



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Arquitectura Bioclimática

Perspectivas de inovação e futuro

Seminários de Inovação



Figuras retiradas de “Prémios DGE 2003: Eficiência Energética em Edifícios - Edifício Residencial”

Lisboa, 14 de Junho de 2004

Ana Lanham, LEB (alanham@yahoo.co.uk)
Pedro Gama, DEIC (pedro.gama@gsd.inesc-id.pt)
Renato Braz, LEM (rbraz@mail.ist.utl.pt)

Índice

ÍNDICE.....	2
AGRADECIMENTOS.....	3
I - SUMÁRIO EXECUTIVO.....	4
II- CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: UMA INTRODUÇÃO.....	6
III- A ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....	10
A. O QUE É A ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA?.....	10
B. COMO SE CONSTRÓI “BIOCLIMATICAMENTE”?.....	13
1. <i>Conceitos básicos</i>	14
2. <i>Técnicas de construção bioclimática</i>	19
a. GENERALIDADES.....	20
b. SOLUÇÕES PARA ARREFECIMENTO NO VERÃO.....	23
c. SOLUÇÕES PARA AQUECIMENTO NO INVERNO.....	26
d. VENTILAÇÃO.....	29
e. ILUMINAÇÃO.....	31
f. RECOMENDAÇÕES FINAIS.....	32
3. <i>Tecnologias associadas</i>	33
a. SOLAR FOTOVOLTAICO.....	34
b. SOLAR TÉRMICO ACTIVO.....	36
C. SOFTWARE DE APOIO.....	39
IV- A REALIDADE PORTUGUESA.....	46
A. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR DOS EDIFÍCIOS.....	46
B. A REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS.....	47
C. QUE OBRA EM PORTUGAL?.....	48
D. LEGISLAÇÃO, APOIOS E INCENTIVOS.....	49
E. BARREIRAS E DIFICULDADES.....	53
1. <i>Consciencialização</i>	53
2. <i>Formação e Certificação</i>	53
3. <i>Legislação</i>	54
4. <i>Imagem</i>	54
5. <i>Factor Dimensão</i>	55
F. MEDIDAS A TOMAR.....	55
1. <i>Institucionais</i>	55
2. <i>Sensibilização, formação e informação</i>	56
3. <i>Financiamento</i>	57
V - ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA E INOVAÇÃO.....	58
VI - CASO DE ESTUDO: O PAVILHÃO DE CIVIL.....	60
VII - CONCLUSÃO.....	62
VIII - BIBLIOGRAFIA.....	64

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a algumas pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho:

Ao Prof. Manuel Guedes, pela sua orientação e palavras de encorajamento, que nos permitiram realizar um estudo abrangente sobre uma área para a qual nenhum de nós tinha formação de base.

Aos diversos intervenientes no sector da Arquitectura Bioclimática e Construção Sustentável, que nos apoiaram com as suas explicações e orientações, dos quais destacamos: o Dr. Helder Gonçalves, do INETI, o Prof. Moret Rodrigues, do IST, a Eng. Isabel Anselmo, da ADENE, o Eng. Aníbal Lamy, da Renatura e o Arq. António Feio, do 4QStudio.

A todos os oradores dos Seminários de Inovação, pelo inculcar de uma mentalidade de excelência.

Por fim um agradecimento especial ao Eng. António Guterres, por todo o esforço na organização dos Seminários de Inovação, e promoção de uma verdadeira cultura interdisciplinar nos trabalhos a realizar.

Confiamos que este trabalho reflecta o nosso interesse neste tema, demonstrando que esta é uma área com um enorme potencial que merece ser uma aposta forte para o futuro de Portugal!

I - Sumário Executivo

A arquitectura bioclimática, sobre a qual baseamos este trabalho, pode ser definida como a projecção e construção de um edifício tendo em conta a análise do contexto climático em que este se insere, promovendo consequentemente uma melhoria das condições de conforto e uma minimização do consumo energético. Este tipo de arquitectura, é então um instrumento que permite manter a viabilidade de um “equilíbrio saudável” na construção, racionalizando tanto os recursos utilizados como os resíduos produzidos.

Visto nenhum dos autores deste relatório ter uma formação científica de base nas áreas visadas, não pretendemos de forma alguma contribuir para a evolução, ou mesmo análise de um ponto de vista técnico, das áreas abordadas, mas sim apresentar uma visão geral do panorama desta área em Portugal. Entendemos no entanto que a própria ausência de conhecimentos técnicos, conjugada com a multidisciplinaridade das licenciaturas dos autores (Eng^a Biológica, Informática e Mecânica) conduziria a uma análise mais neutra e mais livre desta temática.

Pretendemos esboçar um retrato do Universo da Arquitectura bioclimática com o intuito de perceber qual a sua dinâmica de inovação, que quanto a nós, se distingue em duas áreas.

Por um lado, este tipo de Arquitectura é um desafio à criatividade e ao engenho dos seus intervenientes, visto que a própria disciplina se centra na busca de soluções específicas para cada contexto e situação particular. Paralelamente, esta área tem tido uma explosão de interesse ao nível mundial, motivada por uma grande dinâmica de investigação. O desafio deste sector é precisamente que ainda há tanto por fazer, tanto por descobrir, tanto por inovar!

Por outro lado, a própria introdução em Portugal da temática da arquitectura bioclimática perspectiva-se como um factor de inovação, visto o panorama de construção existente ser bastante deficiente nesta vertente, demonstrado aliás pelo facto de só há cerca de três anos se ter formado um Núcleo do Ambiente na Ordem dos Arquitectos. Efectivamente, muitos dos intervenientes nesta área assemelham-se a D. Quixotes lutando contra moinhos de vento, consubstanciados em mentalidades e atitudes interiorizadas ao longo de muitos e muitos anos, em que o factor riqueza se encontra habitualmente associado ao esbanjamento de recursos. Levantou-se a questão de como este tipo de técnicas e tecnologias são abordadas no nosso país e que oportunidades lhes têm sido dadas.

Assim, procurámos apurar quais os benefícios deste tipo de construção que justificam o seu crescente interesse, bem como que tipo de técnicas ou tecnologias envolve. De seguida, tentámos caracterizar o panorama português, com o intuito de perceber brevemente qual o quadro legal ou incentivos que promovem este tipo de construção, quais as barreiras ou entraves com que se deparam os diversos intervenientes desta área e quais

as medidas a tomar para que a situação em Portugal atinja o grau de “business as usual”. Estas informações permitiram-nos realçar os tais dois níveis de inovação mais preponderantes : a inovação ao nível do produto, tão essencial nesta área, e a inovação organizacional, que só agora começa a aparecer, sobretudo em Portugal.

Concluimos que Portugal se encontra numa posição extremamente vantajosa em termos climatéricos para a prática da arquitectura bioclimática, mas efectivamente os intervenientes no sector deparam-se com três obstáculos de vulto: a falta de sensibilização da sociedade portuguesa para a temática da sustentabilidade, a falta de qualificação a todos os níveis da força de trabalho disponível e finalmente a ausência de verdadeira vontade política em promover mecanismos eficazes e consistentes de financiamento a novas tecnologias e processos de inovação nesta área. Estes três factores compõem um ciclo vicioso de que é difícil sair sobretudo quando apenas se ataca um dos factores de cada vez, como tem vindo a ser habitual.

Apesar de tudo, alguns esforços têm sido feitos, sobretudo por impulso de programas comunitários e nacionais, tais como o E4, que apenas pecam por não terem tido um maior impacto social e por não conseguirem que muitas das medidas e recomendações propostas tenham saído do papel. No entanto, importa referir que os novos regulamentos, no que toca ao sector da construção (RCCTE e RCSCE), aguardam neste momento a sua aprovação, o que em conjunto com a aplicação do plano de certificação dos edifícios, será uma medida (verdadeiramente) impulsionadora desta área. Resta agora saber, para quando se deve esperar essa revolução!

Em resumo, uma política governamental consistente e duradoura, focada no combate aos três factores referidos, constituiria um factor decisivo para o avanço da arquitectura ambiental. Não defendemos que seja o Estado o principal interveniente neste sector, pelo contrário, mas cabe-lhe o papel de formação, sensibilização e encorajamento dos seus cidadãos para que se gere uma consciência social que permita o desenvolvimento de Portugal. Ao intervir, o Estado estará a dar o primeiro passo para acabar com o ciclo vicioso referido acima, contribuindo para uma maior sustentabilidade e eficiência na exploração dos edifícios, e por consequência uma maior autonomia energética de Portugal e uma maior preservação ambiental.

II- Construção sustentável: uma introdução

“[...] Sustentabilidade significa sobrevivência, entendida como a perenidade dos empreendimentos humanos e do planeta [...] implica planejar e executar ações [...] levando em conta simultaneamente as dimensões econômica, ambiental e social.[...]” [28]

“The alltogetherness of everything” é uma ideia que exprime o paradigma da ecologia, no sentido em que tudo está relacionado com tudo o resto (Barry Commoner, 1917-, EUA, biólogo, ambientalista). Neste âmbito é importante perceber que o planeta Terra subsiste graças a um “saudável” equilíbrio entre todos os seus componentes num mecanismo a que se chamou o ciclo da vida e que está na origem de todos os ecossistemas.

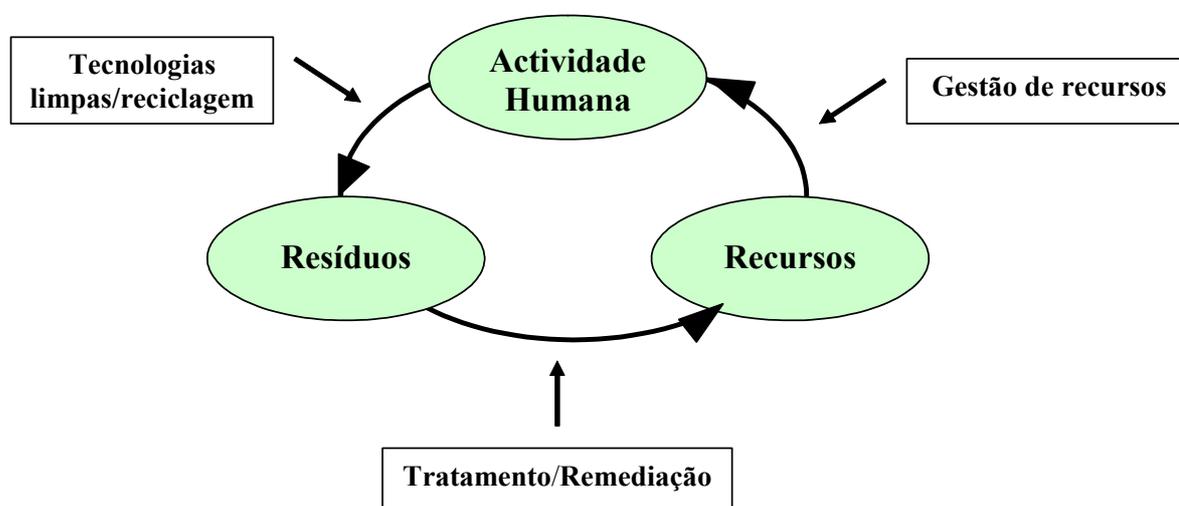


Figura 1: Ciclo da vida

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial será de 8,5 milhares de milhões de habitantes em 2025 e atingirá os 10,2 milhares de milhões em 2100 sendo que os maiores aumentos de população serão nos países menos favorecidos. A par desta evolução demográfica, está também uma forte urbanização: bastião do desenvolvimento económico e social. Estes factores exercem uma enorme pressão no meio ambiente visto esgotarem os recursos e aumentarem os resíduos o que provoca a sobrecarga do biociclo natural levando à inevitável poluição (cf. Figura 1). Este é infelizmente um dos problemas com que a humanidade se tem vindo a debater nas últimas décadas e é claro que é hoje muito mais relevante que há cerca de 10,000 anos em que a população não ultrapassava os 5 a 10 milhões de habitantes. Torna-se então premente conseguir que o ciclo natural na origem da vida seja preservado.

Desta forma têm sido seguidas duas estratégias: melhorar os passos limitantes do ciclo e economizar os recursos. A primeira estratégia envolve políticas de reciclagem, de tratamento de resíduos e eventualmente, num estado já de poluição severa, de remediação*.

A segunda estratégia, com especial ênfase neste trabalho, envolve o aumento da eficiência dos processos utilizados, de forma a que o consumo de recursos seja minimizado. Importa realçar que esta abordagem traz importantes benefícios económicos. Esta estratégia tem sido possível com o aperfeiçoamento tecnológico sendo exemplo disto as importantes reestruturações de que foi e tem sido alvo a indústria a partir dos anos 80, e que permitiu diminuir o consumo de energia, de um rácio de 40% do total consumido nos anos 80 na UE, para apenas 28% do total da energia consumida actualmente [18].

É também vital a sensibilização dos cidadãos para esta problemática, contribuindo com isso para desmistificar a ideia de que o bem estar estão relacionados com o esbanjamento de recursos.

Na área da construção, o fascínio pela técnica e a inconsciência da esgotabilidade dos recursos conduziram a que as boas práticas ancestrais fossem sendo esquecidas, talvez por se pensar que a tecnologia poderia resolver todos os problemas. Entrou-se então numa época em que grande parte dos princípios básicos de construção foram sendo substituídos por interesses económicos ou estéticos e onde foi necessário, para suplantar o desconforto causado, introduzir soluções tecnológicas tais como sistemas de iluminação e climatização artificiais.

Isto levou a que os consumos energéticos dos edifícios, sobretudo em energia eléctrica subissem em flecha, consumos totalmente desnecessários que poderiam ser diminuídos ou mesmo eliminados seguindo outras vias.

Ora esta realidade só começou a ser um problema quando se começou a falar não só da escassez de combustíveis fósseis, mas também do aquecimento global, provocado em grande parte pela emissão de gases de estufa como o CO₂. As emissões em massa deste gás, resultantes essencialmente da queima de combustíveis fósseis quer nas centrais termoeléctricas para produção de energia eléctrica, quer nos meios de transporte, são uma carga para o ciclo do carbono (Figura 2). Como consequência o CO₂ acumula-se na atmosfera, contribuindo assim para a retenção da radiação solar na Terra e consequentemente para o seu aquecimento global.

Por este motivo, e desde que se tomou consciência deste problema, esforços têm sido feitos para diminuir este tipo de emissões, nomeadamente através do protocolo de Quioto, quer no sector dos transportes, quer no sector da energia, dois dos mais problemáticos.

* tratamento de um local contaminado ou poluído, por exemplo um terreno contaminado com resíduos tóxicos, uma praia onde ocorreu um derrame de petróleo etc.

