1	Boticas, Celorico da Beira, Guarda, Manteigas, Melgaço, Montalegre
	V2	Aguiar da Beira, Alfândega da Fé, Almeida, Arcos de Valdevez, Bragança, Cabeceiras de Basto, Carraceda de Anciães, 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, Trancoso, 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
	V3	Alijó, Armamar, Baião, Castanheira de Pêra, Lamego, Mirandela, Moimenta da Beira, Oleiros, Pampilhosa da Serra, Resende, Sabrosa, S. João da Pesqueira, Tabuaço, Tarouca, Valpaços

Fonte: Decreto-lei 80/2006 de 4 Abril 2006

III AQUECIMENTO E ARREFECIMENTO GEOTÉRMICO

Trata-se da utilização do solo, para dissipação ou ganhos de calor, já que no período do Verão, os valores deste se encontram inferiores em temperaturas relativamente ao do exterior e no Inverno, as temperaturas do solo são superiores permitindo o aquecimento do interior.

Esta transferência de energia ocorre por processos passivos, (Figura 3.1-1) utilizando materiais e métodos de construção ou activos, (Figura 3.2-2) através de equipamento e tecnologia com consumo de energia).

3.1 Técnicas Passivas

A dispersão ou ganho de energia pelo solo pode processar-se através de duas componentes:

- Directos; através da própria envolvente do edifício (paredes, pavimentos), em contacto com o solo.
- Indirectos; utilizando uma rede de condutas enterrada que interliga o interior do edifício ao solo. A eficiência do sistema está relacionada com quantidade de ar que circula nas condutas, a superfície de condutas em contacto com o solo, e com as próprias propriedades dos materiais das condutas e do solo.



Figura 3.1-1 Esquema e exemplo prático de arrefecimento utilizado o Solo

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 45)

3.2 Técnicas Activas

A geotermia, contrariamente a outras energias renováveis, não está dependente das condições atmosféricas (sol, chuva, vento), revelando-se uma fonte estável e duradoura. (CIAR-Ida, 2007)

Na utilização da bomba de calor em geotermia para aquecimento e arrefecimento, temos para o consumo de 1KW produção de aquecimento que conseguíamos com 4KW num sistema tradicional, o que se revela de grande eficácia como referido (CIAR-Ida, 2007).

Os custos de investimento num sistema de geotermia é superior aos sistemas de aquecimento tradicional, no entanto o seu baixo custo de exploração e manutenção, irá amortizar o valor do investimento inicial com se refere:

Os sistemas de geotermia têm uma manutenção bastante reduzida. Embora o investimento num sistema destes seja superior ao de um aquecimento tradicional, a sua amortização obtém-se rapidamente devido ao seu baixo custo de exploração. Para 100% de energia consumida numa habitação só 20 a 30% é que é comprada para funcionamento da bomba de calor; os restantes 70 a 80% são inteiramente gratuitos. Acresce ainda que com estes sistemas obtém-se aquecimento ambiente e águas quentes sanitárias no Inverno e arrefecimento no Verão. As águas sanitárias no Verão e o aquecimento da piscina, pode ser obtido gratuitamente durante o arrefecimento, através da instalação do Recsystem (...). (CIAR-Ida, 2007):

Entende-se por Bomba de Calor, (Figura 3.2-1) sistema que é composta por evaporador e condensador que vão transferir a energia térmica entre exterior e o interior (local a climatizar), podendo a transmissão térmica ser efectuada em ambos sentidos:

- Aquecimento – A zona de captura térmica faz-se no exterior e a dispersão térmica é efectuada no local interior a aquecer.
- Arrefecimento – A zona de captura térmica é efectuada no interior (local a refrigerar) e dispersão térmica é feita no exterior.

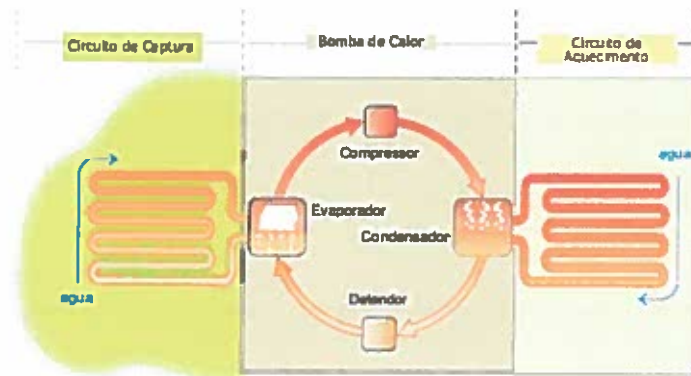


Figura 3.2-1 Esquema da Bomba de Calor

Fonte: (ACDS, 2007)

Mundialmente a capacidade de produção de energia (Bombas de calor Geotérmicas) por geotermia é de 6,6 GW_t, numa produção total de energia de 6,5 TWh_t (Lund, 2001).

3.2.1 Sistema de Captura

Um sistema geotérmico é composto por vários tipos de captura:

As captações horizontais requerem de 1,5 a 2 vezes a área para dispersão/captação de calor relativamente ao espaço que se pretende climatizar. Este método utilizado quando temos disponíveis grandes áreas de jardim convivendo com plantação de relva arbustos e, mesmo árvores desde que seja garantida a distancia mínima. Quando temos limitações de espaço nas áreas envolventes, então o método a usar é a captura vertical, onde a superfície de tubagens para a captura horizontal, é feita em profundidade pela abertura de furos de captação que podem atingir dezenas ou centenas de metros, como referido;

Os captadores horizontais requerem uma superfície de captação da ordem de 1.5 a 2 ou mais vezes a superfície da casa a aquecer, superfície que nem sempre haverá disponível(...). Os captadores verticais, também chamados de sondas verticais, suprimem todos estes inconvenientes. (GudEnergy, 2007)

Verifica-se que a partir de determinada profundidade a temperatura se mantém estável ao longo de todo o ano, aumentando a temperatura também com profundidade (Figura 3.2-2).

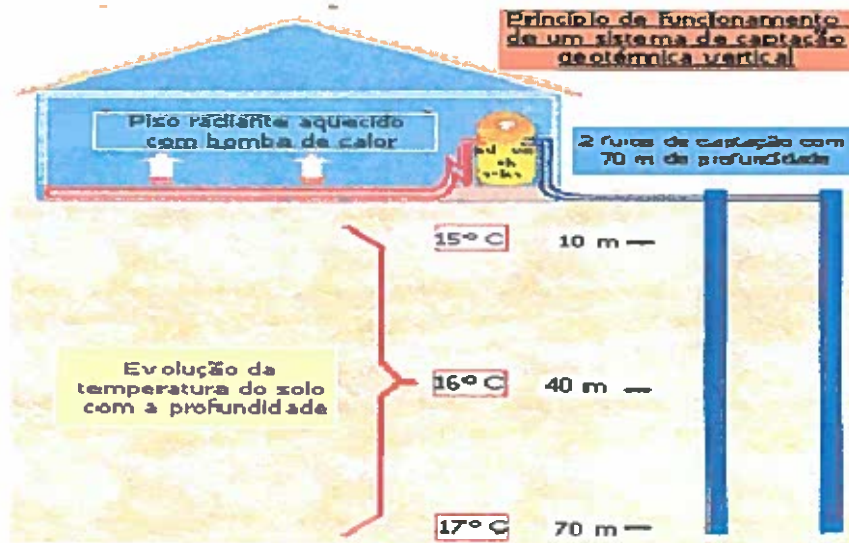


Figura 3.2-2 Captação geotérmica vertical com variação da temperatura com a profundidade

Fonte: (Polisol, 2007)

3.2.1.1 *Captura Horizontal*

Na captação horizontal (Figura 3.2-4) as tubagens normalmente em polietileno de alta pressão são colocadas a uma profundidade de 0,60m e 1,20m. O líquido normalmente utilizado é água com glycool.

Pode-se afirmar que para o rendimento do sistema não têm relevância as características do solo, assim como a sua exposição solar, dada a sua temperatura constante anual àquela profundidade. De igual modo a aplicação do sistema não altera as condições do solo no qual se pode desenvolver culturas e jardins, devendo-se a plantação de árvores fazer-se no mínimo a 1,5m da zona de captura como referido em:

A natureza do solo e a sua (exposição) não trazem muitas influências no sistema. No inverso o sistema não transmite alguma modificação sobre o terreno: jardinagem, relva, arbustos, etc... É ainda possível plantar árvores a uma distância de 1,5 da zona de captura. (GudEnergy, 2007).