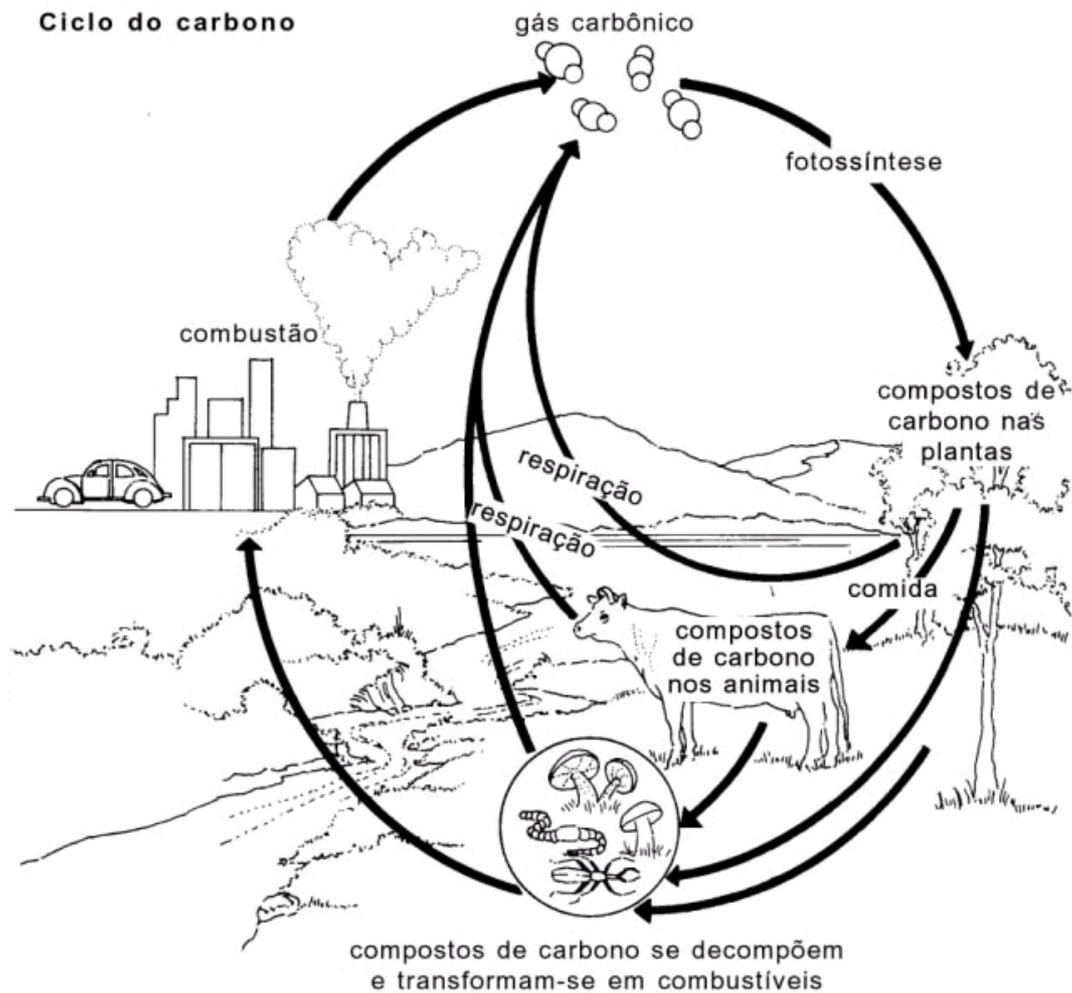


Figura 2: esquema simplista do ciclo do carbono. Importa salientar que a velocidade da formação dos combustíveis fósseis, é claramente inferior à velocidade do seu consumo, sendo este aspecto responsável pela acumulação do CO₂ (aqui, gás carbônico) na atmosfera. Ao se preconizar a utilização de biocombustíveis, como a biomassa ou o álcool, pretende-se aliviar esta sobrecarga utilizando combustíveis cuja velocidade de formação é mais próxima da velocidade do seu consumo [29].

50% dos recursos materiais retirados da natureza e 50% dos resíduos produzidos em cada país estão relacionados com o sector da construção. Em paralelo, cerca de 40% do consumo de energia na Europa está relacionado com os gastos em edifícios. Por estes motivos, e por existirem soluções que minimizam estes desperdícios, o sector da construção tem evoluído no sentido de adoptar e favorecer medidas que minimizem os seus gastos energéticos e os impactos ambientais no meio ambiente de forma a promover um urbanismo sustentável.

A sustentabilidade na construção passa por três medidas essenciais: em primeiro lugar, a melhoria dos projectos em termos de eficiência energética, diminuindo as suas necessidades em iluminação, ventilação e climatização

artificiais, em segundo lugar, a substituição do consumo de energia convencional por energia renovável, não poluente e gratuita e finalmente, em terceiro lugar, a utilização de materiais locais, preferencialmente materiais de fontes renováveis ou com possibilidade de reutilização e que minimizem o impacto ambiental (extração, gastos de energia, consumo de água na sua extração, aspectos de saúde, emissões poluentes etc.). É também de notar, que a construção sustentável pode ainda adoptar outras medidas como sistemas de tratamento de resíduos orgânicos, sistemas de reaproveitamento de água e outros que não vão ser abordados neste trabalho.

Este trabalho pretende tentar compreender de uma forma geral como funciona a arquitectura bioclimática para se conseguir fazer uma análise do seu panorama em Portugal. Desta forma, procuraremos não tanto debruçarmo-nos sobre a parte técnica deste tipo de construção mas sim sobre o desenvolvimento que esta área tem tido em Portugal e o que há a melhorar para que se atinja um grau de desenvolvimento pleno.

III- A Arquitectura Bioclimática

A. O que é a Arquitectura Bioclimática?

A Arquitectura bioclimática consiste em pensar e projectar um edifício tendo em conta toda a envolvência climatérica e características ambientais do local em que se insere. Pretende-se assim otimizar o conforto ambiental no interior do edifício (i.e. o conforto térmico, luminoso, acústico, etc.) utilizando apenas o design e os elementos arquitectónicos disponíveis.

A grande inovação no contexto da Arquitectura Bioclimática resulta então, quanto a nós, de dois grandes factores: da multidisciplinaridade necessária para conceber um projecto eficiente e da sua inserção no tema da sustentabilidade. Ambos estes factores têm sido largamente desprezados na Arquitectura moderna visto por um lado existir de certa forma uma falta de diálogo entre a Arquitectura e a Engenharia e por outro lado existir ainda uma globalização dos critérios arquitectónicos criando um “modelo internacional” que em muitos casos está desenraizado do contexto. A Arquitectura Bioclimática permite integrar várias áreas do saber, criando modelos e projectos únicos para cada situação, podendo considerar, não só os aspectos climáticos como também aspectos ambientais, culturais e socio-económicos.

Com as suas raízes no empirismo das regras de boa arte dos nossos antepassados, a arquitectura bioclimática surgiu numa altura em que a não existência de tecnologias que pudessem responder às necessidades de climatização e de iluminação obrigavam a uma construção eficiente e inserida no clima circundante. É ainda de notar que nessa altura os materiais utilizados eram os materiais locais, o que permitia uma diversificação e uma exploração limitada de cada tipo de material.

Exemplos deste tipo de construção são visíveis em algumas casas no Alentejo, em que o facto de estas estarem todas em banda, com ruas estreitas, permitia um maior sombreamento e as paredes grossas pintadas de branco permitiam uma maior inércia térmica do edifício e uma menor absorção da radiação solar. Outro exemplo bastante conhecido são as casas existentes em países nórdicos com uma inclinação acentuada dos telhados, necessária para permitir que a neve não permaneça em cima deste. Ambos estes exemplos ilustram casos em que com medidas muito simples se promove o conforto tanto de Inverno como de Verão.

Percebe-se assim que um edifício bioclimático não tem que envolver despesas acrescidas visto não precisar de complicados dispositivos tecnológicos. Assim, o seu sucesso depende apenas da experiência, dos conhecimentos e da criatividade do seu projectista. No fundo, a Arquitectura Bioclimática é apenas um rótulo relativamente recente para classificar uma série de atitudes no processo de projecto. A vantagem da existência da Arquitectura Bioclimática enquanto área do saber, é a progressiva sistematização e evolução dos objectivos a que se propõe:

projectar, tendo em conta o aproveitamento energético potencial do local a que se destina.

Existem outras definições relacionadas com este tema, que trabalham no mesmo sentido e que importa distinguir aqui a título de informação:

- **Arquitectura solar passiva:** é muito semelhante à Arquitectura Bioclimática com a única diferença de que apenas lida com os ganhos energéticos provenientes do Sol, enquanto que a Arquitectura Bioclimática pode incluir outras preocupações climatéricas.
- **Design activo ou Arquitectura solar activa:** Lida com meios mecânicos de baixo consumo energético, em geral associado ao uso de energias renováveis: ex. painéis solares, fotovoltaico, sistemas híbridos de arrefecimento por evaporação, etc.
- **Construção Sustentável:** Lida com o impacto ambiental de todos os processos envolvidos na construção de uma casa desde os materiais utilizados até às técnicas de construção passando pelo consumo de energia no processo construtivo e no edifício durante o seu tempo de vida. Este tipo de arquitectura abarca o conceito de arquitectura bioclimática.

É difícil, no contexto deste trabalho, separar estes quatro conceitos e portanto, decidimos abordar a arquitectura bioclimática englobando também a utilização de sistemas activos, leia-se mecânicos, a utilização de energias renováveis, e roçando ao de leve no conceito de arquitectura sustentável.



Figura 3: Moradias em Janas, Sintra. Vencedor do concurso Edifício Energeticamente Eficiente, 2003 [22]



Como benefícios deste tipo de arquitectura, refere-se como factor chave a obtenção de condições de conforto ambiental com o mínimo consumo de energia possível, implicando que os custos de manutenção deste tipo de edifícios em iluminação, ventilação e climatização sejam extremamente baixos. Ao complementar estas medidas com medidas activas de retenção de energia solar, como é o caso dos painéis solares para aquecimento de águas, dos painéis solares-fotovoltaicos para produção de energia eléctrica, ou até mesmo de outras medidas como a produção de electricidade a partir de energia eólica, pode-se conseguir que o edifício seja (quase) auto-suficiente em termos energéticos e com um conforto associado igual ou até mesmo superior ao de um outro edifício convencional.

Como exemplo, podemos citar um dos edifícios vencedores do concurso “Edifício Energeticamente Eficiente 2003”

promovido no âmbito do programa P3E: uma banda de três moradias em Janas, Sintra, cujo desempenho energético permite não haver necessidade de utilização nem de aquecimento nem de arrefecimento artificiais mantendo-se sempre uma temperatura entre os 20 e 25 °C durante todo o ano. Isto utilizando apenas sistemas tão simples como uma boa ventilação e aproveitamento dos ganhos solares no Inverno.

Ao ler estes argumentos, qualquer pessoa de bom senso ficaria bem impressionada e se questionaria por que razão este tipo de técnicas não são mais aplicadas ou têm sido esquecidas.

Uma das razões está relacionada com a velocidade da inovação não permitir o amadurecimento dos processos e produtos. Neste caso o tal fascínio pelas tecnologias e pelas novidades levaram a que a sociedade rapidamente substituísse técnicas antigas e apostasse em novos instrumentos sem haver ainda tempo para se concluir quais os seus reais efeitos. Um exemplo disto é claramente a utilização dos aparelhos de ar condicionado.

Por outro lado, antes existiam as regras de boa arte e os conhecimentos eram transmitidos de mestres para aprendizes, pelo que os implementadores sabiam à partida quais as melhores práticas a utilizar. Hoje em dia esta passagem de conhecimentos informais já praticamente não acontece, razão pela qual se sente no mercado a falta de mão-de-obra qualificada. Esta mão de obra experiente, ainda que tivesse a base dos seus conhecimentos no empirismo, contribuiria hoje para que as regras de boa-arte persistissem e para que não fossem esquecidos princípios básicos de construção, não permitindo os erros que muitas vezes actualmente se cometem. Também na arquitectura, estes princípios foram esquecidos desde o início do século 20. Por essa razão, desde os anos 50 que este tipo de técnicas deixaram de ser parte integrante da formação de um arquitecto, tendo sido de novo retomadas apenas muito recentemente e ainda com algumas lacunas.

Outra questão importante a este respeito tem a ver com o enorme número de variáveis associadas a uma arquitectura bioclimática eficaz, como por exemplo, podemos aumentar a luminosidade de uma divisão com uma maior área de envidraçado, correndo o risco de aumentar exageradamente a temperatura ambiente em virtude de uma maior exposição solar interior. Claramente um ponto de encontro eficiente só pode ser conseguido, aparte uma formação adequada nas técnicas base, com a utilização de ferramentas de modelação e segundo uma perspectiva de experiência/intuição. Já existem muitas ferramentas que permitem atingir soluções de forma rápida e expedita, existindo no entanto alguma falta de conhecimento da sua existência e também porventura uma certa falta de interesse na sua utilização. Mais uma vez a formação tem aqui um papel preponderante, no sentido de se promover e divulgar a utilização de ferramentas que facilitam claramente o trabalho do arquitecto e do engenheiro.

Paralelamente a estes problemas há que admitir que hoje em dia a habitação também obedece a conceitos de moda e consequentemente, tal

como uma senhora se sujeita a usar sapatos com um salto agulha de 15 cm só para parecer mais bonita, esquecendo os efeitos que esse capricho possa ter na sua saúde, também os donos de uma casa comprometem por vezes a “saúde” desta, em prol de uma casa com artifícios estéticos necessários ao seu “sucesso”, reflectindo as posses económicas dos seus donos. Até porque a ideia que ainda vigora na nossa sociedade é de que a economia e a poupança estão associadas à pobreza. Quem tem dinheiro, pode comprar um potentíssimo sistema de ar condicionado!

Por fim, existe ainda um último aspecto que tem a ver com o facto de a abordagem bioclimática ou da utilização de energias renováveis ter tido a infelicidade nas últimas décadas de sofrer de um estigma de disfuncionalidade causado pela má instalação de certo tipo de aplicações, nomeadamente painéis solares, e pela dificuldade do utilizador encontrar apoio técnico competente e eficiente. Em muitas situações, toda a instalação foi mal dimensionada, mal instalada ou mesmo fraudulenta e o utilizador deparava-se com uma despesa enorme que não era rentabilizada, pelo contrário. Hoje em dia, a maior dificuldade com que as empresas nesta área se confrontam prende-se justamente com o cepticismo dos consumidores, pelo tal estigma que ainda rodeia estes conceitos, ou até por no passado se ter associado estas técnicas a fanatismos ecológicos.

B. Como se constrói “bioclimaticamente”?

“...innovation increasingly means the ability to cope with uncertainty in diversified environments...”, [8]

Um dos factores chave para um design passivo eficaz e eficiente é a compreensão de que não existe uma solução óptima e aplicável a todas as situações, mas sim inúmeros mecanismos que devem ser seleccionados no sentido de se encontrar uma solução adequada para determinado local. Alguns dos factores que podem afectar esta escolha são o facto de nos encontrarmos em cidade ou no campo, numa montanha ou numa planície, a quantidade de radiação solar recebida diariamente, etc.

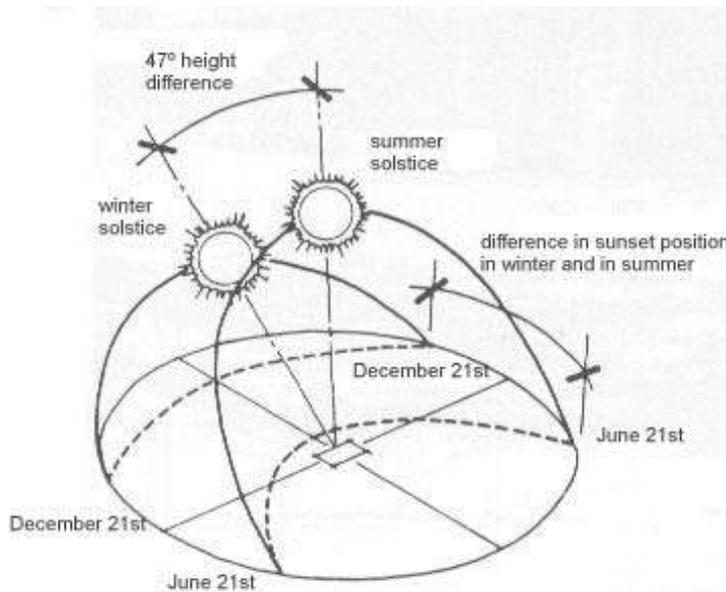
Este trabalho não pretende de todo abordar o lado técnico destas questões, tornando-se no entanto essencial focar alguns conceitos fulcrais. Apresenta-se assim abaixo uma breve introdução sobre os conceitos de base, para de seguida expor algumas das possíveis técnicas e tecnologias utilizadas em Arquitectura Bioclimática.

1. Conceitos básicos

Energia Solar

A energia solar depende de dois factores: a trajectória do Sol e a duração da exposição solar. Sendo o Sol a maior fonte de energia utilizada na arquitectura bioclimática, é muito importante ter uma ideia da sua trajectória e do número de horas de Sol recebidas ao longo do dia e do ano.

É a trajectória solar que define a duração da exposição solar, e o ângulo de incidência dos raios solares que determinam a intensidade da radiação.



No hemisfério Norte (acima do trópico de Câncer), só há dois dias por ano em que o eixo de rotação da Terra é perpendicular ao plano do seu movimento em torno do Sol: o equinócio da Primavera e o equinócio do Outono. Nestes dias, o tempo de dia é exactamente igual ao tempo de noite e o Sol nasce precisamente a Leste e põe-se a Oeste.

Figura 4: Esquema ilustrativo da trajectória solar. Sublinha-se a diferença de trajectória no Inverno e no Verão o que explica a diferença de intensidade da radiação e de tempo de exposição solar nas duas estações. [38]

A energia solar recebida por qualquer superfície pode chegar de três modos distintos: ou por **radiação directa**, a forma de radiação mais intensa, ou por **radiação difusa**, que no fundo é a radiação que foi difundida em todas as direcções pelas moléculas de ar e por partículas que compõem a atmosfera, ou ainda por **radiação reflectida** por outras superfícies. Num dia de céu limpo, a percentagem de radiação que chega ao solo é cerca de 50% da emitida pelo Sol, sendo a percentagem de radiação difusa baixa. No entanto, num dia com nuvens, a radiação difusa pode variar entre 10 a 100% da radiação que chega ao solo.

O ganho solar directo é a forma mais simples de se conseguir aproveitar de forma passiva a energia solar. Pode consistir somente numa habitação com janelas orientadas a Sul, que no Inverno conseguem um ganho solar considerável desta forma, e que no Verão, em virtude de uma posição mais elevada do Sol na sua trajectória, e eventualmente até de um sombreamento sobre a janela, impedem o sobreaquecimento da habitação (Figura 5).

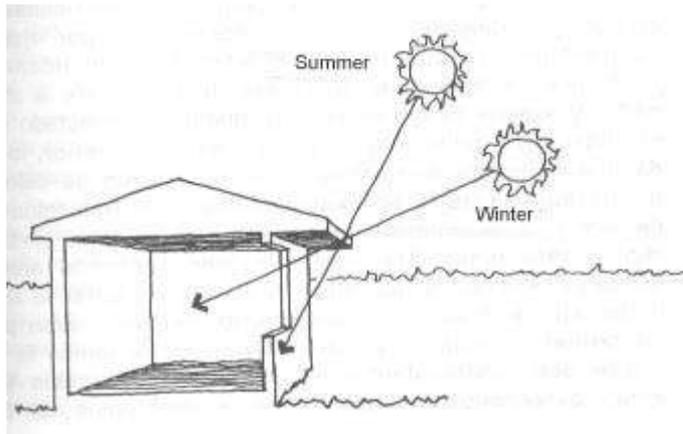


Figura 5: Esquema ilustrando a diferença do ângulo de incidência do sol consoante as estações do ano, o que permite um aproveitamento da energia solar diferenciado consoante a estação. [38]

Temperatura

A temperatura depende essencialmente da radiação solar, do vento, da altitude e da natureza do solo. O Sol aquece a atmosfera indirectamente visto que o solo acumula a energia solar que recebe e reemite o calor por **radiação** e **convecção**. A propagação deste calor é então assegurada ou por **condução**, ou por difusão, através da turbulência do ar, ou seja através do vento. Durante o dia, como resultado de uma maior quantidade de radiação directa incidente, a temperatura tem tendência a subir, acontecendo o inverso à noite.

Para estudar o comportamento térmico de uma casa, torna-se então importante conhecer os modos de transmissão de calor. Como acabámos de ver, o calor transmite-se essencialmente de três modos diferentes:

- **Condução:** O calor propaga-se através de continuidades materiais. Cada material tem o seu coeficiente de condução de calor que indica se o material é bom condutor térmico, ou se por outro lado é um bom isolante.
- **Convecção:** O calor transfere-se de um meio sólido para um fluido que escoar sobre esse sólido. Se este escoamento/movimento tiver uma origem natural, devido a gradientes de temperatura (o ar frio é mais denso e desce, o quente é menos denso e sobe) a convecção chama-se natural. Se a convecção tiver origem em ventos, ou em ventoinhas diz-se que é forçada e é também mais eficiente.
- **Radiação:** Todos os corpos emitem radiação electromagnética cuja intensidade depende da sua temperatura. Este modo não precisa de nenhum meio para se propagar e é o modo através do qual a energia solar alcança a terra.

Humidade

O ar é composto por uma mistura de ar seco e vapor de água. A humidade traduz qual a percentagem de água que o ar contém e o seu valor é influenciado não só pela temperatura do ar mas também pelo volume de precipitações, pela vegetação, pelo tipo de solo e pelas condições climatéricas tais como os ventos e a exposição solar.

A humidade influencia a sensação de bem estar visto que uma das formas do corpo regular a temperatura do corpo passa pela evaporação.

Vento

O vento resulta da deslocação de uma massa de ar maioritariamente na horizontal, de uma zona de alta pressão (massa de ar fria) para uma zona de baixa pressão (zona de ar quente). Vários parâmetros afectam a sua existência e a sua velocidade que, em geral aumenta com a altitude sendo a topografia é um destes factores.

O vento é geralmente uma vantagem no Verão visto que permite arrefecer a atmosfera, mas é uma desvantagem no Inverno visto ser um dos factores que contribui para o arrefecimento dos edifícios por convecção.

Água

Em pequena ou em larga escala as massas de água têm uma grande influência sobre o microclima de um local visto que regulam as flutuações de temperatura agindo como tampões térmicos.

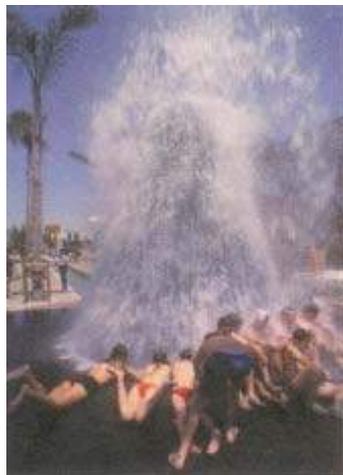


Figura 6: Os vulcões de água na Expo 98, Lisboa. [5]

De facto, a vaporização da água é um processo endotérmico, ou seja retira energia do meio ambiente. Essa energia chama-se energia de vaporização. Assim, quando a água evapora permite um certo arrefecimento da zona circundante.

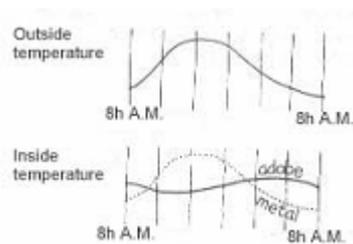
Foram já utilizados por diversas vezes dispositivos que ao pulverizarem um local permitem a diminuição da temperatura de alguns graus. Um exemplo disto são as fontes e jactos de água espalhados pelo recinto da Exposição Universal de Sevilha em 1992 ou os famosos “vulcões de água” da Expo 98 em Lisboa.

A vegetação

A vegetação em arquitectura bioclimática é muito útil visto proteger de forma sazonal os edifícios, refrescá-los através da evapo-transpiração e filtrar o pó em suspensão no ar. Todavia é preciso ter em atenção a escolha das plantas tendo em consideração os objectivos pretendidos ou seja escolher vegetação de folha caduca para sombrear no Verão mas não no Inverno.

Inércia térmica

Um corpo aquece quando a temperatura do meio que o envolve sobe. Se a temperatura sobe lentamente é dito que o corpo tem uma grande inércia térmica enquanto se a temperatura subir rapidamente diz-se que o corpo tem baixa inércia térmica.



Um exemplo deste tipo de comportamento é dado na

Figura 8. Aí, mostra-se a variação da temperatura exterior e da temperatura interior de um edifício para duas situações diferentes: paredes em adobe, um material com grande inércia térmica, e paredes em metal, um material com pouca inércia térmica.

Figura 8: Conceito de atraso [38]

A inércia térmica depende então grandemente dos materiais utilizados na construção do edifício. Um exemplo do tempo de atraso da passagem de energia em função da espessura de vários materiais é dado na Figura 9.

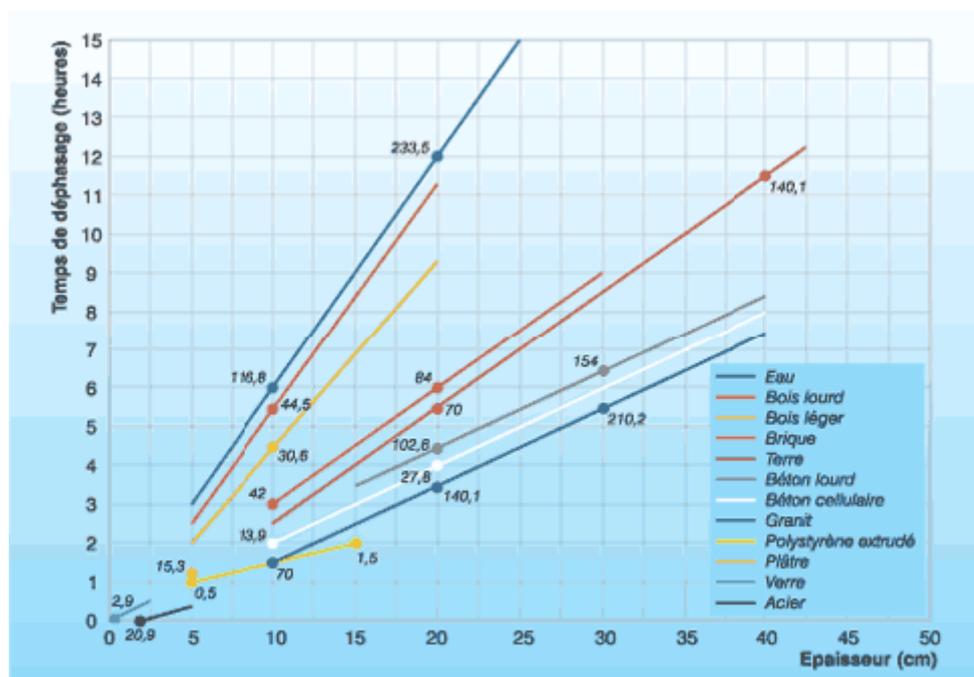


Figura 9: tempo de atraso de diversos materiais de construção em função da sua espessura e da quantidade de calor acumulado para espessuras típicas, em $\text{kJ/m}^2\text{K}$ (segundo E. Gratia). [27]

Este conceito é muito importante em casas bioclimáticas. Se elas tiverem uma baixa inércia térmica vão reagir rapidamente à radiação solar aquecendo rapidamente durante o dia mas também arrefecendo rapidamente à noite. Por outro lado, casas com grande inércia térmica vão-

se manter mais tempo frescas durante o dia, enquanto armazenam calor, que vão libertar lentamente à noite. Deste modo há então dois conceitos que importa referir: atraso (da temperatura interior em relação à temperatura exterior) e amortecimento (os picos de temperatura interior são amenizados).

Conforto térmico

Considera-se que o nosso corpo está em conforto térmico quando, à nossa temperatura corporal normal, a taxa de produção de calor é igual à taxa de perda. Há no entanto vários factores que influenciam o modo como geramos calor tais como a actividade física e mental e o metabolismo mais ou menos rápido e há factores que influenciam a forma como perdemos calor tais como o isolamento corporal natural, as roupas, a temperatura, a humidade e a velocidade do ar.

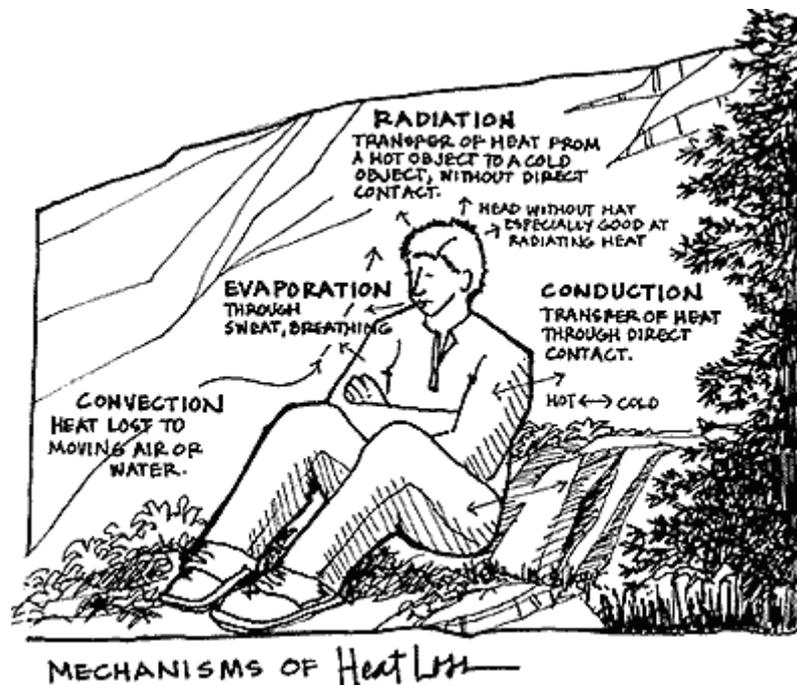


Figura 10: ilustração das trocas de calor entre o corpo e o exterior. [30]

Actualmente, existem “standards” internacionais no que toca ao conforto térmico e que são utilizados globalmente. Os mais utilizados são o ASHRAE 55-92 (1992) e o ISO 7730 (1994). No entanto estes modelos consideram que o conforto térmico é resultante somente de variáveis físicas e fisiológicas, e prevêem as condições de conforto a um nível global o que leva a que os critérios de conforto sejam os mesmos quer se trate de um edifício num país frio ou num país quente.

Ora, hoje em dia, sabe-se que os critérios de conforto não só variam de pessoa para pessoa, como ainda mais de povo para povo e de clima para clima. Existem então já inúmeros estudos sobre algoritmos adaptativos que consideram também o comportamento adaptativo dos ocupantes dos edifícios – quer em termos de acções físicas, quer em termos de adaptação

psicológica (como expectativas), relacionando ambos os factores com o contexto climático [9]. O critério de conforto resultante da aplicação de algoritmos adaptativos é bem mais flexível e realista que os critérios convencionais como o ISO 7730 ou a ASHRAE, podendo a sua aplicação resultar numa diminuição muito significativa do consumo energético à escala mundial.

Efeito de estufa

É o fenómeno em que a radiação entra num local mas não consegue voltar a sair aquecendo assim o local em causa. Locais fechados por vidros são particularmente sujeitos a este fenómeno, visto o vidro ter um comportamento curioso em relação à radiação. O vidro é transparente para a radiação no espectro do visível mas é opaco para radiação com comprimento de onda mais elevado. O que acontece quando os raios solares entram numa casa é que vão aquecer os objectos que depois emitem radiação no espectro do infravermelho (maior comprimento de onda) que não consegue sair, ficando assim a energia retida no interior. Este tipo de efeito é muito útil nas estações frias visto permitir armazenar calor. Exemplos frequentes são precisamente as estufas ou áreas envidraçadas que têm de ser muito bem acauteladas prevendo um sombreamento e ventilação adequada sobretudo em climas quentes.

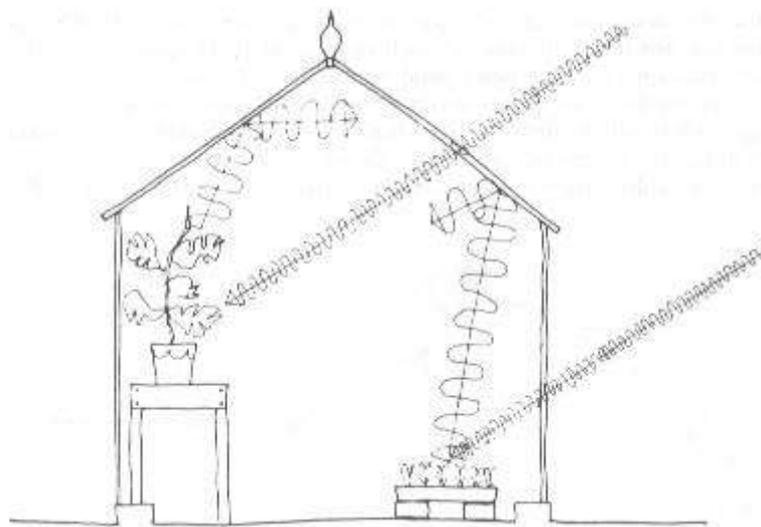


Figura 11: Efeito de estufa. [38]

2. Técnicas de construção bioclimática

Em [4] refere-se um método faseado para a definição da arquitectura de um edifício. Deve-se começar por estudar as características climáticas do local onde se pretende implantar a habitação, seguindo esse estudo por uma análise de quais as localizações específicas que se adaptam a uma utilização eficaz em termos de factores de conforto humano (“bioclimatic chart”). De

seguida devem ser considerados factores técnicos associados a diversas vertentes, como orientação, cálculos de sombreamento, formato da habitação, movimentos do ar e avaliação das temperaturas internas. Finalmente, deve ser realizado um desenho arquitectónico que aproveite os resultados das fases anteriores de forma a contribuir com o plano de uma habitação bioclimática. Este método foca as particularidades regionais em termos de clima e às vezes mesmo de microclima inerentes a cada construção. Como tal, cada projecto bioclimático deve ser analisado isoladamente.