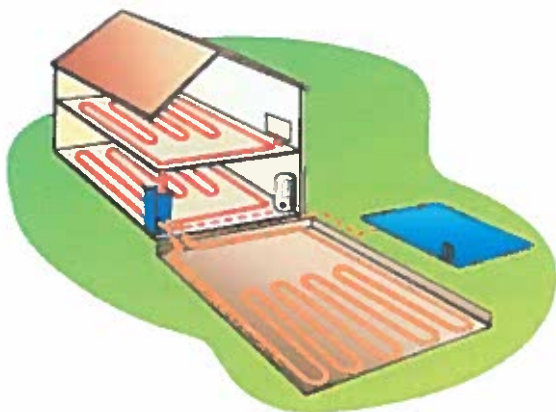


Figura 3.2-3 Esquema Captação Horizontal

Fonte: (ACDS, 2007)



Figura3.2-4 Fotografia de captação Horizontal

Fonte: (GudEnergy, 2007)

3.2.1.2 *Captura Vertical*

Neste sistema consiste na dispersão/captação de calor através de um furo vertical (Figura 3.2-5), que pode atingir profundidades de 150m. Os materiais e líquidos utilizados são o polietileno de alta pressão e água com glycool. Dado o seu desenvolvimento em profundidade é necessária uma pequena área horizontal. Quanto se pretende grande capacidade de arrefecimento e aquecimento deve ser este o método a utilizar em detrimento da captação horizontal, pois apresenta melhor rentabilidade dada à grande inércia do terreno e a possibilidade de conseguirmos simplesmente aumentar a área de captação aumentando a profundidade ou o número de furos, isto em reduzida superfície de terreno.

O captador vertical é instalado num furo seco que pode variar entre os 0,80m e 150,00m de profundidade. A tubagem é constituída de polityleno de alta pressão e dentro da qual circula agua com glycol. (...) sistema para reduzir custos ou ainda quando se pretende grande quantidade de arrefecimento, deve optar-se por captação por sondas geotérmicas (GudEnergy, 2007).

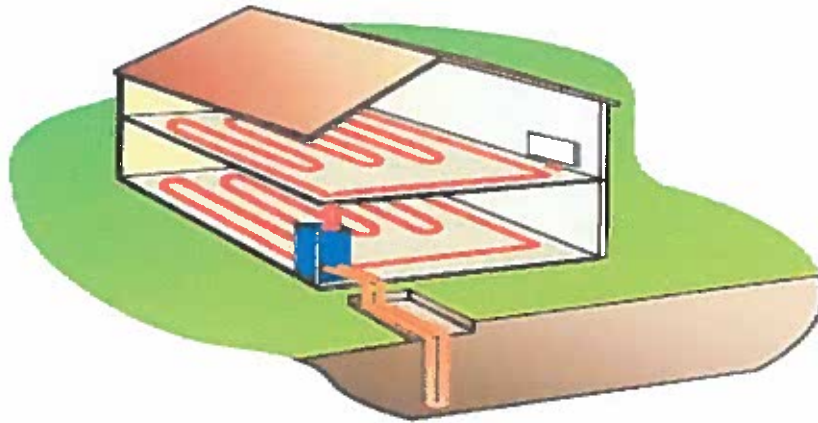


Figura 3.2-5 Esquema Captação Vertical

Fonte: (ACDS, 2007)

O sistema "free cooling" ou arrefecimento passivo que dispensa o funcionamento do grupo geotérmico. No Verão a temperatura da terra é inferior pelo que permite efectuar um arrefecimento passivo. No Inverno a situação é igualmente inversa, e que permite aquecer a casa com consumos de cerca de 25% de energia. O sistema permite inclusive recuperar para arrefecimento a energia dispersada no aquecimento das águas sanitárias fechando um circuito que de outro modo se dispersaria para o terreno, como referido em:

Estes grupos geotérmicos de água glicolada/água, aproveitam o calor da terra para aquecimento total da sua vivenda e das águas sanitárias. Mais de 75% da energia utilizada vem da natureza, é grátis porque não passa pelo contador eléctrico. Esta energia é inesgotável e renovável. No verão, como a temperatura da terra é inferior à do ar, a energia consumida para o arrefecimento é menor, e será insignificante se se utilizar o "free cooling" (GudEnergy, 2007).

3.2.1.3 *Captura em Lençol freático.*

O sistema é em tudo idêntico à captação vertical, só que neste segundo caso o terreno seco é substituído por um lençol de água (Figura 3.2-6).

Água a grandes profundidades apresenta temperaturas constantes, dada a sua condutividade térmica ser maior que a de um terreno, apresenta uma melhor dispersão térmica, tendo deste

modo o sistema uma rentabilidade superior relativamente a captação vertical.

A Bomba de calor capta a energia existente sob forma de calor directamente na água do lençol freático que tem a vantagem de ter uma temperatura constante todo o ano (10/12°C) em função da localização. O sistema consiste em captar a água num furo e de a rejeitar num poço perdido ou então num segundo furo em aval do primeiro (GudEnergy, 2007).

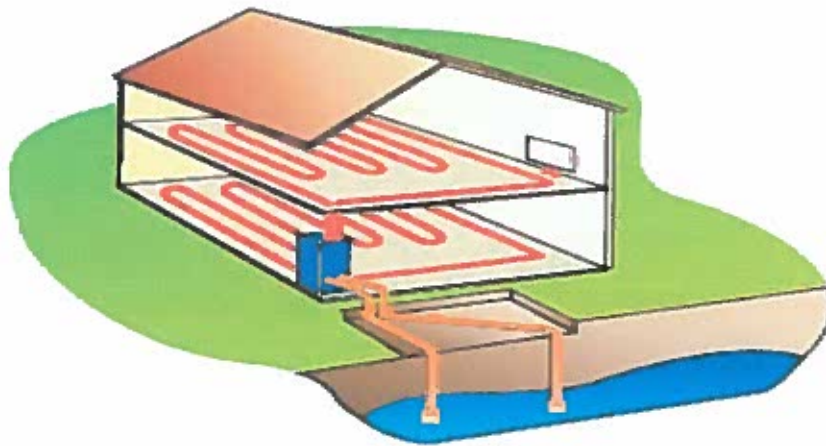


Figura 3.2-6 Esquema Captação Lençol Freático

Fonte: (ACDS, 2007)

3.2.1.4 Funcionamento de um sistema Glicooling

- **Glicooling arrefecimento passivo.** A Bomba de circulação mantém em circulação de água glicolada, que capta o calor ambiente no **ventiloconvector** e do pavimento radiante e o transporta para o subsolo onde temperaturas são bastantes inferiores e é dispersado nas **Sondas Geotérmicas**. Neste processo a Bomba de Calor encontra-se desligada. Ou seja o circuito faz-se sem qualquer passagem pelo Evaporador e Condensador ver (Anexo – 1).
- **Glicooling arrefecimento com aquecimento das águas sanitárias em paralelo.** A Bomba de circulação mantém em circulação de água glicolada, que capta o calor ambiente no **ventiloconvector** e do pavimento radiante e o transporta para o subsolo onde temperaturas são bastantes inferiores e é dispersado nas **Sondas Geotérmicas**.

Neste processo a bomba de calor encontra-se ligada para o aquecimento de águas sanitárias. O circuito da água gliconada frio passa a ser, também efectuado através do evaporador aproveitando-se deste modo o frio produzido por este para o aumento do rendimento do circuito de arrefecimento (**Anexo – 2**).

- **Glicooling função de aquecimento.** A bomba de circulação com água glicolada, está desligada. É a bomba de calor que mantém em circulação o fluido. O circuito da água gliconada passa a ser efectuado apenas pelo condensador e **Sondas Geotérmicas**. O circuito de calor é efectuado entre o evaporador o **ventiloconvectores e pavimento radiante** aquecendo o ambiente, o circuito de aquecimento das **águas sanitárias** está desligado (**Anexo – 3**).
- **Glicooling aquecimento de água.** A bomba de circulação com água glicolada, está desligada. É a bomba de calor que mantém em circulação a água gliconada. O circuito da água gliconada passa a ser efectuado apenas pelo condensador e **Sondas Geotérmicas**. O circuito de calor é efectuado entre o evaporador e o aquecimento das **águas sanitárias ventiloconvectores** o circuito do **ventiloconvectores e pavimento radiante** está desligado (**Anexo – 4**).

IV GEOTERMIA PARA AQUECIMENTO E PRODUÇÃO DE ENERGIA ELECTRICA E FONTES TERMAIS

A geotermia revela-se como uma fonte de energia inesgotável e de grande potencial já que mais de 99% da massa do planeta têm uma temperatura superior a 100 °C, conforme referido em:

(...) que 99 % da massa do planeta se encontra a uma temperatura superior a 1 000 °C e menos 1 % abaixo de 100 °C. (Costa, 2007).

A elevada temperatura interna do magma é dissipada para o exterior através dos vulcões, falhas, choques de placas, aquíferos, etc. ... Noutras situações esta energia fica retida a pequena distância da superfície, ou em áreas de actividade vulcânica, sísmica ou magmática, a qual pode ser aproveitada por tecnologias actuais, para a produção de energia eléctrica e de aquecimento.

Temos em Portugal numerosos aproveitamentos geotérmicos em Chaves e nos Açores em Furnas, Fogo e Ribeira Grande sendo estes últimos com temperaturas mais elevados. Mundialmente destaca-se a Nova Zelândia e a Islândia, tendo em especial nesta última um papel bastante importante na sua economia já que 68% da electricidade e 90% dos aquecimentos das habitações são produzidos por métodos geotérmicos e hídricos como referido em:

A Islândia produz 68% da sua electricidade através de fontes renováveis (hídrica e geotérmica) e 90% do aquecimento dos edifícios é feito através dos recursos geotérmicos. (PER, 2007)

As diferenças térmicas entre o exterior e o interior da terra a uma profundidade superior a 3 km já são consideráveis e permite a sua utilização para produção de energia eléctrica (PER, 2007).