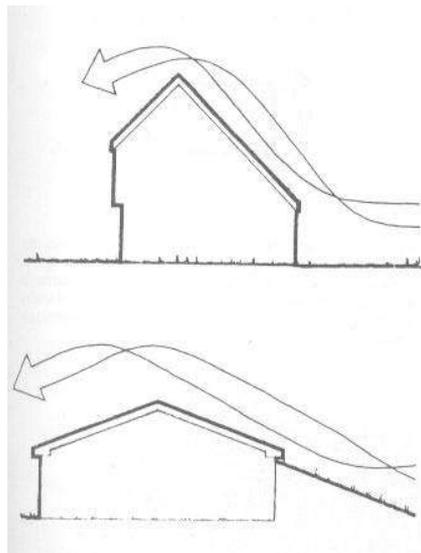
Esta questão da envolvente é crucial no que respeita à Arquitectura Bioclimática, o que significa que já não basta a um arquitecto criar um projecto esteticamente bem conseguido e integrado com a envolvente urbanística, sendo necessário uma completa integração com o meio ambiente (efeitos dos edifícios envolventes em termos de exposição solar e ventos, radiação solar recebida ao longo do ano, etc).

a. GENERALIDADES

Nesta secção pretende-se abordar técnicas e preocupações que devem ser sempre incluídas em qualquer projecto, logo também em Portugal. São conceitos que conferem ao edifício uma boa construção e que permitem resolver muitos dos problemas que afectam os edifícios hoje em dia.

Forma e orientação do edifício

Quanto à orientação do edifício, o mais importante a ter em conta é a exposição solar. Normalmente é importante ter um edifício com a maior fachada voltada a Sul para receber o máximo de energia possível, tendo no entanto sombreamentos programados para o Verão. A orientação do edifício deve também contar com os ventos dominantes e a sua influência na ventilação natural e infiltrações.



A forma do edifício é importante pois influencia a superfície de contacto edifício/externo estando naturalmente relacionada com as perdas e ganhos de calor. Assim, quanto mais compacto for o edifício, melhor (Figura 12).

Também influenciada pela forma do edifício é a exposição ao vento. Uma casa alta é sempre mais exposta que uma casa baixa. No Verão, a exposição ao vento é benéfica porque aumenta a ventilação, mas é prejudicial no Inverno. Conhecendo a predominância dos ventos no Verão e Inverno é possível chegar a um compromisso.

Figura 12: Exemplo da relação entre o formato do edifício e os ventos. [38]

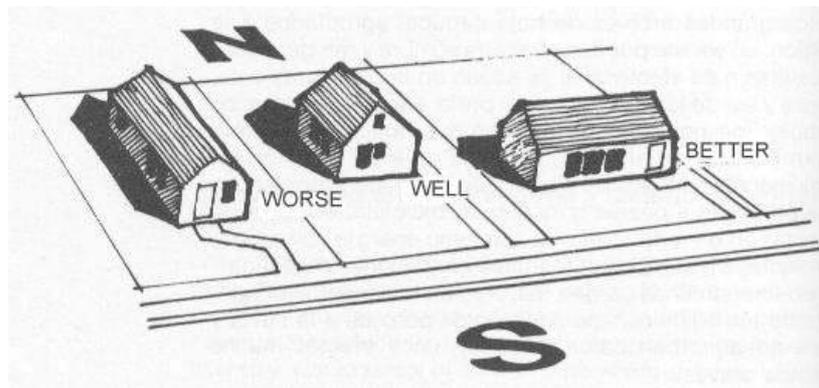
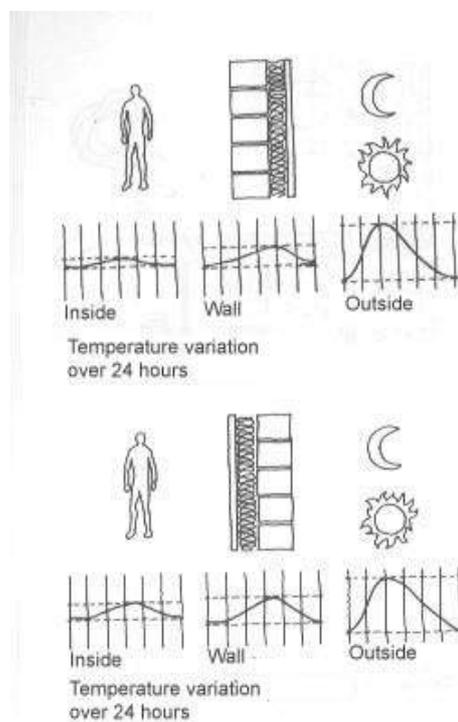


Figura 13: Esquema ilustrativo da correcta orientação de um edifício. [38]

Existem ainda outras particularidades interessantes, tal como a orientação das diferentes divisões de uma casa de forma a proporcionar o ambiente mais adequada à sua função. Por exemplo, a biblioteca deve estar orientada com uma forte componente Norte, visto ser um local em que habitualmente se pretende uma atmosfera fresca e seca, enquanto que a cozinha deve estar orientada com uma forte componente Sul, visto ser esse um local onde uma temperatura elevada é mais habitual.

Massa térmica



A massa térmica é responsável pelo atraso entre o fornecimento de calor e o aumento da temperatura no interior do edifício. Este fenómeno pode ser explorado a diferentes níveis, nomeadamente em associação com um correcto isolamento térmico e ventilação. Numa base diária, durante o Inverno, uma massa térmica estudada leva a que a energia recebida durante o dia se manifeste no interior durante a noite. No Verão a função é idêntica mas o calor pode ser libertado durante a noite para o exterior usando ventilação.

Figura 14: Massa térmica eficiente (em cima): a variação térmica no exterior é elevada mas no interior é pequena; massa térmica menos eficiente (em baixo). [38]

Também é possível este funcionamento em escalas de tempo mais elevadas, mas apenas massas térmicas enormes seriam capazes de tal proeza.

Generalizando, materiais de construção com massas elevadas comportam-se como massas térmicas eficazes.

Em Portugal, este é um factor essencial visto o maior problema de climas quentes, ou neste caso Mediterrâneos é o calor. Consequentemente, uma das preocupações ao construir edifícios é prever mecanismos que consigam evitar a entrada excessiva de calor e que consigam dissipar o calor que entra. Como tal, uma massa térmica elevada, associada a isolamento (preferencialmente externo) deve ser uma estratégia na construção em Portugal para preservar uma temperatura fresca durante o dia e apenas permitir libertação de calor à noite, altura em que se pode utilizar a ventilação nocturna para dissipar esse calor. Esta ventilação nocturna pode ser assegurada por diversos mecanismos sofisticados mas funciona também a partir de uma das técnicas mais antigas e conhecidas: o abrir das janelas durante a noite!

Isolamento

Quanto ao isolamento, este previne a transferencia de calor por condução entre o interior e o exterior do edifício. Esta razão faz do isolamento uma característica essencial tanto no o Verão bem como no Inverno.

Por exemplo, em [24], refere-se que na construção de um edifício, as pontes térmicas devem ser evitadas tanto quanto possível, visto que podem constituir a fonte de até 30% das perdas de calor do edifício (Figura 15).

A preocupação com o isolamento deve ser considerada tanto a nível das superfícies opacas, como também a nível das áreas envidraçadas, visto ser esse um dos principais pontos de absorção e perda de radiação solar, tanto no Verão como no Inverno.

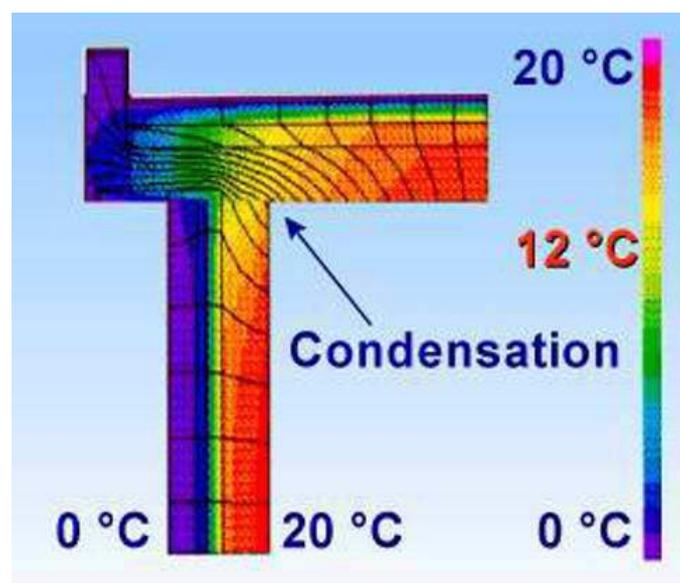


Figura 15: Exemplo de um programa de modelação que permite calcular as pontes térmicas. Note-se que pelo facto de junto ao canto a temperatura ser menor, devido ao efeito de ponte térmica, haver condensação do vapor de água do ar o que propicia os conhecidos “bolores” e “humidades”. [27]

Em termos de reabilitação urbana, é possível e bastante exequível, embora com alguns custos, a reabilitação de um edifício em termos de isolamento térmico, pelo exterior. O grande problema desta técnica é a possibilidade de vandalismo nos andares térreos e/ou acessíveis pelo exterior do edifício visto que não é muito resistente. Esta técnica deve ser implementada com o cuidado necessário de forma a não permitir a perda de calor pelo solo, e a deterioração da instalação nas esquinas dos edifícios.

Mesmo em edifícios novos esta técnica pode ser vantajosa pelo facto de eliminar pontes térmicas nos revestimentos dos edifícios. Este tipo de isolamento exterior já tem sido utilizado por diversas vezes em Portugal, sendo um dos exemplos a “Torre Sul” no Parque das Nações em Lisboa (Figura 16). Também este edifício possui mecanismos que eliminam por completo a necessidade tanto de aquecimento como de arrefecimento artificiais.



Figura 16: Torre Sul no Parque das Nações em Lisboa. [22]

b. SOLUÇÕES PARA ARREFECIMENTO NO VERÃO

Este tema é de fundamental importância para Portugal porque reduziria ou eliminaria qualquer tipo de necessidade de arrefecimento por ar condicionado e consequentemente reduziria em muito as necessidades energéticas em edifícios além de que traria enormes benefícios em termos de conforto.

Protecção da radiação no Verão

Como é obvio, no Verão os ganhos de calor têm de ser reduzidos ao mínimo. Felizmente o Sol encontra-se mais alto durante o Verão o que reduz a sua penetração em vãos voltados a Sul. A utilização de sombreamentos vai reduzir ainda mais esta penetração. Por fim, também o vidro contribui para a redução da captação de energia solar por radiação devido ao seu comportamento. É que a radiação incidente tem mais dificuldades a passar o vidro quanto maior for o ângulo (Figura 18). Para além disso pode-se, hoje em dia, utilizar vidros com diferentes tipos de características, tais como vidros com baixa emissividade o que reduz consideravelmente os ganhos de calor. Por outro lado, o tamanho das janelas ou aberturas é também um

factor de extrema importância no nosso clima. A área de fenestração deve ser cuidadosamente planeada para não ser exagerada e provocar condições de desconforto térmico.

Figura 17: Exemplo de palas fixas numa situação de Inverno (à esquerda) e numa situação de Verão (à direita). [38]

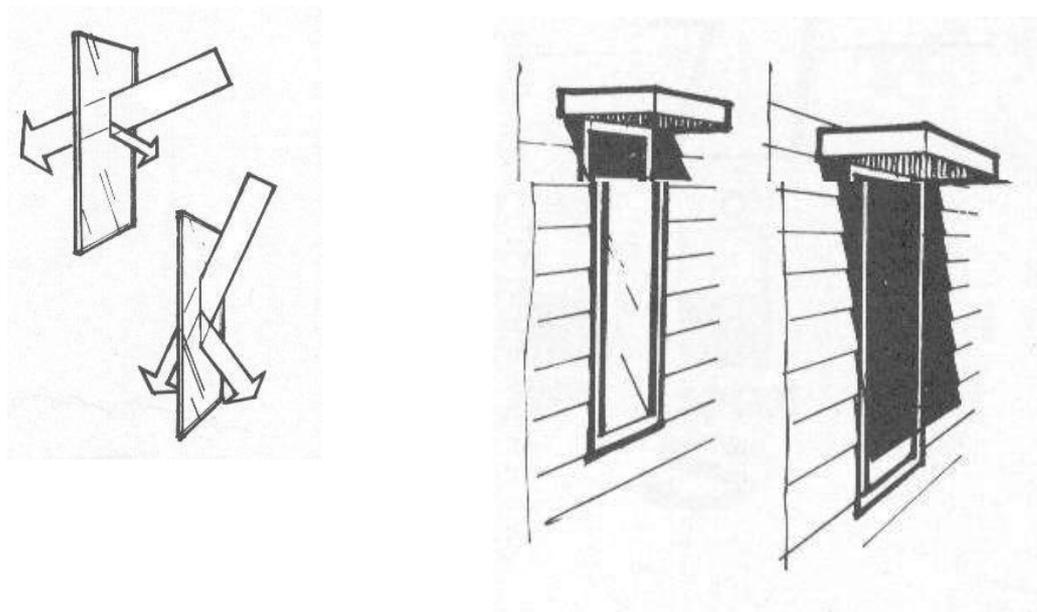
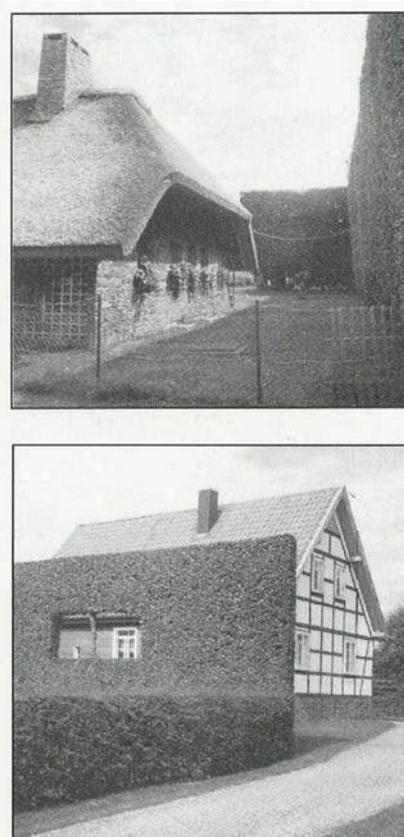


Figura 18: influência do ângulo de incidência da radiação na sua penetração. Inverno (em cima), Verão (em baixo). [38]

No entanto, existem alguns problemas que necessitam uma atenção especial. Por um lado, o solstício de Verão não coincide com os dias mais quentes do ano o que significa que quando os dias mais quentes chegam, o Sol já está mais baixo, penetrando assim melhor nas janelas voltadas a Sul. Por outro lado, os dias são mais longos e com mais Sol que no Inverno. Ou seja, embora se consiga evitar a radiação directa, a difusa e reflectida (das quais já foi falado em cima) permanecem e são também factores importantes no aquecimento dos edifícios.

Entre as técnicas que se utilizam para reduzir a radiação que entra nos edifícios no Verão encontram-se as seguintes:

Figura 19: Exemplos de sombreamentos naturais. [19]



- Pala fixa, que ao estar colocada no local correcto e dimensionada de acordo com as cartas solares, impeça a passagem de radiação directa no Verão sem perturbar muito no Inverno (Figura 17)
- Palas exteriores ajustáveis como estores, portadas ou toldos ou então sombreamento interior como cortinas e cortinados. Apesar dos mecanismos de sombreamento internos serem de manuseamento mais fácil, em virtude da sua acessibilidade, são cerca de 30% menos eficientes do que os mecanismos externos, visto que os primeiros estão localizados no interior do edifício e a reflexão da luminosidade nunca é conseguida a 100%, sendo parte da energia é absorvida pela habitação. Em mecanismos externos a energia é dissipada pela ventilação exterior, constituindo portanto um sistema mais eficiente.
- Estruturas com plantas de folha caduca que promovem sombreamento no Verão e transparência no Inverno (Figura 21)
- Utilização de árvores. Funcionam como sombreamento e ainda promovem o arrefecimento da área através da sua transpiração (Figura 20)
- Utilização de cores claras (idealmente o branco), que não absorvam muita radiação solar.

As fachadas a Oeste e Leste, assim como o tecto estão sujeitas a radiação muito intensa durante o Verão. Assim, devem ser incluídas poucas aberturas nestas zonas e a existir devem ser de pequena dimensão visto a sua única função ser ventilação e iluminação pois não são úteis para captura de radiação no Inverno.

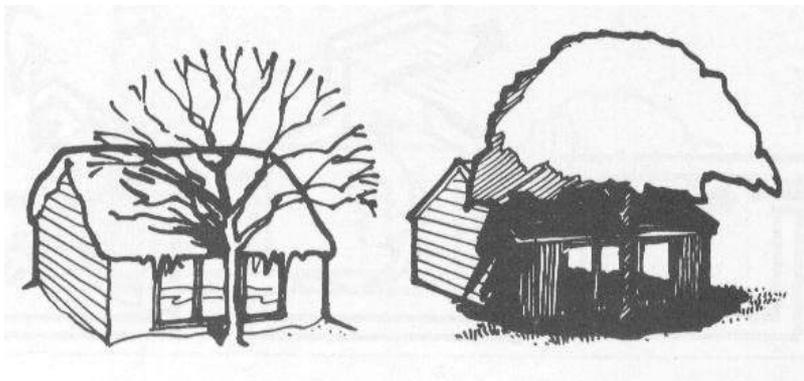


Figura 20: Exemplo de sombreamento com uma árvore de folha caduca no Inverno (esquerda) e no Verão (à direita). [38]

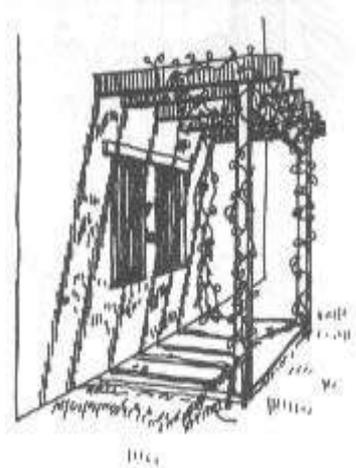
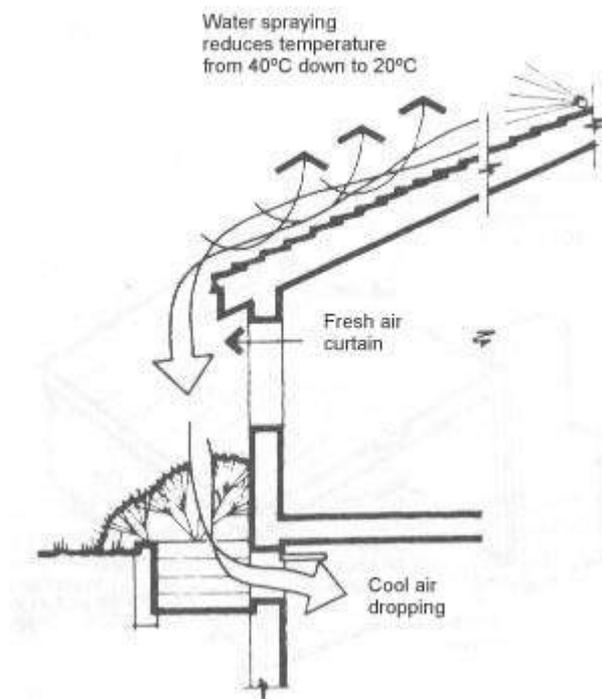


Figura 21: Exemplo de um sombreamento com uma trepadeira. [38]

Sistemas de arrefecimento evaporativo

Como já foi referido a evaporação de água arrefece as zonas adjacentes pelo que podem ser consideradas pequenas fontes e zonas com plantas no projecto do edifício. No entanto muitas plantas vão levar a um aumento da humidade do ar o que pode reduzir o conforto térmico no Verão.

Este tipo de soluções cumprem um papel importante, não só em termos térmicos mas também em termos de conforto psicológico pois são sempre agradáveis esteticamente e produzem um efeito de habitabilidade.



Existem ainda soluções diversas que propõem fontes de água dentro do edifício. Um exemplo disto é a fonte no Pavilhão de Civil do Instituto Superior Técnico, que infelizmente nunca chegou a funcionar.

Para além disto existem inúmeras soluções que podem e devem ser utilizadas sobretudo num clima como o de Portugal. Exemplos são as “roof-ponds” ou sistemas de “roof-spraying”, que tal como os nomes indicam permitem um arrefecimento do telhado, promovendo a dissipação do calor da radiação solar através da evaporação da água.

Figura 22: Exemplo de um sistema de “roof spraying” [38]

c. SOLUÇÕES PARA AQUECIMENTO NO INVERNO

Captação solar

A energia solar é um factor determinante na arquitectura bioclimática. Desde sempre o Sol constituiu um ponto central na vida das comunidades humanas, sendo que todas as habitações eram construídas tendo em vista o ciclo solar, de forma a otimizar o efeito térmico, a higiene e os efeitos psicológicos a si associados. A própria acção germicida da radiação solar levou a que alguns códigos de construção obrigassem à iluminação de todas as zonas habitacionais durante pelo menos 2 horas diárias em 250 dias do ano [19].

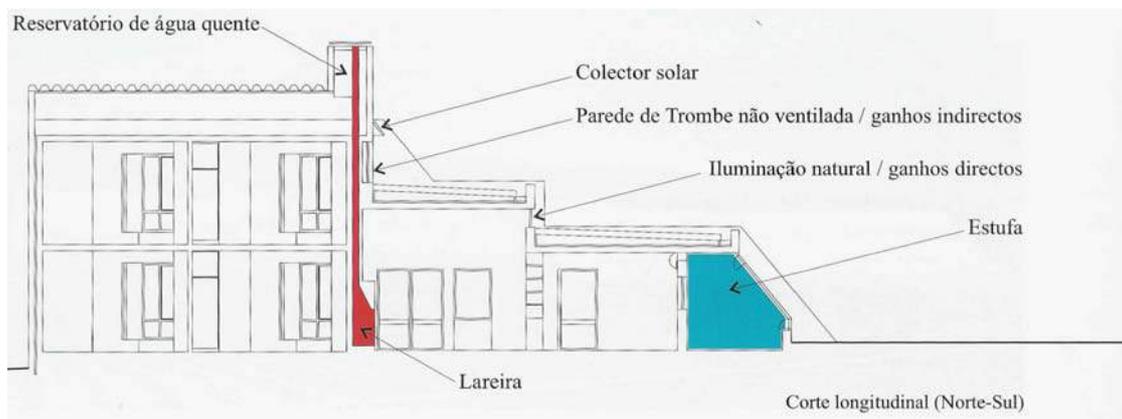
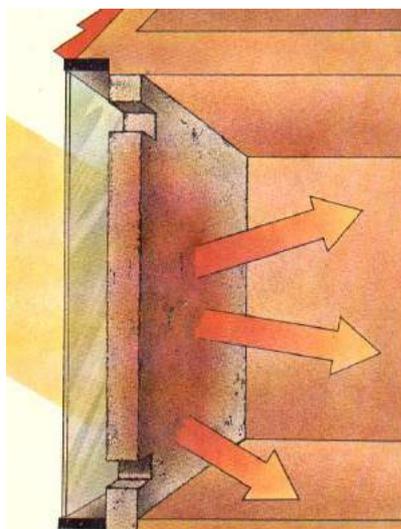


Figura 23: Exemplo de mecanismos de captação solar. [13]

No Inverno, devido à diferença entre a temperatura no interior de um edifício e a temperatura exterior, existem perdas de energia, neste caso de calor, que para manter o conforto térmico necessitam ser compensadas. Num edifício moderno comum, o mais frequente é utilizarem-se sistemas de aquecimento para compensar estas perdas. Ora a Arquitectura Bioclimática propõe precisamente soluções que maximizam os ganhos solares de um edifício para que estes sejam os necessários, ou quase, para compensar as perdas, não havendo então necessidade de recorrer as sistemas de aquecimento artificiais. Estes sistemas incluem, factores tão simples como a orientação do edifício e área de fenestração assim como sistemas mais complexos de captação de energia solar.

Figura 24: Exemplo de uma parede de captação solar. [38]



Os sistemas de captação de energia solar podem ser definidos por dois parâmetros: eficiência (energia retida vs. energia incidente) e atraso (tempo entre o armazenamento da energia e a sua libertação). Os sistemas de retenção classificam-se de directos, indirectos e semi directos.

Nos directos, como no caso das janelas comuns, o Sol penetra directamente no edifício através do vidro, conseguindo-se eficiência máxima e atraso mínimo.

Nos semi-directos, a energia solar passa por um espaço intermédio onde o calor que transita para o interior pode ser controlado.

Nos indirectos, para reter a energia solar recorre-se ao efeito de estufa. A captação da energia dá-se num elemento montado logo após o vidro (com uns centímetros de intervalo) e o calor armazenado desloca-se para o interior por condução, convecção e radiação. Um exemplo são as famosas paredes “trombe” que possuem passagens ajustáveis que permitem

controlar a transferência de calor (Figura 24). Um exemplo da aplicação destas paredes, que felizmente já são utilizadas com alguma frequência, é na “Casa Schäfer” ilustrado na Figura 25.

Sublinha-se que o projecto deve sempre prever sombreamentos e obstáculos para os sistemas de captura de modo a que esta seja mínima no Verão e máxima no Inverno.

É bastante importante ter-se a noção de que em edifícios desenhados sem qualquer preocupação especial, a energia solar contribui com 20% para o seu aquecimento, podendo esse valor aumentar para 40% caso se dedique algum tempo a esta temática quando da concepção do edifício. É impressionante notar que se a preocupação com os ganhos solares associados aos edifícios estivesse generalizada em Portugal (como já acontece em cerca de 10% dos edifícios), a contribuição seria de cerca de 1Mtep, que era em 1997 cerca de 7% do total de energia final consumida!!!

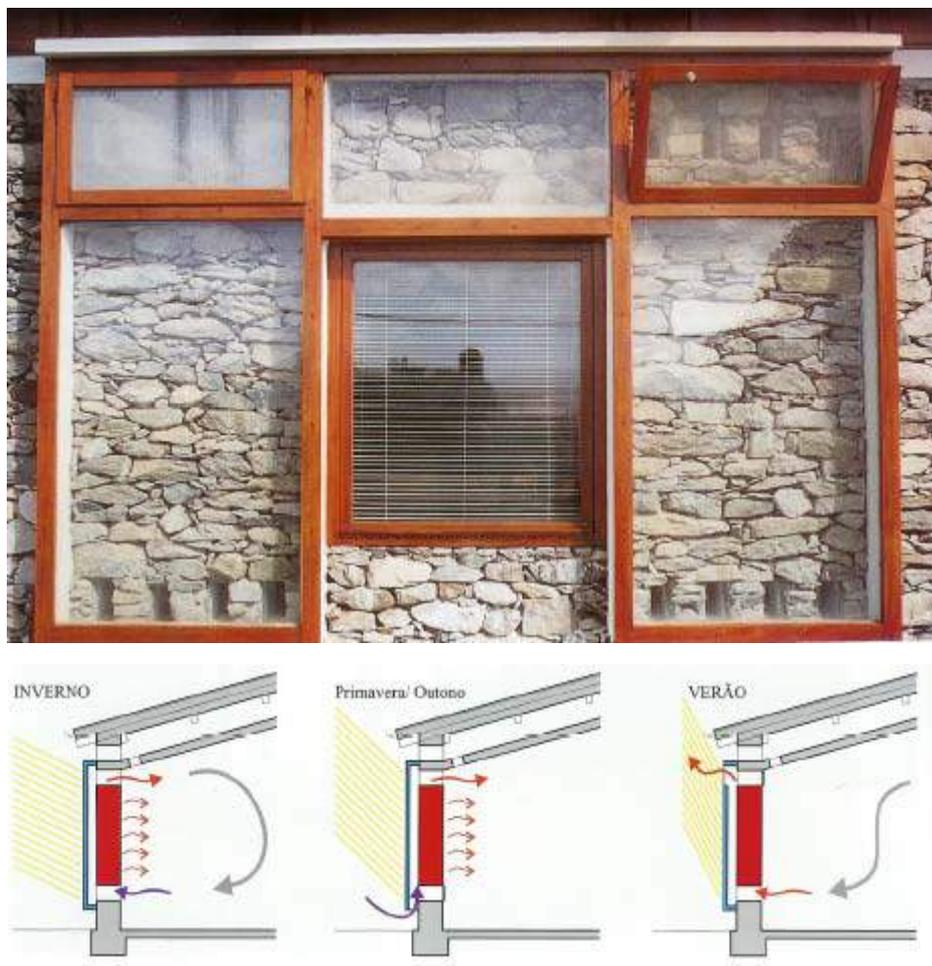


Figura 25: “Casa Schäfer”, Porto Santo. Fotografia do aspecto exterior de uma parede de Trombe; esquema do seu funcionamento consoante as estações do ano.[13]

d. VENTILAÇÃO

Na Arquitectura Bioclimática a ventilação é também muito importante, visto que num clima médio em termos de humidade e temperatura, pelo menos $\frac{1}{3}$ 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.



Figura 26: Óculo circular destinado à ventilação da sala. [13]

No Verão, aumenta o conforto térmico, pois como já foi dito o movimento do ar aumenta as perdas de calor do corpo humano e como promove convecção forçada com as paredes, chão e tectos, ajuda a dissipar o calor. Todas as configurações ao nível das aberturas para ventilação podem ser estudadas através do ensaio destas (configurações) em túneis de vento como é referido em [4].

Em Portugal a ventilação é um dos factores essenciais a ter em consideração na projecção de um edifício existindo já inúmeras hipóteses desde chaminés ditas “solares” até à simples ventilação cruzada.

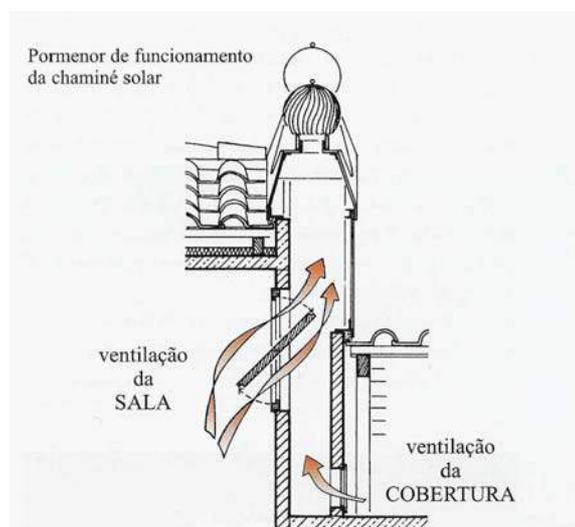


Figura 27: Pormenor de Funcionamento de Chaminé Solar. [13]

No entanto, o grande desafio da ventilação é como fazer com que o ar entre dentro do edifício sem provocar alterações na temperatura interior. Existem várias soluções que podem ser aplicadas à ventilação. Uma delas, consiste em aproveitar a elevada massa térmica do solo como aliado.