Tabela 4-1 Classificação dos recursos geotérmicos (° C)

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e) (ae)
Baixa entalpia	< 90	< 125	< 100	≤ 150	≤ 190
Intermediário entalpia	90 - 150	125 - 225	100 - 200	--	--
Alta entalpia	> 150	> 225	> 200	> 150	> 190

Fonte: (Dickson, et al., 2004)

Nota: (a) Muffler and Cataldi (1978) (b) Hochstein (1990)

(c) Benderitter and Cormy (1990) (d) Nicholson (1993) (e) Axelsson and Gunnlaugsson (2000)

Na tabela acima é indicada a classificação da geotermia dos diversos autores, de acordo com a temperatura de exploração. Será considerada no restante desenvolvimento sobre os recursos Geotérmicos a classificação definida por “Muffler and Cataldi “.

A exploração da energia geotérmica deve ser idealizada em cascata, com utilização progressiva das temperaturas. Segundo Lindal, (1973) são indicadas na figura abaixo as utilizações de acordo com as temperaturas do fluido geotérmico.

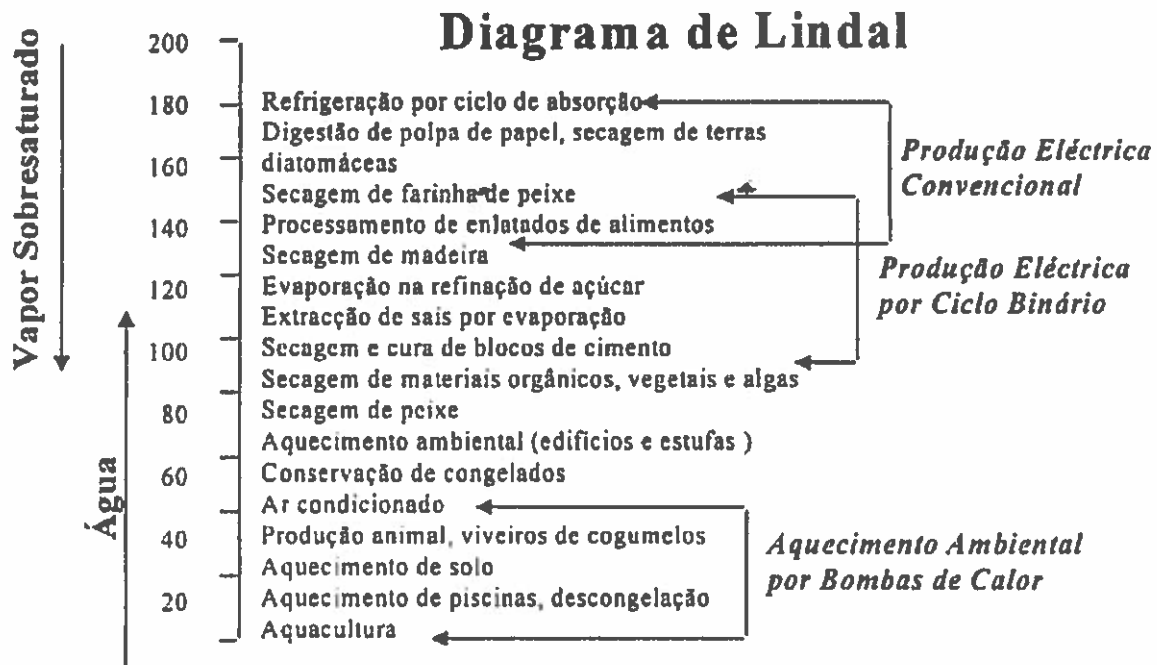


Figura 4-1 Utilizações da energia geotérmica (adaptado)

Fonte: (Lindal, 1973 cit. In Armstead, H. C. H., 2001)

4.1 Hidrogeologia energética e geotermia baixa entalpia (< 90 °C)

4.1.1 Produção de energia eléctrica

Para produção de energia eléctrica, encontram-se em estudo as centrais de ciclo combinado onde a temperatura do fluido ronda os 90°C. (PER, 2007)

A tecnologia de exploração para produção de energia eléctrica a baixas temperaturas encontra-se em fase de investigação sendo importante demonstrar se é rentável, para que se possa partir para a sua aplicação. (PER, 2007).

Tabela 4.1-1 Energia disponível a partir de emergências de fluido geotérmico a temperatura superior a 40°C

Intervalo de temperaturas	Nº de ocorrências	Ktep/ano		GWh/ano	
		T - 20 °C ⁽¹⁾	T - 38 °C ⁽²⁾	T - 20 °C ⁽¹⁾	T - 38 °C ⁽²⁾
40 – 49	8	2,8		3,5	
50 – 59	1	0,4	0,02	0,52	0,24
> 60	4	8,2	6,1	10,1	7,7
Total	13	11,3	6,12	14,12	7,79

Fonte: (Costa, et al, *cit. In* PER, 2007)

Nota: (1) Considerado um aproveitamento em cascata até 20 °C

(2) Considerando aproveitamento até 38 °C

Na figura é indicada a capacidade de aquecimento e potência eléctrica de acordo com as temperaturas do fluido, verifica-se que o aproveitamento em cascata é feito até à temperatura indicada de 20 °C quando o valor de referência normalmente, hoje utilizado nos estudos de aproveitamento geotérmicos é 15°C (Jesus, 2007).

O ciclo binário actualmente afigura-se como o processo mais indicado para a produção de energia eléctrica em baixa entalpia. A dificuldade está em encontrar um fluido de trabalho que apresente ebulição com valores de fluido geotérmico inferiores a 76 °C (Jesus, 2007).

4.1.2 Aquecimento e Arrefecimento

Encontra-se em investigação em Portugal no domínio da muito baixa entalpia o aproveitamento de aquíferos para armazenamento de calor e frio, do qual se estima 5TWht para aquecimento e arrefecimento como referido em:

(..) investigação sobre o armazenamento de calor e frio em aquíferos. Um projecto nacional, no qual foram consideradas 63 captações de caudais superiores a 20 l/s estimou em 5 TWht o potencial total para aquecimento e climatização. (Costa, 2007)

Em Portugal temos mesmo já em operação, situações de aplicação no âmbito de aquecimento, são o exemplo o caso do Hospital da Força Aérea em Lisboa de Chaves, Vizela e Monção, onde a potência total instalada está próxima dos 8MWt conforme é referido:

(...) nos projectos de aproveitamento de S. Pedro Sul (pólo das Termas), Chaves, Vizela e Monção. A potência total instalada estará muito próxima de 8 MWt, apesar do aproveitamento do Hospital da Força Aérea; em Lisboa, está parado por dificuldades relacionadas com o estado do furo de captação. (PER, 2007).

Tabela 4.1-2 Principais aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental

Temperatura de emergência	Tipo de Recurso	Aproveitamento	
		Tipo	Situação
Caldas de Chaves			
73	Hidrotermal e Geotérmico	Aquecimento das piscinas	Em operação
		Climatização do Hotel	Em operação
		Águas quentes sanitárias	Em operação
		Estufas	Em operação
S. Pedro do Sul			
69	Hidrotermal e Geotérmico	Estufas do Pelo do Vau	Em operação
		Climatização de Hotéis	Em execução
		Climatização do INATEL	Em estudo
		Piscicultura	Em estudo
		Estufas de flores	Em estudo
Caldas de Vizela			
62	Hidrotermal e Geotérmico	Climatização do hotel termal	Em operação
Hospital da Força Aérea			
50	Geotérmico	Climatização do Hospital	Em operação
		Águas quentes sanitárias	Em operação
Vouzela			
67	Geotérmico	Climatização	Em estudo
		Aquecimento de Piscina	
Serviços Sociais das Forças Armadas - Oeiras			
30	Geotérmico	Climatização	Em estudo

Fonte: (Costa, et al, cit. In PER, 2007)

Na Tabela 4.1-2, poderemos verificar os diversos locais de aproveitamentos Geotérmicos em Portugal, a temperatura de saída (30 a 73°C) das águas e sua utilização (aquecimento, águas quentes sanitárias, estufas ...).

4.1.3 Termal

Aproveitamento da geotermia, na vertente Termal é sem dúvida a situação mais utilizada (ver quadro a seguir) em Portugal Continental onde as temperaturas da água à superfície variam de 21 a 76°C.

Tabela 4.1-3 Emergências Termiais, Temperatura Máxima Registada e Características Químicas da Água.