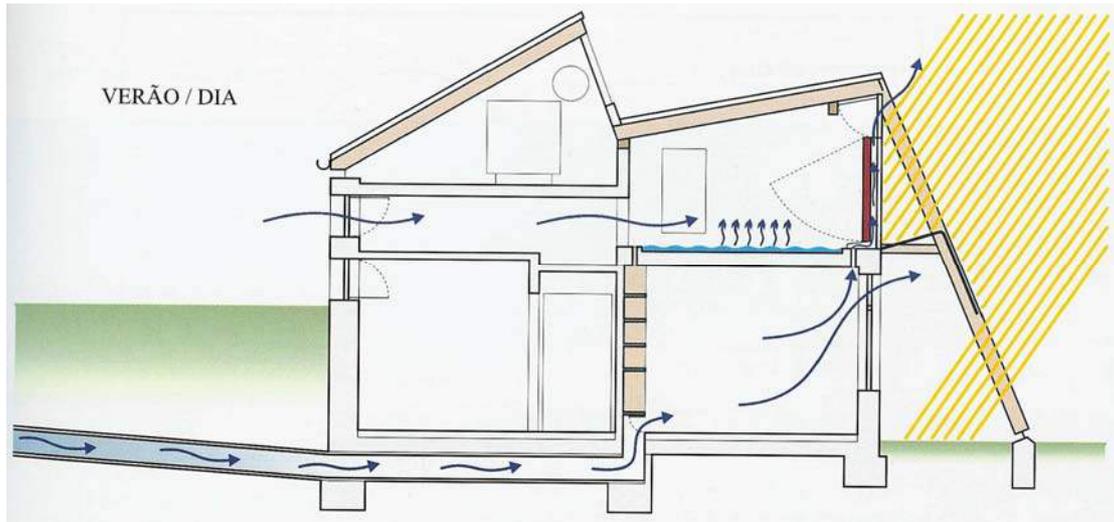


Figura 28: Esquema de funcionamento de um sistema de arrefecimento / ventilação durante um dia de Verão. De notar o mecanismo de tubos de ventilação enterrados. [13]

Durante o Verão a temperatura do solo é inferior à do ar e no Inverno é superior, fazendo assim do solo um aliado. Existem efectivamente soluções que tiram partido deste facto como é o caso de um sistema que consiste em enterrar uma rede de condutas de ar de ventilação num local adjacente ao edifício (Figura 29). O ar é captado a partir de uma abertura a uma certa distância do local e é introduzido no edifício. A vantagem deste sistema é que proporciona uma ventilação “condicionada”, ou seja no Verão a temperatura da terra é inferior à do ar e portanto o ar introduzido é mais frio do que o ar ambiente e promove o arrefecimento, acontecendo o inverso no Inverno.

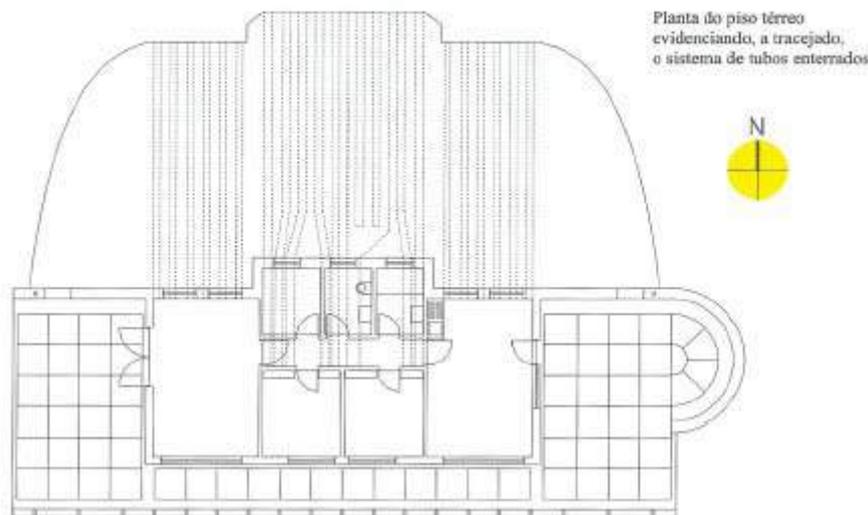


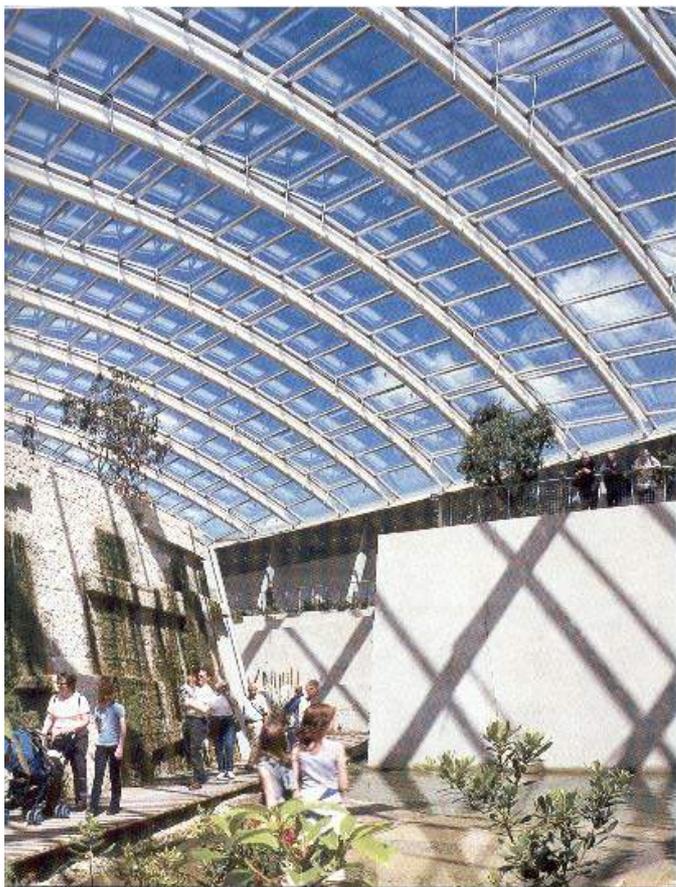
Figura 29: Plano do piso térreo da “Casa Solar Porto Santo”, em Porto Santo, que evidencia uma rede de tubos de ventilação enterrados no chão.[13]

e. 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 [9].

Deste modo, o arquitecto deve sempre ter em consideração o arranjo das aberturas e distribuição das superfícies internas para garantir uma distribuição de luz adequada. O objectivo é portanto maximizar a área do edifício e pessoas com acesso à iluminação natural, dando prioridade a locais onde se desempenhem tarefas com maior exigência visual. Áreas de ocupação secundária ou pouco prolongada devem ser então remetidas para as zonas mais interiores do edifício.

Deve todavia ser considerado que um aumento da radiação que penetra no edifício leva também a um aumento do efeito de estufa aquecendo assim o edifício. As decisões de projecto devem assim ser ponderadas e optimizadas tendo em conta a localização e horário principal de utilização do edifício em causa.



Outro modo de solucionar de certa forma o problema do sobreaquecimento de edifícios com elevada área envidraçada, logo sujeitos a muita radiação solar, é jogar com a ventilação. Existem infinitas hipóteses para aberturas de iluminação que, ao mesmo tempo, permitem encontrar soluções de ventilação. É uma questão que depende quase que unicamente da criatividade do arquitecto.

As aberturas para iluminação natural podem ser subdivididas em: iluminação lateral, iluminação de cobertura, iluminação indirecta (luz reflectida), iluminação com luz directa do sol, iluminação de pátios, átrios, reentrâncias e as suas

diversas combinações.

Importa sublinhar que, sobretudo em climas como o de Portugal, a iluminação tem sempre de ser prevista tendo em atenção o factor de

sobreaquecimento. Por esta razão, é importante nunca esquecer de prever sombreamentos eficientes e ventilação adequada e bem projectada de forma a que um bom efeito estético não se transforme num forno no período Verão!

Devido à natureza do trabalho em causa, parece-nos desnecessário entrar em pormenores em questões como implementação/orientação e aberturas nos edifícios, tipologias de aberturas, características do ambiente externo e interno e avaliação de desempenho luminotécnico e grandezas fotométricas.

Um ponto relevante em termos de optimização da componente de iluminação de um edifício prende-se com os sistemas de Gestão de Energia (BEMS). Estes constituem uma componente importante num quadro de reabilitação de edifícios, visto permitirem a optimização da eficiência energética de diversos componentes activos, como a iluminação artificial.

Este tipo de sistema inclui por exemplo a instalação nas diversas áreas que necessitem de iluminação de sensores de presença evitando situações em que as luzes estão acesas sem necessidade. Em [23] sugere-se que existam sensores em zonas que possam ser servidas por iluminação natural (preferencial), de forma a que a iluminação artificial possa ir aumentando à medida que a iluminação natural desapareça e vice-versa. Isto permitiria manter a mesma qualidade de iluminação no edifício, privilegiando a iluminação natural sempre que possível. No entanto é importante alertar que embora estes sistemas permitam uma diminuição efectiva dos gastos em energia, é fundamental que permitam rapidamente a um utilizador ultrapassar o controlo automático. Aliás um outro ponto focado em [23] é o de sistemas autónomos de controlo da iluminação, mas que, em caso do utilizador preferir o modo manual, lhe indiquem em paralelo qual o dispêndio adicional de energia envolvido na operação alternativa, alertando-o assim para uma situação desfavorável.

E finalmente um ponto que é menosprezado normalmente é o que se refere à limpeza da iluminação e encaixes associados: por vezes cerca de 30% da luz é perdida desta forma. Claro que de forma a incentivar esta operação todo o sistema deve estar facilmente acessível para limpeza.

f. RECOMENDAÇÕES FINAIS

Nas secções anteriores descreveram-se algumas das muitas possibilidades que a Arquitectura Bioclimática propõe. No entanto, e como o que nos toca particularmente é a situação portuguesa, deixamos aqui uma chamada de atenção a alguns factores, já referidos no texto, mas que dada a sua importância, queremos realçar.

É fundamental alterar a forma de construir em Portugal: princípios como o isolamento, a massa térmica, a orientação, a forma e até “detalhes” como a cor do revestimento dos edifícios têm absolutamente de merecer uma atenção muito especial por parte dos nossos arquitectos e engenheiros. Deve-se apostar num bom isolamento, utilizando soluções inovadoras, dando

especial relevo às caixilharias das janelas, à prevenção das pontes térmicas etc., tudo soluções para as quais já existe oferta em Portugal, mesmo que através de empresas estrangeiras. Deve-se também privilegiar sempre que possível a tradição portuguesa no que toca à alvenaria, que no fundo funcionava perfeitamente como uma massa térmica eficiente. Desta forma também se recuperam e acarinham as tradições e os antigos costumes de construção que são apanágio da nossa cultura e do nosso património.

Questões essenciais são também a área de fenestração que não deve ser exagerada por contribuir para um sobreaquecimento do edifício. Por essa razão todas as áreas fenestradas devem prever algum tipo de sombreamento, de preferência exterior e manualmente ajustável. Situações como átrios e estufas podem e devem ser utilizadas mas sempre com muito rigor na sua projecção, nunca menosprezando uma ventilação suficiente e eficiente. Justamente a promoção de uma boa ventilação deve ser sempre prioritária no nosso clima, visto que o jogo entre ventilação diurna e nocturna aliados a uma eficiente massa térmica permitem resolver grande parte dos problemas de sobreaquecimento na estação quente.

Quanto à estação fria, o facto um edifício estar bem isolado já é uma vantagem à partida. No entanto podem-se prever soluções, tais como paredes de trombe, que permitiriam tornar desnecessária a utilização de aquecimento artificial durante o Inverno.

Por fim é recomendável prever mecanismos de dissipação de calor no Verão tais como o arrefecimento evaporativo, isto claro, para além da ventilação eficiente já referida.

3. Tecnologias associadas

Após esta apresentação do que são os pilares e técnicas da arquitectura bioclimática, importa também referir que por vezes há alturas que nem com o mais cuidado dos projectos se consegue conforto térmico.

É então necessário, contrariando alguns puristas da Arquitectura Bioclimática que admitem somente a utilização de mecanismos passivos, recorrer a sistemas activos que permitem um enquadramento mais flexível, viabilizando assim projectos relacionados por exemplo com a reabilitação de certos edifícios em que uma solução totalmente passiva seria economicamente inviável.

Na secção seguinte apresentam-se apenas tecnologias relacionadas com a energia solar visto Portugal ter um potencial em energia solar riquíssimo e consequentemente acharmos que este sector será o mais vantajoso de ser desenvolvido.

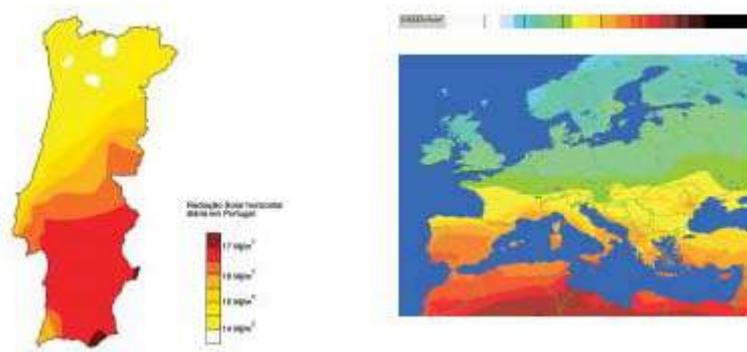


Figura 30: Mapa da radiação solar em Portugal e na Europa [2]

a. SOLAR FOTOVOLTAICO

A tecnologia dos painéis solares fotovoltaicos permite converter energia solar em energia eléctrica.

Hoje em dia a tecnologia dos painéis fotovoltaicos está bastante desenvolvida, atingindo-se eficiências na ordem dos 15-17%, podendo-se conseguir soluções esteticamente bastante agradáveis e integradas em grande parte das situações e onde o preço por kW ronda os 5000€.



Figura 31: Exemplo de uma instalação de painéis fotovoltaicos [40]

O solar fotovoltaico tem ainda outra vantagem que deriva do facto da cobertura dos painéis, que em regra geral é de vidro, ter que ser suficientemente resistente para permitir que as células fotovoltaicas não sejam afectadas nem por alterações significativas de temperatura nem por

vibrações (som). Consequentemente, o revestimento de uma superfície com este tipo de painéis resulta num isolamento térmico e acústico superior a qualquer material no mercado que cumpra o mesmo fim. A este facto acresce ainda que a média do tempo de garantia de um painel solar fotovoltaico pode chegar a cerca de 30 anos.



Figura 32: Exemplo de uma instalação de painéis fotovoltaicos

Actualmente o fotovoltaico, quando é utilizado, é na sua maioria em casos de injeção na rede, visto que os incentivos para este tipo de tecnologia passam pelo facto da EDP comprar o kW produzido por fotovoltaico mais caro do que aquilo que cobra pelo kW normal. Então os edifícios preferem utilizar a rede eléctrica nacional e produzir electricidade que é injectada na rede. Por esta razão é preciso que o aumento da cota deste tipo de tecnologia seja aumentada gradualmente, senão é incomportável do ponto de vista da viabilidade da EDP. Um exemplo deste tipo de utilização em Portugal são as coberturas das bombas de gasolina da BP, cuja electricidade produzida é totalmente incorporada na rede.

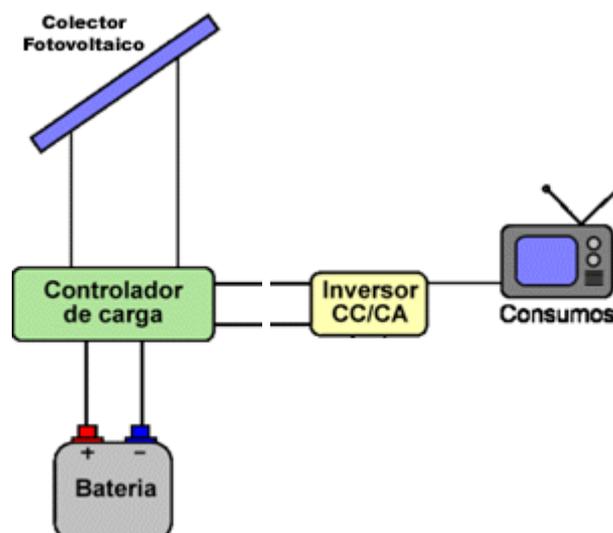


Figura 33: Esquema do funcionamento de um painel fotovoltaico

Este tipo de sistemas não tem tido o impacto nem uma expansão significativa visto exigir um investimento inicial muito grande, factor que leva muitas pessoas a não apostarem neste tipo de tecnologia.

b. SOLAR TÉRMICO ACTIVO

A tecnologia de colectores solares permite que a energia solar também possa ser usada para aquecimento de água. A instalação destes sistemas leva a uma grande redução no consumo de energia eléctrica, pois mesmo quando radiação solar não chega para aquecer a água às temperaturas desejadas permite o seu pré-aquecimento.



Figura 34: Exemplos de instalações de painéis solares para aquecimento de água [39]

Por outro lado, pode-se utilizar um sistema de aquecimento central em que a água é aquecida por colectores solares. Isto é vantajoso até mesmo em “casas de fim de semana” ou de férias visto poder ficar sempre ligado e conseguir que a casa esteja pelo menos sempre a uma temperatura ambiente mais elevada que numa situação sem aquecimento.

Desde os anos 70 que se tem feito investigação nesta área e que se têm conseguido grandes avanços.

Actualmente, os painéis solares já não têm que ser inestéticos como se via há uns anos, mas sim podem e devem ser integrados na fachada dos edifícios. Como pode ser retirado da tabela seguinte as várias soluções apresentam diferentes custos, pelo que uma análise do fim a que se destina a instalação é sempre vantajosa.

Existem já várias soluções e vários tipos de colectores que conseguem atingir diferentes temperaturas permitindo diversificar as suas aplicações desde o funcionamento doméstico até à sua introdução em processos industriais. Como seria de esperar, os colectores de custo mais elevado são também os capazes de produzir aquecimentos superiores.

Gama de Temperatura	Processo
< 40 °C	Colectores s/ cobertura ou colectores planos comuns de baixo custo
40 - 70 °C	Colectores planos selectivos ou colectores do tipo CPC
70 - 100 °C	CPC, Tubos de vácuo (rendimento elevado)
> 100 °C	Colectores Concentradores, colectores Tubos de vácuo com CPC

Figura 35: Tipos de colectores existentes e gama de temperaturas a que funcionam. [12]

Tal como para os painéis fotovoltaicos, apesar de este tipo de tecnologia ser altamente vantajosa, visto que tira partido de uma fonte de energia inesgotável e gratuita, não tem conseguido expandir-se como deveria em Portugal. Aliás países como a Alemanha e Áustria, apesar de não terem uma situação tão favorável como Portugal em termos do recurso solar estão muitíssimo mais desenvolvidos, havendo desde logo um grande interesse da população em introduzir este tipo de tecnologias.

Tipo de Colector	Custos de Investimento (Euros/m ²)
Placa Plana	275
CPC	300
Cilindro-Parabólico	312,5
Plano c/ vácuo	400
Tubos de vácuo	437,5
Tubos de vácuo c/ CPC	437,5

Figura 36: Custos de investimento para cada tipo de colector. [12]

No entanto, têm existido diversas iniciativas têm sido levadas a cabo, sobretudo sob o impulso da comunidade científica portuguesa e sob a influência do Programa E4.

No diagrama seguinte é possível observar uma estimativa da distribuição da área de colectores a instalar por sector até 2010.

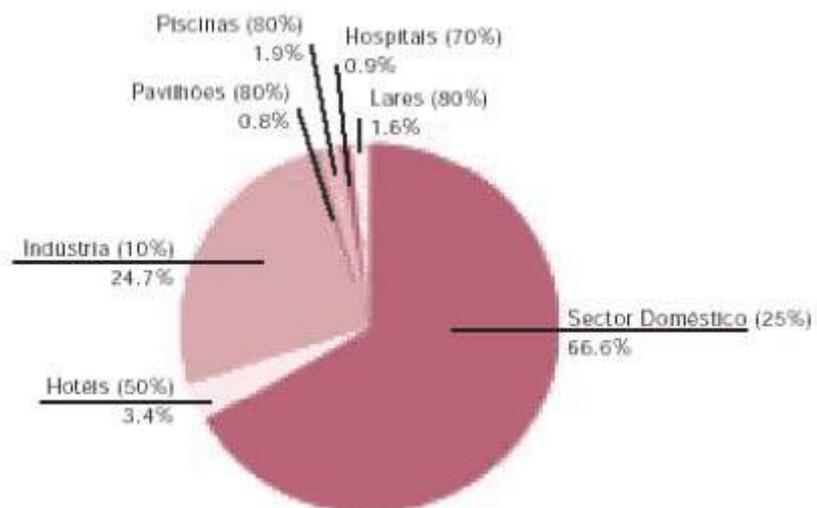


Figura 37: Estimativa da distribuição da área de colectores a instalar até 2010. [12]

C. Software de apoio

Aparte as questões low-tech / high-tech relacionadas com a utilização de sistemas activos, existe no entanto uma área em que inequivocamente as tecnologias de informação poderão dar um contributo considerável à arquitectura bioclimática e soluções de sustentabilidade em geral: ferramentas de modelação, monitorização e diagnóstico. Existem já inúmeras aplicações informáticas que permitem a um arquitecto ou a um engenheiro modelar um edifício e analisá-lo em termos de diversas variáveis bioclimáticas, como a ventilação, a temperatura nas várias divisões, etc. Em adição, possibilita a jusante no processo de desenvolvimento de um projecto, que um engenheiro possa validar computacionalmente se as técnicas introduzidas vão ao encontro das necessidades do edifício.

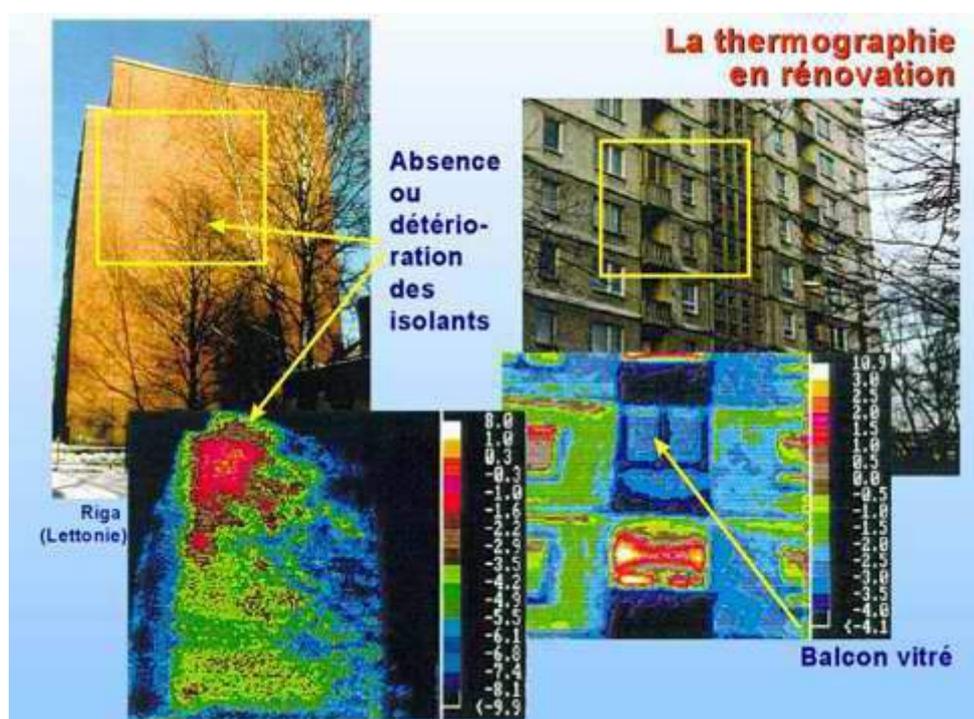


Figura 38: Exemplo de um diagnóstico do isolamento de dois edifícios utilizando termografia de infravermelhos. Na imagem é chamada a atenção para, no exemplo à direita, a falta ou mais provavelmente a deterioração do isolamento naquela fachada e, no exemplo à esquerda, para o isolamento conferido por uma marquise fechada. [27]

Estas tecnologias são também de grande utilidade no que concerne a reabilitação de edifícios, visto permitirem a análise de diversas sugestões de melhorias nas infraestruturas existentes e correspondente custo/benefício das mesmas, e também o diagnóstico do estado do edifício, por exemplo, através do uso da termografia de infravermelhos (Figura 38 e Figura 39).

Nesta secção não pretendemos realizar uma listagem exhaustiva das soluções existentes, mas sim descrever as que nos pareceram ter maior relevância

para a temática da Arquitectura Bioclimática, envolvendo maioritariamente a análise de instrumentos passivos de climatização.

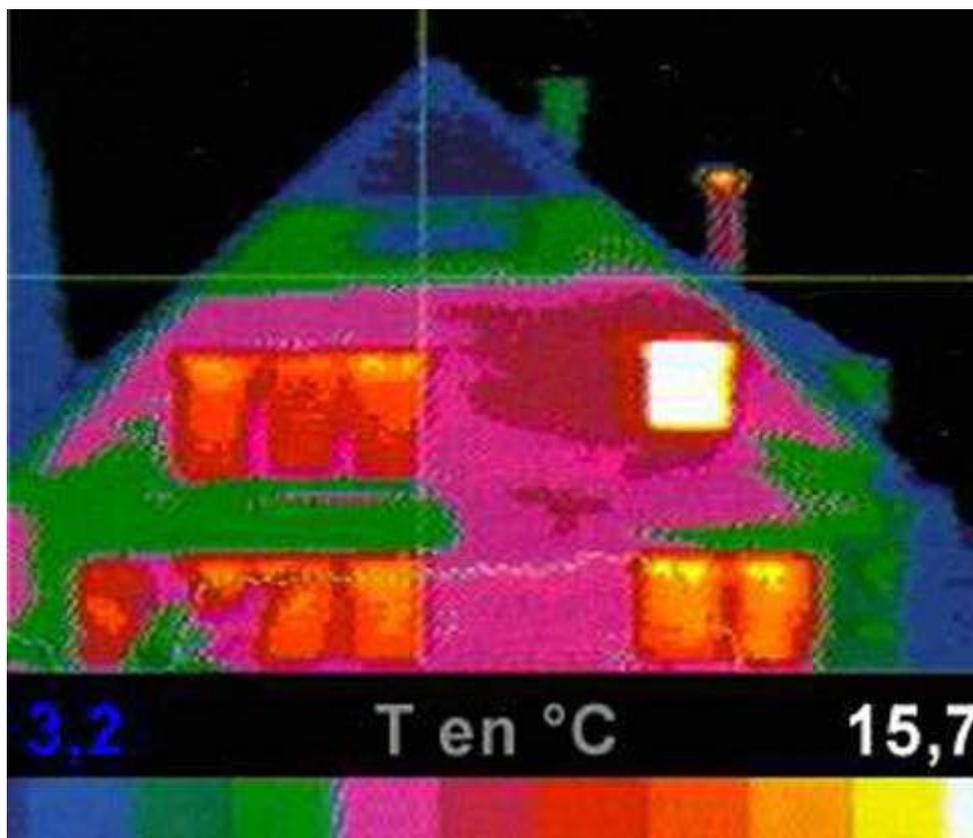


Figura 39: Imagem por termografia de uma casa mal isolada. Note-se em particular as janelas que constituem sempre um ponto fraco no isolamento de uma casa. [27]

Esta área encontra-se servida por um conjunto bastante numeroso de aplicações de apoio, que se estendem por diversos níveis de funcionalidades, desde as que simplesmente permitem uma análise bastante específica, como o cálculo da luminosidade óptima para as divisões de uma habitação, até às que se destinam à análise e modelação integrada da globalidade de uma construção, envolvendo temas como a Gestão de Energia (BEMS), a ventilação, o isolamento, a acústica, a qualidade do ar, entre muitos outros.



Figura 40: *Rehab Advisor*: Construção de elevado desempenho, habitação unifamiliar e multifamiliar, renovação urbana, eficiência energética.[32]

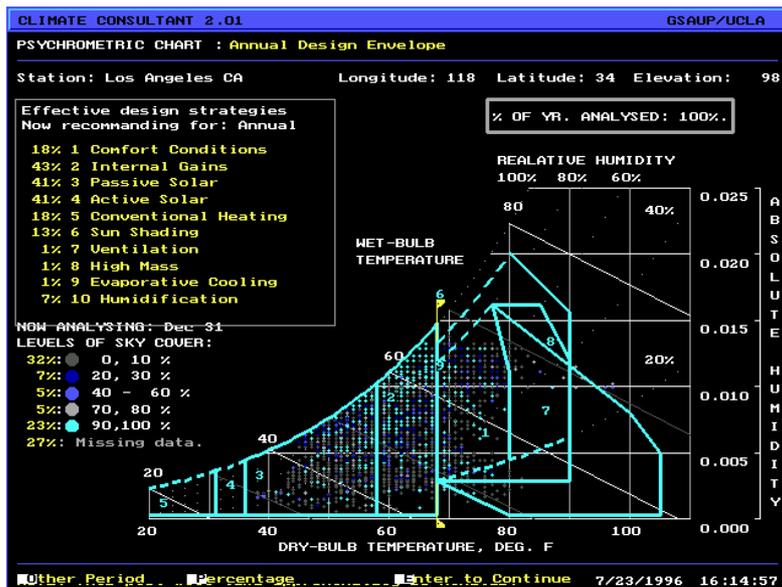


Figura 41: *Climate Consultant*: Análise climática, quadro psicrométrico, quadro bioclimático [33]

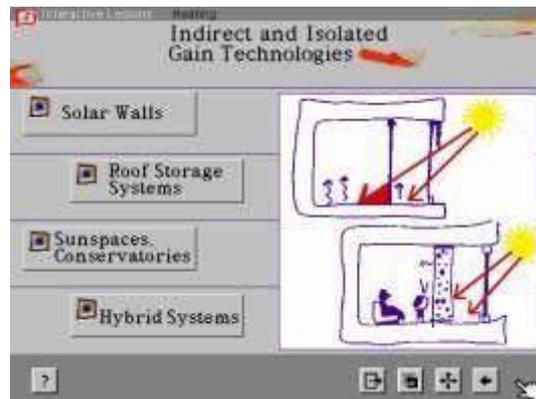


Figura 42: *IPSE*: Arquitectura solar, design solar passivo e activo, edificios residenciais [34]

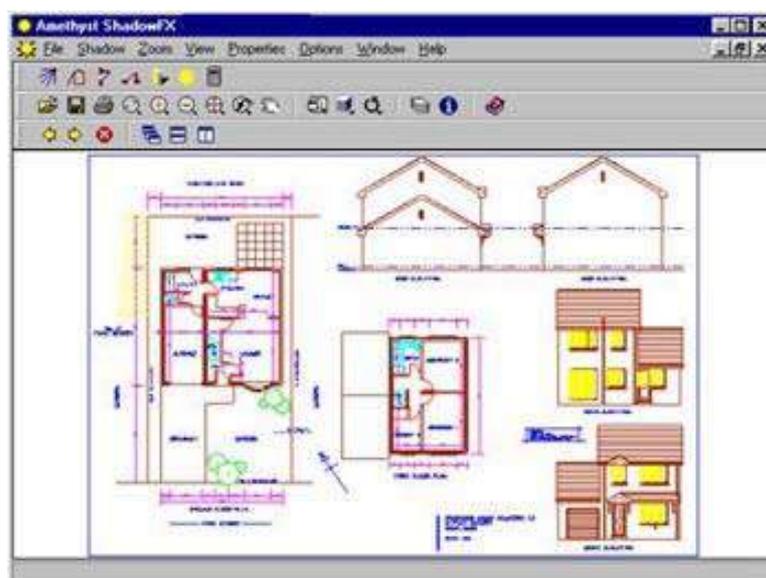


Figura 43: *ShadowFX*: Cálculos de sombreamento, modelação da trajectória solar [35]

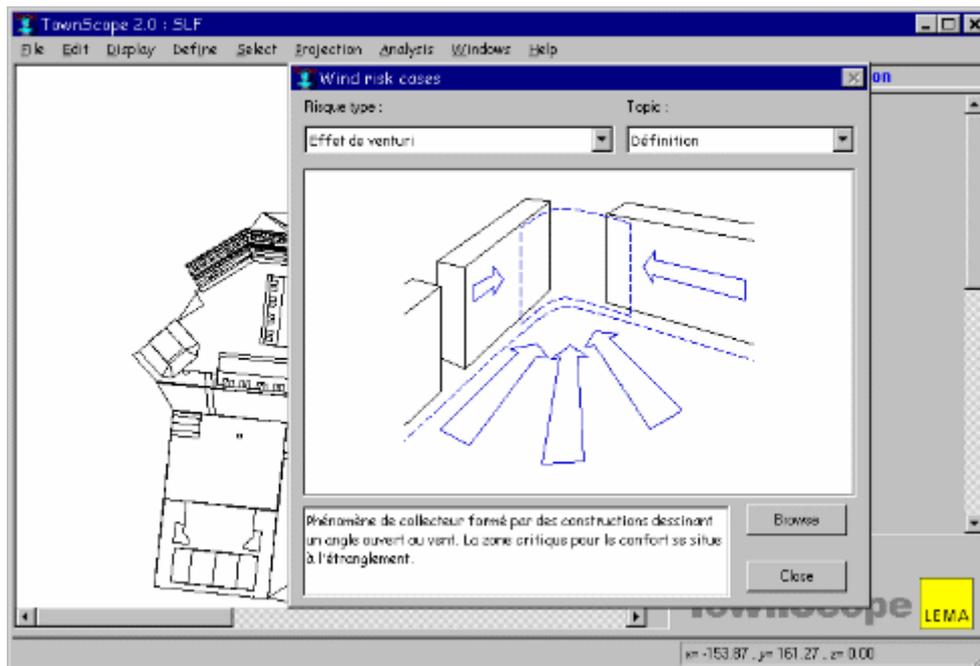


Figura 44: *TownScope II*: Energia solar, arquitetura urbana e modelação visual [36]