Nº	EMERGÊNCIA TERMIAL	TEMP. MÁX. (°C)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	Nº	EMERGÊNCIA TERMIAL	TEMP. MÁX. (°C)	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS
1	Monção	50	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	27	Luso	27	SiO ₂ , Cl, Na, K
2	Chaves	76	HCO ₃ , Na, F, CO ₂	28	São Paulo	23	H ₂ S, HCO ₃ , Na
3	Gerês	47	HCO ₃ , Na, F, S ₂ O ₃	29	Unhais da Serra	37	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F
4	Carvalhelhos	22	HCO ₃ , Na, F	30	Amieira	27	Cl, Ca, Na
5	Caldelas	33	HCO ₃ , Ca, F	31	Bicinho	28	Cl, Ca, Mg, Na
6	Eirogo	25	H ₂ S, Cl, HCO ₃ , Na, F	32	Azenha	29	Cl, Na
7	Taipas	32	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	33	Monfortinho	28	SiO ₂ , Cl, Na, K
8	S. Miguel das Aves	22	H ₂ S, HCO ₃ , Na	34	Fonte Quente	24	Cl, HCO ₃ , Na
9	Vizela	62	H ₂ S, HCO ₃ , F, Na	35	Salgadas	23	Cl, Na
10	Caldinhas	30	H ₂ S, Cl, Na, F	36	Envendos	22	SiO ₂ , Cl, Na, K
11	Carlão	29	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	37	Piedade	27	Cl, HCO ₃ , Na
12	São Lourenço	30	H ₂ S, HCO ₃ , Na, K	38	Salir	20	Cl, Na
13	Canavezes	35	H ₂ S, F, HCO ₃ , Na	39	Caldas da Rainha	36	H ₂ S, Cl, SO ₄ , Na, Ca, Mg
14	Moledo	45	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	40	Arrábidos (Gaeiras)	29	H ₂ S, Cl, Na
15	Fonte Sta. do Seixo	21	H ₂ S, HCO ₃ , Na	41	Vimeiro	26	HCO ₃ , Cl, Na, Ca
16	Aregos	62	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	42	Cucos	40	Cl, Na, F
17	Longroiva	34	H ₂ S, HCO ₃ , Na	43	Alcaçarias	30	Cl, Na
18	S. Jorge	23	H ₂ S, Cl, Na	44	Hosp. Força Aérea	50	HCO ₃ , Ca, Mg
19	Carvalho	41	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	45	Oeiras - S.S.F.A.	30	HCO ₃ , Na
20	Cavaca	29	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	46	Estoril	35	Cl, Na
21	S. Pedro do Sul	69	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	47	Santa Comba	22	HCO ₃ , Ca
22	Alcafache	51	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	48	Malhada Quente	28	HCO ₃ , Na, SO ₄
23	Sangemil	50	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	49	Alferce	27	HCO ₃ , Na
24	Cró	23	H ₂ S, HCO ₃ , Na	50	Monchique	32	HCO ₃ , Na, F
25	Felgueira	36	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	51	Santo António	25	HCO ₃ , Ca
26	Manteigas	48	H ₂ S, HCO ₃ , Na, F	52	Fte. Sta. Quarteira	21	HCO ₃ , Na, Ca, Mg

Fonte: (Lourenço, et al., 2005)

Em Portugal as captações termais são essencialmente devido a acidentes tectónicos ou falhas activas, que favorece a circulação ascendente dos fluidos que, conjugada com as formações geológicas atravessadas pelo fluido, dão-lhe características únicas, é o caso dos diapiros salíferos que influenciam a geoquímica das águas contribuindo para a sua mineralização que chega a atingir a concentração de 3400 mg/l, devido ao enriquecimento em cloretos, sulfatos, sódio e calcário como referido por Lourenço. (1998)

As águas termais ocorrem nas mais diversas composições químicas, bicarbonatadas (21%), cloretadas (21%), sulfúreas (50%) e Gasocabónicas (2%). No Maciço Hespérico ocorrem as águas bicarbonatadas, cloretadas; mas na maior parte é constituída por águas sulfúreas, que apresenta elevados pH (> 8). Na Orla Meso-Cenozoica Ocidental das águas emergentes predominam as cloretadas/bicarbonatadas sódicas, mas encontram-se alguns casos de águas sulfatadas cálcicas, com pH (~7) (Lourenço, 1998).

As captações das ocorrências que eram utilizadas em tratamentos médicos eram efectuadas à superfície, estando limitada ao caudal e, vulnerável à poluição atmosférica. Esta nascente foram gradualmente sendo substituídas por furos de captação o que originou um aumento dos caudais e foi igualmente reduzido o risco de contaminação. As temperaturas encontradas nos furos efectuados apresentaram valores idênticos aos encontrados na nascente, isto porque na maior parte dos casos as perfurações foram orientadas para o melhoramento da qualidade das águas. (Lourenço, 1998)

4.2 Geotermia de alta entalpia (temperaturas superiores a 150°C)

4.2.1 Produção de energia eléctrica

A exploração da geotermia está condicionada ao modelo geodinâmico da Terra, ou seja tectónicas das placas litosféricas. A utilização da geotermia de alta entalpias para produção de energia eléctrica em Portugal, encontra-se localizada nos Açores, na zona das cristas médio-oceânicas.

São propícias igualmente para utilização de geotermia de alta entalpia, outras zonas tectónicas

do globo, como referido:

Os campos geotérmicos de alta entalpia estão necessariamente relacionados com fluxos de calor elevados, que se podem encontrar nas cristas médio-oceânicas [Açores ou Islândia], nas zonas de subducção, como os arcos de ilhas vulcânicas [Japão] ou em zonas de *rifting* continental [Quénia]. (Sogeo, 2007).

Os aproveitamentos Geotérmicos dos Açores estão inventariados em cerca de 235,5 MWt distribuídos de acordo com o seguinte quadro:

Tabela 4.2-1 Inventário dos Aproveitamentos Geotérmicos Açores

Ilha	Potência Instalada [MWt]
S. Miguel	173,0
Terceira	25,0
Faial	8,9
Pico	12,0
S. Jorge	8,0
Graciosa	5,0
Flores	2,5
Corvo	1,1
Total	235,5

Fonte: (PER, 2008)

A primeira central térmica a ser instalada nos Açores (1980) foi a do Pico Vermelho, com a potência nominal de 3 MW, a sua produção actual anda na ordem dos 7.MW (Sogeo, 2007)

Em 2003, a produção de energia eléctrica em São Miguel (Centrais Geotérmicas de Ribeira Grande com 85 MWe e Pico Vermelho com 3,5 MWe) foi cerca de 25% da electricidade consumida na Ilha, conforme referido em (PER, 2008)

A 13 Março de 2007 foi inaugurada a Central Geotérmica do Pico Vermelho, o que vem aumentar a produção de energia eléctrica em energias renováveis para valores na ordem dos 80GWh, aumentando a energia geotérmica a cota de produção proveniente de energias renováveis para valores de 40% em relação ao total.

O método de Funcionamento é o ciclo de Carnot, (Figura 4.2-1) toda a água (a cerca de 98° C) é descarregada sem qualquer aproveitamento da energia contida na mesma, e tira menor partido da energia disponível quando comparado com o sistema binário utilizado na central industrial (Figura 4.2-2) (Arena, 2007).

A Central Geotérmica de Ribeira Grande cujo funcionamento é com base no sistema binário (Figura 4.2-2), foi executado em duas fases. Na 1ª Fase em 1994 foram construídos 2 geradores com potência total 5MW na 2ª fase (1998), foram acrescentados mais 8MW, à produção eléctrica inicial, num total de 13 MW, com a instalação de mais 2 geradores (Sogeo, 2007).

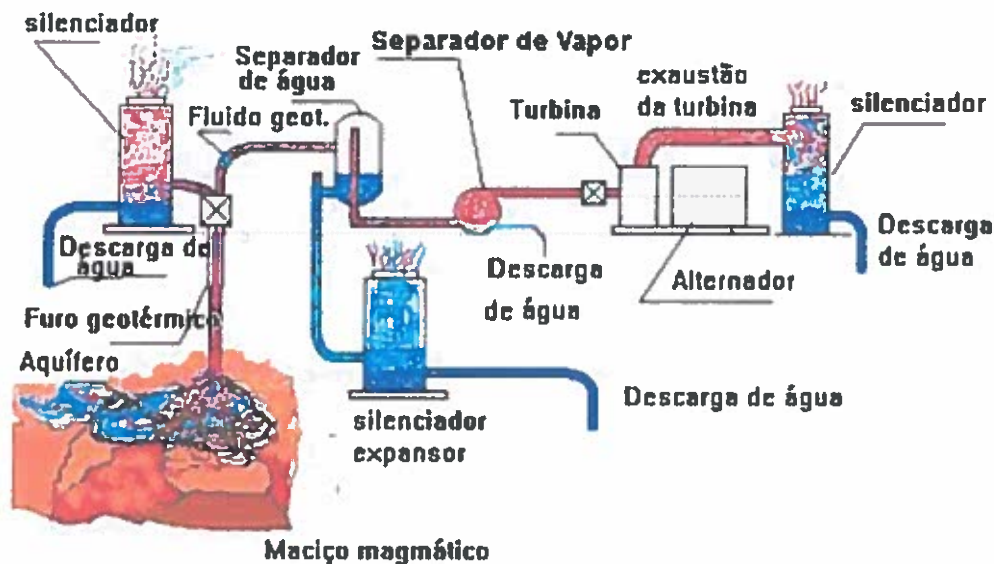


Figura 4.2-1 Esquema de Funcionamento sistema directo, da Central Geotérmica do Pico Vermelho (1984)

Fonte: (Arena, 2007)

O sistema directo, apenas a componente vapor do fluido geotérmico, é aproveitada para o funcionamento da turbina a componente líquida ou é reinjectada no poço ou utilizada no

âmbito de outras aplicações como a climatização. A utilização destes sistemas dadas as tecnologias existentes não é aconselhável, pelo seu baixo aproveitamento do recurso geotérmico.

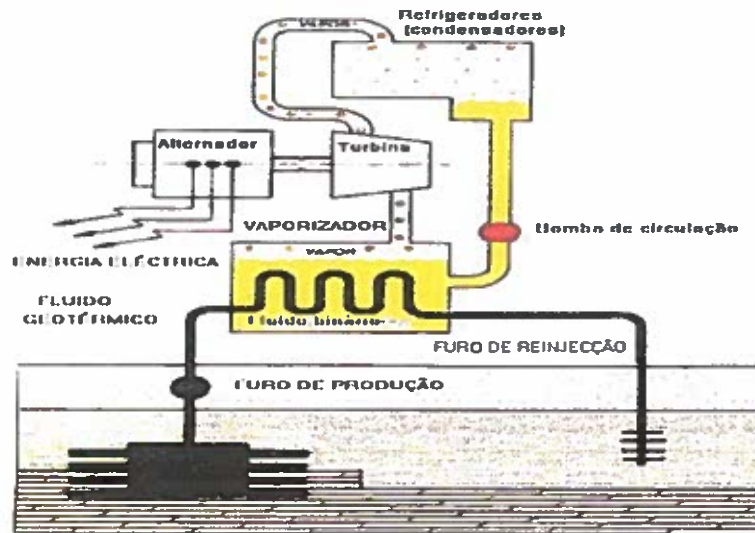


Figura 4.2-2 Esquema de funcionamento da Central Geotérmica Industrial (Utilização de fluido intermédio)

Fonte: (Arena, 2007)

No pressuposto que o fluido geotérmico utilizado tem cerca de 20% de vapor de água e 80% de gases incondensáveis o sistema industrial tem uma rentabilidade já que tira maior proveito da energia disponível (Arena, 2007).

Das tecnologias de aproveitamento geotérmico para produção de energia eléctrica, podem de um modo geral, descrever-se em dois processos:

- **Ciclo Convencional:** do fluido geotérmico a parte líquida é separada da gasosa sendo esta última utilizada para mover a turbina, sendo posteriormente lançado na atmosfera, ou condensado em torres de refrigeração, para se obter um maior rendimento do sistema ou ser utilizado noutros processos tais como aquecimento de habitações, águas sanitárias e estufas.
- **Ciclo Binário:** neste sistema é utilizado um fluido intermédio “de trabalho” para transferência de energia, que se encontra num circuito fechado não existindo contacto directo entre este e o fluido geotérmico. O fluido “de trabalho” que é aquecido nos

permutadores de calor, vaporiza-se e expande-se nas turbinas, em seguida é arrefecido e condensa e por intermédio de uma bomba reinicia o ciclo. Neste processo temos a possibilidade de utilizar um fluido com temperaturas de evaporação e condensação inferiores à água, permitindo o funcionamento do sistema a temperaturas inferiores a 100 °C.

Nos últimos anos assistiu-se ao rápido crescimento da produção de electricidade a partir de fluidos geotérmicos de baixa entalpia, através de sistemas com centrais binárias. (...). O uso do fluido intermédio, permite uma maior rentabilidade do processo em aplicações na gama inferior de temperaturas do segmento de alta entalpia.

Cerca de 50% das centrais geotérmicas instaladas no mundo utilizam já a tecnologia binária. (Carvalho, et al. *cit In ISI/ISTB e B*, 2004 p. 98)

A tecnologia actual permite que se produza electricidade a baixa temperatura, a partir de fluidos da ordem de 100°C, como os que se encontram em bacias sedimentares profundas ou em certas áreas de rochas cristalinas. (Carvalho, et al. *cit In ISI/ISTB e B*, 2004 p. 99)

Dentro do âmbito dos ciclos binários (utilização de 2 fluidos) temos o Ciclo Rankine e Ciclo Orgânico de Rankine, cujo funcionamento pode ser dividido em 4 processos: (Jesus, 2007)

- O fluido é bombeado com uma bomba de uma pressão baixa para uma pressão alta;
- O fluido já pressurizado entra na caldeira onde é aquecido, a pressão constante, pelo fluido geotérmico até se evaporar;
- O vapor expande-se e passa por uma turbina que gera energia eléctrica;
- O vapor entra num condensador, onde é arrefecido até passar ao estado líquido saturado. Este líquido volta a ser bombeado e o ciclo repete-se.

No ciclo Rankine podemos utilizar vários fluidos de trabalho entre os quais indicamos a água, mas podemos utilizar outros fluidos como iso-pentano, neopentano ou HFCs, com pontos de ebulição, 36 °C, 28 °C, 9,5 °C e 15,3° C respectivamente. (Jesus, 2007).

A central geotérmica de Ribeira Grande nos Açores, utiliza o sistema binário segundo o ciclo de Rankine, onde é utilizado um fluido “de trabalho” orgânico (normal-pentano), para o qual é transferido o calor do fluido geotérmico. Posteriormente o fluido geotérmico é reinjectado na sua totalidade no poço CL4. A central tem demonstrado um bom desempenho ao longo dos anos (Sogeo, 2007).



Figura 4.2-3. Ribeira grande Central Geotérmica

Fonte: (Sogeo, 2007)

No Ciclo Orgânico de Rankine com tecnologia OCR aproveita as potencialidades expansivas e regressivas do líquido orgânico que passa ao estado gasoso a baixas temperaturas. Todo o processo trabalha temperaturas baixas o que é relevante já que não é necessário o dispêndio de grande energia para compressão, baixando substancialmente os custos relativamente à tecnologia de alta pressão, o que permite a produção de energia eléctrica para diferenças de temperaturas entre a fonte quente e a fonte fria na ordem dos 100 F, o que permite a sua aplicação na estação Geotérmica de Chaves, como referido:

Com diferenças de temperatura, entre a fonte quente e a fonte fria da ordem dos 100 F, já é possível, utilizando a tecnologia ORC a produção de energia eléctrica. No caso da estação geotermal de Chaves, temos diferenças de

temperatura entre a fonte quente e fonte fria da ordem dos 109 F, sendo assim uma tecnologia que poderá servir os objectivos propostos. (Jesus, 2007)

Outro aspecto positivo da central de tecnologia ORC prende-se com a manutenção, dada a simplicidade do seu funcionamento não havendo necessidade de ser supervisionada, assim como a sua estrutura é facilmente transportável e instalada, o que torna extremamente versátil e de fácil uso para outros fins.

A tecnologia de ORC está a ser desenvolvida cada vez mais para aplicações individuais de baixa temperatura, o que até agora não acontecia, tendo principalmente vindo a ser utilizada para a co-geração energética, com papel secundário. (Jesus, 2007)

Na Tabela 4.2-2, encontramos uma lista de 25 países que produzem electricidade por geotermia, numa capacidade total de 7972 MW em 2000 que passou no final de 2003 para 8402 MWe. (Huttrer, 2001).

Nos países em desenvolvimento, existe a tendência em investir na energia geotérmica ao longo dos últimos anos, segundo:

No período de cinco anos entre 1975 e 1979 a capacidade instalada de energia geotérmica eléctrica nestes países aumentou de 75 para 462 MW e, até ao final do próximo período de cinco anos (1984) este número tinha chegado 1495 MW e, apontando para uma taxa de aumento durante estes dois períodos de 500% e 223%, respectivamente (Dickson, et al., 2004).

Destacam-se com aumentos percentuais significativos no período de 1995 a 2000, Islândia (240%), Portugal (220%), Costa Rica (159%) e Rússia (109%).

Tabela 4.2-2 Energia Geotérmica e capacidades instaladas em todo o mundo a partir de 1995 a 2000 (de Hutterer, 2001) e no final de 2003.

Pais	1995 (MW e)	2000 (MW e)	1995-2000 (aumento de MW e)	% aumento (1995-2000)	2003 (MW e)
Argentina	0,67	-	-	-	-
Australia	0,15	0,15	-	-	0,15
Áustria	-	-	-	-	1,25
China	28,78	29,17	0,39	1,35	28,18
Costa Rica	55	142,5	87,5	159	162,5
El Salvador	105	161	56	53,3	161
Etiópia	-	7	7	-	7
França	4,2	4,2	-	-	15
Alemanha	-	-	-	-	0,23
Guatemala	-	33,4	33,4	-	29
Islândia	50	170	120	240	200
Indonésia	309,75	589,5	279,75	90,3	807
Itália	631,7	785	153,3	24,3	790,5
Japão	413,7	546,9	133,2	32,2	560,9
Quênia	45	45	-	-	121
México	753	755	2	0,3	953
Nova Zelândia	286	437	151	52,8	421,3
Nicarágua	70	70	-	-	77,5
Papua Nova Guiné	-	-	-	-	6
Filipinas	1227	1909	682	55,8	1931
Portugal	5	16	11	220	16
Rússia	11	23	12	109	73
Tailândia	0,3	0,3	-	-	0,3
Turkey Turquia	20,4	20,4	-	-	20,4
E.U.A.	2816,7	2228	-	-	2020
Total Total	6833,35	7972,5	1728,54	16,7	8402,21

Fonte (Hutterer, 2001)

No período de 1995 a 2005 (5 anos) o investimento mundial em geotermia para produção de energia eléctrica aumentou em 1139,15 MWe.

Portugal está em 17º lugar com uma produção de 16 MWe, no qual se destaca o E.U.A, com 2020 MWe.

O futuro aponta para o desenvolvimento de tecnologias ‘Hot Dry Rock’ (HDR). que envolvem a extracção do calor a profundidades elevadas (4 a 5 Km) com fracturação do maciço rochoso, onde se registam altas temperaturas. Projectos com a utilização desta Tecnologia estão a ser desenvolvidos em diversos países com E.U.A (em Los Alamos), Austrália, França, Japão (Carvalho, et al., 2004) Do Projecto Europeu HFR que se esta a efectuar em Soultz-sous-Forêts na Alsácia, no ‘graben’ do Reno, foi executado em 2001, uma estação experimental de 3 furos com 5Km, (um de injeção e 2 de produção). Espera-se ver demonstrada a viabilidade económica desta solução (Carvalho, et al., 2004).

O sistema binário com ciclo de Kalina, onde o fluido “de trabalho” usado é a água e amónia, é mais eficiente que o existente ORC, nas centrais geotérmicas de energia, mas de concepção mais complexa (Dickson, et al., 2004).

A Geotermia apresenta-se de grande interesse económico, pois têm o custo unitário de investimento mais baixo actualmente (2 a 10 €/KWh, para produção de energia eléctrica e de 0,5 a 5 €/KWh na utilização directa de calor), conforme referido na Tabela 4.2-3 e Tabela 4.2-4 respectivamente.

Tabela 4.2-3 Custos de investimento energético e produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis.

	Actual custo da energia €/kWh	Custo energético potencial no futuro €/kWh	Custo investimento Global €/kW
Biomassa	5 - 15	4 - 10	900 - 3000
Geotérmica	2 - 10	1 - 8	800 - 3000
Vento	5 - 13	3 - 10	1100 - 1700
Solar (fotovoltaica)	25 - 125	5 - 25	5000 - 10 000
Solar (térmica electricidade)	12 - 18	4 - 10	3000 - 4000
Marés	8 - 15	8 - 15	1700 - 2500

Fonte (Fridleifsson, *cit. In* Dickson, et al 2004)

Nota: Considerado 1 US Dólar = 1 €

Tabela 4.2-4 Energia e dos custos de investimento directo de calor a partir de energias renováveis

	Actual custo da energia €/kWh	Custo energético potencial no futuro €/kWh	Custo investimento Global €/kW
Biomassa (incluindo o etanol)	1 - 5	1 - 5	250 - 750
Geotérmica	0,5 - 5	0,5 - 5	200 - 2000
Vento	5 - 13	3 - 10	1100 - 1700
Solar térmico baixa temperatura	3 - 20	2 - 10	500 - 1700

Fonte (Fridleifsson, *cit. In* Dickson, et al 2004)

Nota: Considerado 1 US Dólar = 1 €

CONCLUSÃO

Um edifício projectado sem técnicas especiais de aproveitamentos passivos tem ganhos solares, de 20%. Caso tenha existido na concepção do edifício pela parte do projectista, preocupação de aplicação das técnicas de aproveitamento passivo, o valor de 20% sobe para 40% o que se traduz numa poupança de 7% do consumo global de energia eléctrica.

Os aproveitamentos passivos de energia, descritos nesta monografia e outros que se tenham omitido, são facilmente identificados nas construções tradicionais das regiões do globo terrestre que se têm desenvolvido ao longo dos séculos, permitindo a sobrevivência da espécie humana nas regiões mais agrestes. O futuro passará pela criatividade na aplicação dessas técnicas de aproveitamento passivo de energia, com materiais tradicionais (naturais ou outros mais eficientes, de origem artificial), para melhoramento do conforto dos seus habitantes, com o consumo mínimo de energia eléctrica nas habitações. Pois só deste modo é possível construir um futuro sustentável, face ao crescimento demográfico da população e às suas exigências a nível de conforto e à redução das reservas fósseis de energia.

O desafio é sem dúvida cultural, pois hoje em dia temos tecnologias que já atingiram maturidade que as tornam tecnicamente viáveis, apesar do seu investimento inicial ser mais elevado. A execução de parede de trombe é mais cara que um conjunto de aquecedores, mas no futuro vai revelar-se mais barata, pois a sua energia térmica que transmite à casa é gratuita e limpa, inesgotável já que permanece enquanto existir o edifício.

Haverá necessidade de promover esses métodos de construção começando pela formação dos próprios projectistas nesse sentido, premiando a inovação nessa. A nível económico, criando suporte financeiro ou implementando incentivos fiscais, para quem constrói, de modo a ultrapassar o investimento inicial.

A energia Geotérmica possui características particulares que a tornam competitiva com as energias tradicionais e outras energias renováveis.

- Aproveitamento de recursos endógenos (só 1% do planeta está a temperaturas

inferiores a 100%)

- Contribui para a redução das emissões dos Gases de Efeito de Estufa
- As emissões gasosas das centrais geotérmicas podem-se considerar naturais, como as que se ocorrem permanentemente em qualquer região (géisers). Com aplicação das novas tecnologias como os ciclos binários, as emissões podem ser consideradas reduzidas e mesmo desprezáveis.
- As centrais geotérmicas operam continuamente, sem constrangimentos (as hídricas, eólicas, solares, ... dependem das condições meteorológicas).
- Vantagem económica, já que tem o menor custo de produção do KWh, assim com baixo custo unitário de investimento inicial relativamente a outras fontes de energias renováveis.

A utilização da energia Geotérmica é perfeitamente compatível com desenvolvimento sustentável, já que preserva os recursos naturais e a qualidade do ambiente. Os recursos geotérmicos permitem-nos garantir produção de energia eléctrica de forma estável e segura, satisfazendo as exigências dos consumidores.

Para terminar poderemos referir que não há futuro que não passe pela utilização das energias renováveis, pois permitem-nos preservar o nosso património natural que é a terra.

Bibliografia

- ACDS. (2007). ACDS - Energia e Geotermia. [Em linha]. Disponível em http://www.construircasa.com/cc/artigocasa.asp?cod_artigo=135. [Consultado em 11/06/2008]
- Acoforado, M.j., Lopes,A., Andrade,H. e Vascoceles,J. (2006). *Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa*. Lisboa; Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa.
- Allard, F. (1998). *Natural Ventilation in Buildings*. London: James & James.
- Amorim, C. N. (2002). Iluminação natural e eficiência energética Parte I: Estratégias de Projeto para uma arquitetura sustentável. [Em linha]. Disponível em <http://www.unb.br/fau/qualilumi/index.htm>. [Consultado em 07/07/2007]
- Arena. (2007). Energia Geotérmica. [Em linha]. Disponível em <http://www.arena.com.pt/geotermica.html>. [Consultado em 07/07/2007]
- Baker, N., Fanchiotti, A., e Steemers, K. (1993). *Daylighting in Architecture. A European Reference Book*. London: James and James Editors.
- Carvalho, J. M., e Carvalho, M. (2004). Recursos geotérmicos e seu aproveitamento em Portugal Geothermal resources and applications in Portugal. *In: ISI/ISTB, e B, Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe* (pp. 97-118). Publicacions do seminário d Estudo Galegos.
- CIAR-Ilda. (2007). O que é a Geotermia?. [Em linha]. Disponível em <http://www.ciar-lda.com/geo/vantagens.html> [Consultado em 25/06/2007]

- Costa, L. (2007). Entrevista: Eng.º Luís Costa. [Em linha]. Disponível em <http://www.energiasrenovaveis.com/html/canais/destaques/destaques0405.asp> [Consultado em 25/06/2007]
- Costa, L. R., e Cruz, J. F. (2000). *Geotermia de Baixa Entalpia em Portugal. Situação Presente e Perspectivas de Evolução*. Boletim de Minas - Vol. 37, Nº 2: [Em linha]. Disponível em http://www.igm.pt/edicoes_online/boletim/vol37_2/artigo1.htm [Consultado em 27/06/2007]
- Decreto-lei nº 79/2006 4 Abril. (2006). RSECE. *Diário da Republica*, 67, 2416-2468.
- Decreto-lei nº 80/2006 4 Abril. (2006). RCCTE. *Diário da Republica*, 67, 2468-2513.
- Dickson, M. H., e Fanelli, M. (2004). *What is Geothermal Energy?*, de International Geothermal Association. [Em linha]. Disponível em <http://iga.igg.cnr.it/geo/geoenergy.php>. [Consultado em 13/06/2008]
- Fridleifsson, I. (2004). Geothermal energy for the benefit of the people. *In*: M. H. Dickson, e M. Fanelli, *What is Geothermal Energy* (p. 52). Italy, Istituto di Geoscienze e Georisorse.
- Gomes, Á. (2005). The International PGP Home. Page. [Em linha]. Disponível em <http://lge.deec.uc.pt>. [Consultado em 14/07/2007]
- Gonçalves, H., e Graça, J. M. (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*. Lisboa, DGGE.
- Gonçalves, H., Cabrito, P., e Oliveira, M. (1997). *Edifícios Solares Passivos em Portugal*. INETI-DER.
- Gonçalves, H. (2006). Regulamento Energético dos edifícios. Seminário. “*Certificação Energética e Ambiental dos Edifícios*”. Lisboa, INETI

- GudEnergy. (2007). GudEnergy - Energias Renováveis, Lda.[Em linha]. Disponível em <http://www.gudenergy.com/PagEntrada.htm>. [Consultado em 25/06/2007]
- Hutterer, G. (2001). Geothermics , 30. *In: The status of world geothermal power generation 1995-2000* (pp. 7-27).
- Jesus, J. d. (2007). *The International PGP Home Page*. [Em linha]. Disponível em <http://geothermal.blogs.sapo.pt/4202.html>. [Consultado em 13/07/2007]
- Lanham, A., Gama, P., e Braz, R. (2004). *Arquitetura Bioclimática :Perspectivas de inovação e futuro*. Lisboa, Instituto Superior Técnico.
- Lund J. W. (2001). Geothermal heat pumps. *GeoHeatCenter Bulletin*, 22(I): 1-2
- Leandro, M. (2007). *The International PGP Home Page*, [Em linha] Disponível em <http://www.geocities.com/mleandror/indiceI.htm>. [Consultado em 10/06/2007]
- Lindal, B. . (2001). Industrial and other applications of geothermal energy. *In: H. C. Armstead, Geothermal Energy* (pp. 135-148). Paris, UNESCO.
- Lourenço, C., e Cruz, J. (2005). *Aproveitamentos Geotérmicos em Portugal Continental*, INETI. [Em linha]. Disponível em http://e-geo.ineti.pt/geociencias/edicoes_online/artigos/24.pdf. [Consultado em 06/12/2008]
- Lourenço, M. C. (1998). *Recursos Geotérmicos de Baixa Entalpia em Portugal.*, APRH. [Em linha]. Disponível em <http://www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/076.pdf>. [Consultado em 15/07/2007]
- Majoros, A. (1998). *Daylighting*. PLEA Notes, Note 4. PLEA in Association with Department of Architecture, the University of Queensland, S.V.Szokolay.
- Moita, F. (1987). *Energia Solar Passiva* (Vol. 1 e 2). DGE.

- Nascimento, C., e Gonçalves, H. (2005). *Prémios DGGE 2003 Eficiência Energética em Edifícios*. Lisboa, DGE.
- Oke, T.R. (1987) – *BoundaryLayer Climates*. Routledge, London.
- Oke, T.R. (1988) - Street design and urban canopy layer climate. *In: Energy and Buildings*, 11: 103-113.
- PER. (2007). Dossier: Energia Geotérmica, Portal Energias Renováveis. [Em linha]. Disponível em <http://www.energiasrenovaveis.com/html/canais/destaques/destaques0405.asp>. [Consultado em 26/06/2007]
- PER. (2008). Geotérmica - Estado em Portugal - Actualidade. Portal das Energias Renováveis. [Em linha]. Disponível em http://www.energiasrenovaveis.com/DetailheConceitos.asp?ID_conteudo=19&ID_area=4&ID_sub_area=11. [Consultado em 13/06/2008]
- Pinheiro, F. T. (2007). Universidade do Minho. [Em linha]. Disponível em <http://www.dem.uminho.pt/people/ftp/pdfs/LEGIISITexto6Ventil.pdf>. [Consultado em 15/07/2007]
- Polisol. (2007). Polisol, L.da. [Em linha]. Disponível em <http://www.polisol.pt/EnergiaGeo.html>. [Consultado em 30/06/2007]
- Sailor, D. J.; Lu, L. (2004) - A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas. *In: Energy and Buildings*, 38: 2737-2748.
- Sogeo. (2007). Geotermia em São Miguel, Central Geotérmica da Ribeira Grande. [Em linha]. Disponível em <http://www.cm-ribeiragrande.pt/Default.aspx?Module=Artigo&ID=121>. [Consultado em 07/07/2007]











- Solatube. (2007). Polirigido. [Em linha]. Disponível em <http://www.polirigido.com>.
[Consultado em 11/07/2007]

LISTA ANEXOS

Tabela A - 1 Classificação dos Sistemas Para a Luz Natural - I	A-2
Tabela A - 2 Classificação dos Sistemas para a Luz Natural - II	A-3
Tabela A - 3 Síntese de Aplicação dos Sistemas Passivos (aquecimento)	A-4
Tabela A - 4 Síntese de Aplicação dos Sistemas Passivos (arrefecimento)	A-5
Tabela A - 5 Caudais Mínimos de ar novo no interior de edifícios em Portugal de acordo com o RSECE.....	A-6
Anexo 1 - Glicooling arrefecimento passivo	A-7
Anexo 2 - Glicooling arrefecimento com aquecimento das águas sanitárias em paralelo ...	A-8
Anexo 3 - Glicooling função de aquecimento	A-9
Anexo 4 - Glicooling aquecimento de água	A-10

ANEXOS













Tabela A - 1 Classificação dos Sistemas Para a Luz Natural - I

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PARA A LUZ NATURAL – I												
Categoria	Sistema		Clima	Localização	Critérios para Seleção							
	Tipo/Nome	Desenho			Proteção Solar	Proteção do Ofuscamento	Vista externa	Condução da luz p/ o fundo do ambiente	Uniformidade Iluminação	Economia Luz artificial	Disponibilidade	Produtor, desenvolvedor
1. Sistemas para Passagem da Luz Difusa	1.1 Prateleira de Luz		Climas Temperados, céu encoberto	AL	D	D	S	D	D	D	S	1 2
	1.2 Condução da luz difusa. c/ Elementos Óticos Holográficos		Climas Temperados, céu encoberto	AL AZ	N		S	S	S	S	S	3 4 5
	1.3 Forro Anidólico		Climas Temperados, céu encoberto	ALA	S		S	S	S	S	FT	8
2. Sistemas de Proteção Solar com Passagem da Luz Difusa	2.1 Painéis Prismáticos		Todos os climas	AL AZ	S	D	D	D	D	D	S	6
	2.2 Lamelas Prismáticas Aluminizadas		Climas Temperados	AL	S	S	D	S	S	S	S	6 7
	2.3 Grelha MicroLamela Reflexivas proteção solar		Climas Temperados	AZ	S	S	N	N	S	S	S	6
	2.4 Abertura zenital Anidólica		Climas Temperados	AZ	S	S	N	N	S	S	FT	8
	2.5 Proteção Solar c/ Guia de Luz		Climas quentes, céu claro	AL	S	S	S	D	D	D		10
	2.6 Concentração Elem. Holográficos Óticos		Todos os climas	AL AZ	S	D	S	N	D	S	FT	3,4, 9
	2.7 Reflexão Total c/ Elem. óticos holográficos		Climas Temperados	AL AZ	S	D	S	N	S	S	S	3,4, 5,9

AL: Abertura Lateral; ALA: Abertura Lateral Alta; AZ: Abertura Zenital; S: sim; D: depende; N: Não; FT: em fase de testes; FD: em fase de desenvolvimento

Fonte: (Amorim, 2002)

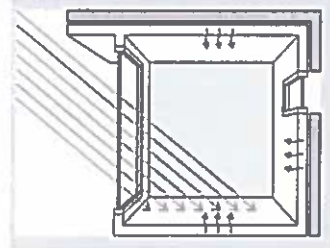
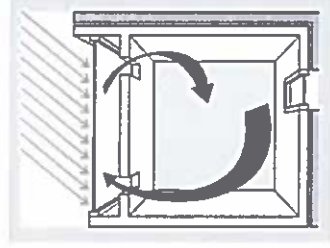
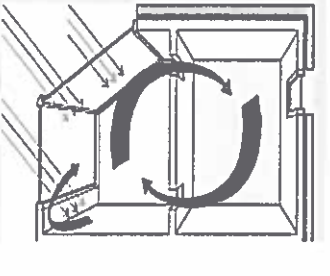

Tabela A - 2 Classificação dos Sistemas para a Luz Natural - II

CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS PARA A LUZ NATURAL - II												
Categoria	Sistema		Clima	Localização	Critérios para Seleção							
	Tipo/Nome	Desenho			Proteção Solar	Proteção do Ofuscamento	Vista externa	Condução da luz p/ o fundo do ambiente	Uniformidade Iluminação	Economia Luz artificial	Disponibilidade	Produtor, desenvolvedor
3. Sistemas que Direcionam a Luz Solar Direta (sem Proteção)	3.1 Laser Cut Panel		Todos os climas	AL AZ	S	D	D	D	D	D	S	10
	3.2 Vidro para Condução da Luz		Climas Temperados	AL AZ		S	D	S	S	S	S	3 4
	3.3 Prateleira de luz p/ redirecionar luz direta		Todos os climas	AL	D	D	S	S	S	S	S	1 2
	3.4 Lamelas Giratórias		Climas temperados	AL AZ	S	S/D	D	S	S/D	S	S	2 9 11 12
	3.5 Persianas p/ Condução da Luz		Todos os climas	AL	S	S	S	D	D	D		10
	3.6 Concent. de Luz c/ Elem. Óticos Holográficos		Todos os climas	AZ		S	S	S	S	S	S	3 4 5
	3.7 Heliostato		Todos os climas, céu claro					S		S	S	15
4. Transporte de Luz	4.1 Condutos de Luz		Todos os climas, céu claro					S	S	S	S	16
	4.2 Fibras óticas		Todos os climas, céu claro					S	S	S	S	17
	4.3 Forro Condutor de Luz							S	S	S	FD	18
	4.3 Zenital c/ Laser Cut Panel		Climas quentes, céu claro, baixas latitudes	AL AZ	D	D		S	S	S	D	10
5. Sistema p/ Distribuição de Luz		Todos os climas	AL AZ		N	N	S	S	S	S	4,5, 13,20, 21,22	

AL: Abertura Lateral; ALA: Abertura Lateral Alta; AZ: Abertura Zenital; S: sim; D: depende; N: Não; FT: em fase de testes; FD: em fase de desenvolvimento


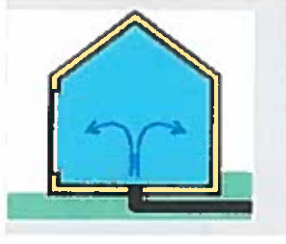
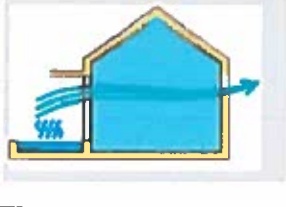
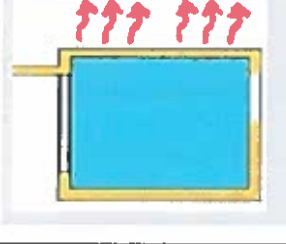
Fonte: (Amorim, 2002)

Tabela A - 3 Síntese de Aplicação dos Sistemas Passivos (aquecimento)

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
Inverno – Estação de Aquecimento	Promover Ganhos Solares		<p>Ganho Directo, promove o aquecimento rápido do espaço. Os vãos envidraçados, devem localizar-se preferencialmente no quadrante Sul</p>
			<p>Ganho Indirecto. A Parede de Trombe absorve energia solar durante o dia fazendo-se sentir o seu efeito com mais intensidade durante a noite</p>
			<p>Ganho desfasado Estufas. Comportamento semelhante - ao da Parede de Trombe, embora exija maior preocupação na sua desactivação durante o Verão</p>
			<p>Ganho separado colector a ar permite a introdução de ar quente em espaços com grandes necessidades de renovação de ar no período de Inverno</p>
	Restringir Perdas por Condução	Isolar Envolvente é condição fundamental em Portugal	
	Promover Inércia Forte	Paredes Pesadas Com isolamento Exterior	

Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 46)

Tabela A - 4 Síntese de Aplicação dos Sistemas Passivos (arrefecimento)

Estação	Estratégias Bioclimáticas	Sistemas Passivos	
Verão – Estação de Arrefecimento	Restringir Ganhos Solares	Sombrear Envidraçados	
	Restringir Ganhos por Condução	Isolar Envolvente	
	Ventilação		Ventilação natural
	Arrefecimento pelo Solo		O edifício é arrefecido por contacto com o solo e o ar exterior é arrefecido no solo e introduzido no edifício
	Arrefecimento Evaporativo		Promover ventilação com pequenas velocidades de ar através de fontes, espelhos de água, etc. ...
	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	


Fonte: (Gonçalves, et al., 2004 p. 47)

Tabela A - 5 Caudais Mínimos de ar novo no interior de edifícios em Portugal de acordo com o RSECE

Tipo de Actividade	[m ³ /(h.ocupante)]	[m ³ /(h.m ²)]
RESIDENCIAL		
Salas de estar, quartos	30	
COMERCIAL		
Salas de espera	30	
Lojas de comércio		5
Áreas de armazenamento		5
Vestiários		10
Supermercados	30	5
SERVIÇO DE REFEIÇÕES		
Salas de refeições	35	
Cafetarias	35	35
Bares, Salas de cocktail	35	35
Sala de preparação de refeições	30	
EMPREENHIMENTOS TURÍSTICOS		
Quartos/suites	30	
Corredores/ átrios		5
ENTRETENIMENTO		
Corredores/ átrios		5
Auditório	30	
Zona de palco, estúdios	30	
Café/ Foyer	35	35
Piscinas		10
Ginásio	35	
SERVIÇOS		
Gabinetes	35	5
Salas de conferências	35	20
Salas de assembleia	30	20
Salas de desenho	30	
Consultórios médicos	35	
Salas de recepção	30	15
Salas de computador	30	
Elevadores		15
ESCOLAS		
Salas de aula	30	
Laboratórios	35	
Auditórios	30	
Bibliotecas	30	
Bares	35	
HOSPITAIS		
Quartos	45	
Áreas de recuperação	30	
Áreas de terapia	30	

Fonte: (Pinheiro, 2007)



Anexo 1 - Glicooling arrefecimento passivo



Bomba de calor com arrefecimento passivo



Arrefecimento com aquecimento de água sanitária em paralelo

Arrefecimento passivo (bomba de calor desligada)

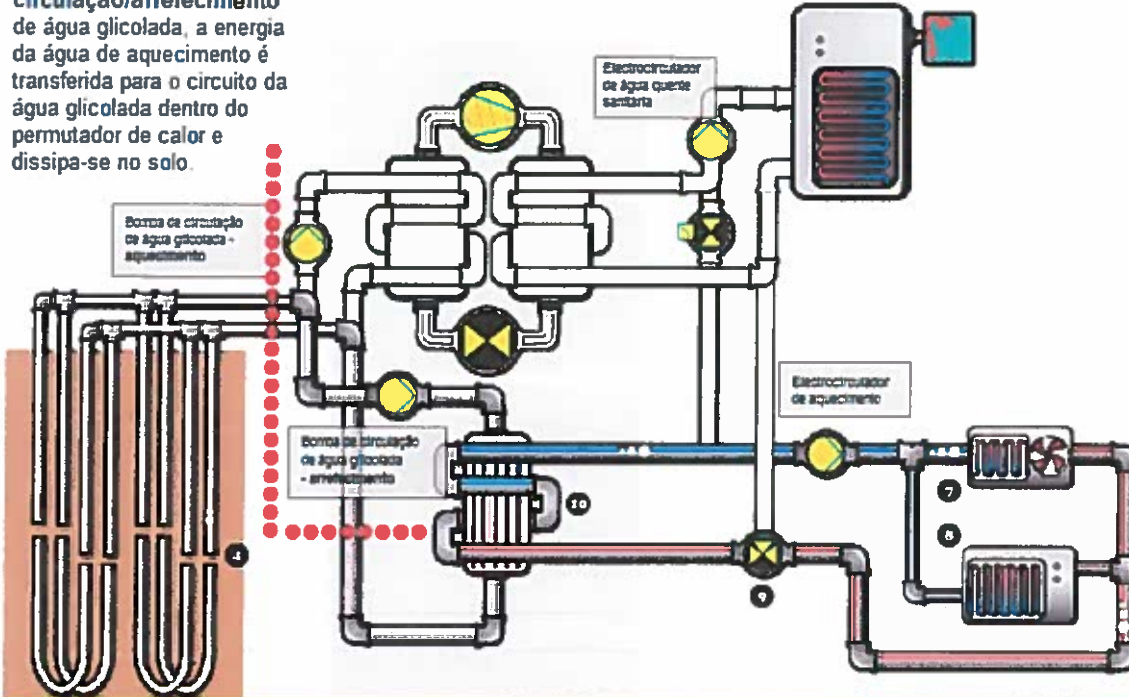




Função de aquecimento

Aquecimento de água





10 Activando a bomba de circulação/arrefecimento de água glicolada, a energia da água de aquecimento é transferida para o circuito da água glicolada dentro do permutador de calor e dissipa-se no solo.





A bomba de calor pode ser ligada para a função de aquecimento ou de arrefecimento. Para mais informações sobre o modo de funcionamento, posicione o rato sobre os diferentes pontos.



Fonte: (Polisol, 2007)

Anexo 2 - Glicooling arrefecimento com aquecimento das águas sanitárias em paralelo

Bomba de calor com arrefecimento passivo

Arrefecimento com aquecimento de água sanitária em paralelo

Arrefecimento passivo (bomba de calor desligada)

Função de aquecimento

Aquecimento de água

5 No evaporador (permutador de calor) a energia captada pela sonda geotérmica é transferida para o fluido frigorífico. Este aquece e evapora-se.

i

A bomba de calor pode ser ligada para a função de aquecimento ou de arrefecimento. Para mais informações sobre o modo de funcionamento, posicione o rato sobre os diferentes pontos.

POLISOL

Fonte: (Polisol, 2007)

Anexo 3 - Glicooling função de aquecimento

Bomba de calor com arrefecimento passivo

Arrefecimento com aquecimento de água sanitária em paralelo

Arrefecimento passivo (bomba de calor desligada)

Função de aquecimento

Aquecimento de água

2 No condensador (permutador de calor) o calor é transferido para o aquecimento central. O agente de refrigeração arrefece e liquefaz-se.

i

A bomba de calor pode ser ligada para a função de aquecimento ou de arrefecimento. Para mais informações sobre o modo de funcionamento, posicione o rato sobre os diferentes pontos.

Fonte: (Polisol, 2007)

Anexo 4 - Glicooling aquecimento de água

Bomba de calor com arrefecimento passivo

Arrefecimento com aquecimento de água sanitária em paralelo

Arrefecimento passivo (bomba de calor desligada)

Função de aquecimento

Aquecimento de água

i O compressor faz com que o fluido frigorífico, que circula em circuito fechado, atinja pressão e temperatura elevadas.

i A bomba de calor pode ser ligada para a função de aquecimento ou de arrefecimento. Para mais informações sobre o modo de funcionamento, posicione o rato sobre os diferentes pontos.

Fonte: (Polisol, 2007)