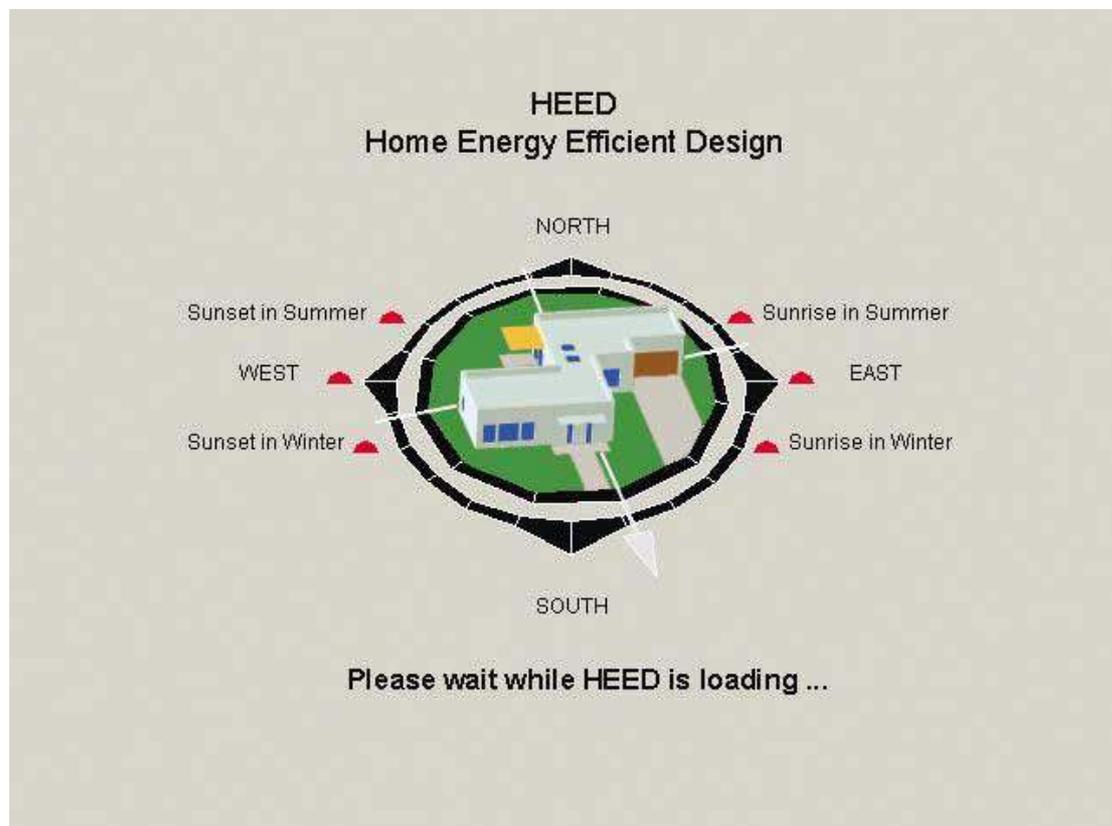


Figura 45: *HEED (Home Energy Efficient Design)*: Simulação de construções, eficiência energética, modelação da temperatura do ar [33]

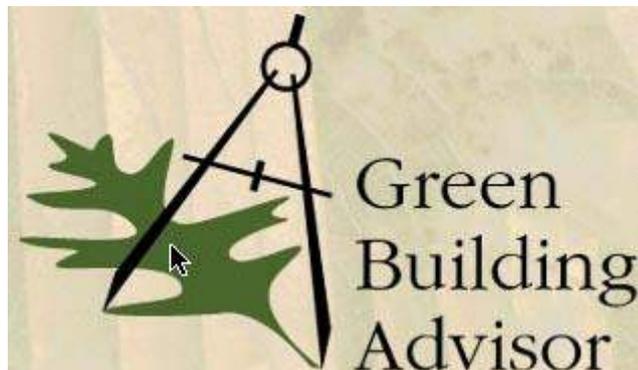


Figura 46: *Green Building Advisor*: Arquitetura Sustentável. [37]

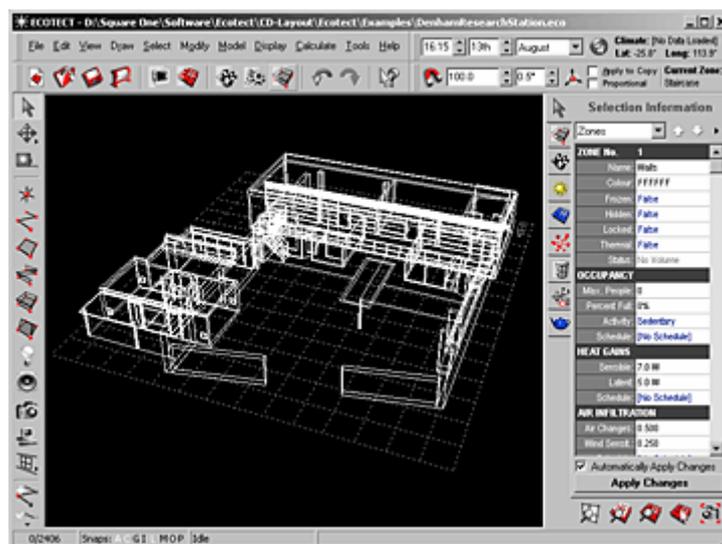


Figura 47: ECOTECT - Simulação de arquitetura bioclimática, modelação de sombreamentos, design solar e térmico, energia de aquecimento e arrefecimento, iluminação natural e artificial, análise acústica

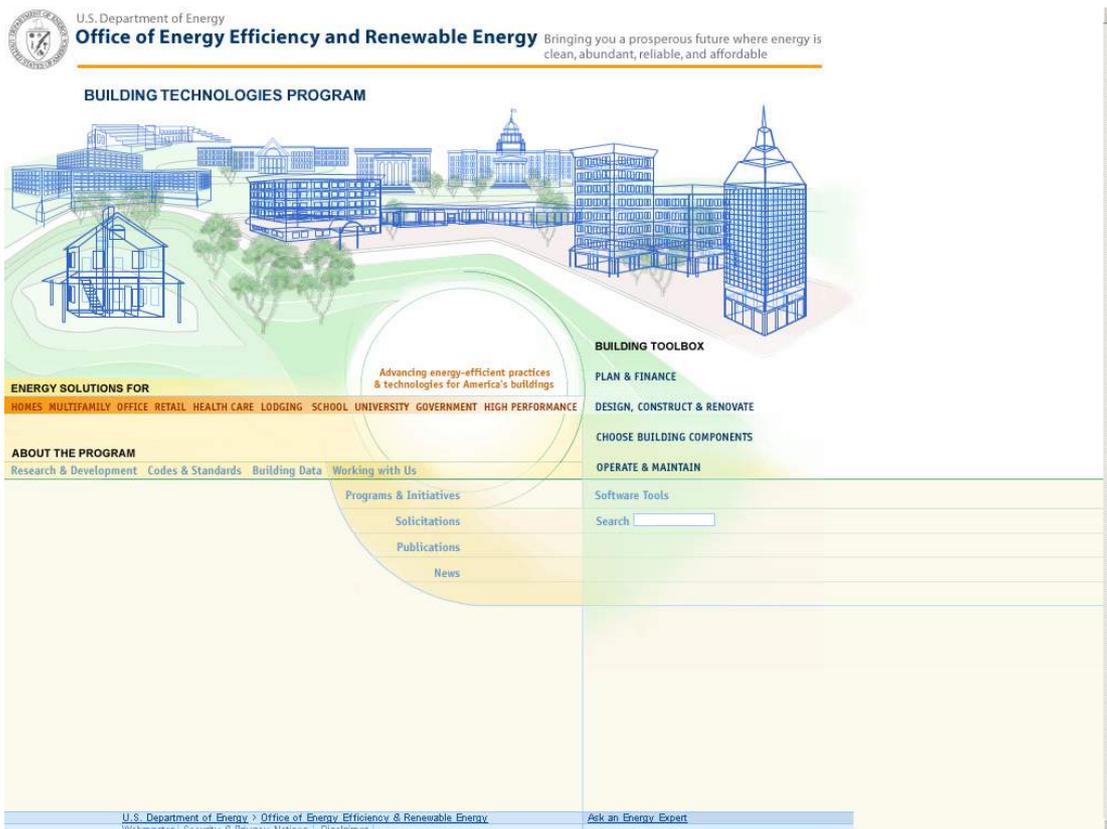


Figura 48: Office of Energy Efficiency and Renewable Energy
 «<http://www.eere.energy.gov/buildings>»

O “Office of Energy Efficiency and Renewable Energy” do US Dep. Of Energy (DOE) contém uma lista bastante razoável de aplicações destinadas a este fim, algumas das quais são mesmo de utilização livre, como o RESEM (Retrofit Energy Savings Estimation Model), utilizado no programa ICP (Institutional Conservation Program) do DOE e que permite determinar com alguma fiabilidade o rácio custo/benefício associado a diversas variáveis de operações de reabilitação de edifícios.

Um aspecto que se nota particularmente é a distinção entre as aplicações disponibilizadas pelos organismos responsáveis dos Estados Unidos e da União Europeia. Enquanto que o primeiro apresenta uma listagem bastante exaustiva das aplicações disponíveis no mercado, não nos foi possível encontrar no segundo qualquer referências às aplicações desenvolvidas no contexto europeu.

Em particular em Portugal, este tipo de programas são maioritariamente utilizados a nível académico não tendo infelizmente a expressão desejada no mercado. Destaca-se no entanto, um projecto levado a cabo pelo Departamento de Energias Renováveis do INETI em que um software destinado a caracterizar e modelizar as condições de construção em Lisboa foi concebido: o ACLURE. [15]

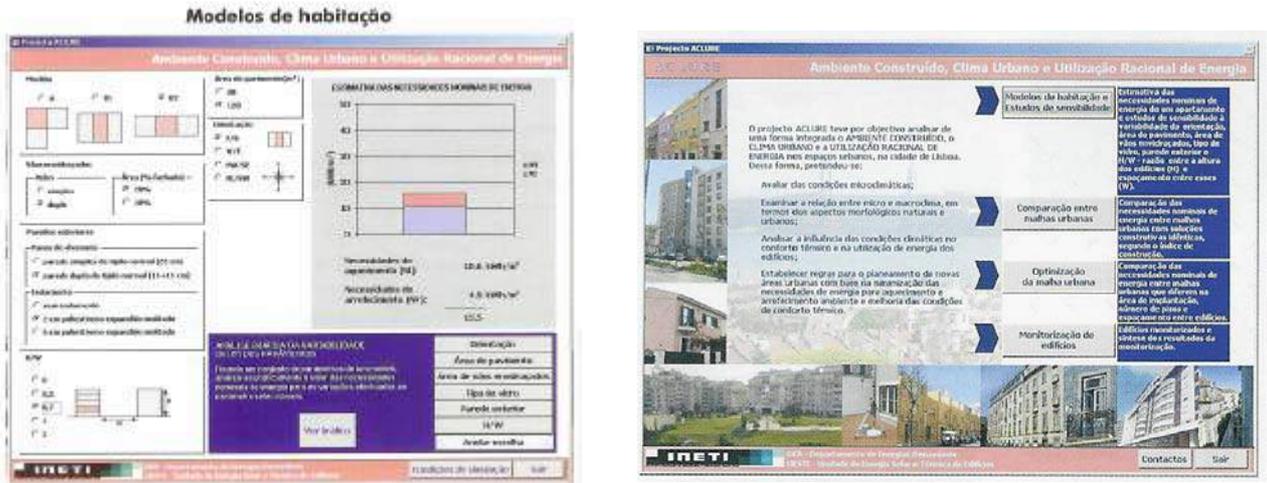


Figura 49: Programa ACLURE

No entanto, apesar de todo o material disponível, nota-se ainda bastante a falta de normas estabelecidas no que respeita à expressão dos dados inter-aplicações, o que restringe (impede?) a sua interoperabilidade e consequentemente o seu âmbito global de utilização. Este é um factor crucial de inovação que se mostra necessário, visto que uma solução de Arquitectura Bioclimática é uma solução que exige valências de diversos campos do saber e que tem que ser necessariamente integrada de forma a ser eficiente.

Por outro lado, a evolução dos sistemas de informação geográfica e a sua integração com diversos outros sistemas de monitorização de factores como a velocidade do vento, temperaturas, etc, poderão de futuro auxiliar a definição de uma Arquitectura Bioclimática, visto notar-se no âmbito destas aplicações que a utilização de valores por defeito aplica-se ainda com uma granularidade enorme (ao nível do Distrito), sendo que alguns países, como Portugal não se encontram sequer contemplados na maior parte das aplicações. Ora já foi anteriormente explicitado neste relatório a necessidade de uma integração de cada projecto com as características do local onde este se posiciona, o que compromete seriamente a eficácia deste tipo de aplicações. Isto obriga assim a inúmeras medidas de campo, obviamente mais dispendiosas do que a simples consulta de uma Base de Dados central, com o problema acrescido de habitual falta de coordenação entre os diversos projectos e consequente duplicação de esforços. Este problema poderia ser minorado através da integração destes sistemas com alguns projectos que pretendem estimar valores locais de diversas variáveis através de imagens de satélite e reduzidos levantamentos de campo (como referido no seminário do Professor Amílcar Soares).

Por fim, parece-nos que uma questão fundamental em termos de aplicação industrial dos conceitos de Arquitectura Bioclimática será a sua fácil integração com CAD, que apesar de alguns avanços pontuais, não parece ser a fase actual de maturidade deste tipo de aplicações.

IV- A Realidade Portuguesa

Em Portugal existiam em 2002 cerca de 3,3 milhões de edifícios sendo que o seu consumo energético, dominado pela energia eléctrica, representava 22% do consumo total de energia do país, ou seja o equivalente a 3,5 Mtep (milhões de toneladas equivalente de petróleo) [14]. Estes valores tendem a aumentar com a generalização da melhoria das condições de vida dos portugueses, normalmente traduzidas em maiores necessidades de conforto térmico e portanto torna-se urgente incentivar a integração dos princípios de racionalização de energia nos edifícios em construção e em reabilitação para evitar que os consumos aumentem drasticamente.

Infelizmente, este é um dos pontos sensíveis do panorama português visto que estas práticas ainda não são habituais entre os arquitectos, os engenheiros civis e os construtores apesar de existirem algumas excepções que mais não têm sido que iniciativas pontuais e isoladas.

A. Caracterização do Sector dos Edifícios

O sector dos edifícios é caracterizado no global por uma grande dinâmica, sobretudo nos últimos anos devido ao solucionamento da falta de habitação em Portugal, e restrições legislativas na área do arrendamento que conduziram a uma explosão na aquisição de habitação própria.

Importa distinguir os dois tipos de edifícios mais relevantes visto terem perfis diferentes entre si.

Em primeiro lugar, distinguem-se os edifícios com carácter residencial que são responsáveis por cerca de 13% dos gastos energéticos. Como já foi referido, com o aumento da qualidade de vida dos portugueses e com uma maior consciencialização de práticas de higiene, os gastos nos edifícios residenciais têm vindo a aumentar com um crescimento médio entre 1999 e 2000 de 3,7%. Neste tipo de edifícios, 50% dos gastos provêm das cozinhas e águas quentes sanitárias, 25% da climatização (aquecimento, arrefecimento) e 25% da iluminação e equipamentos electrodomésticos.

Uma solução para diminuir estes consumos, ou pelo menos não permitir o seu aumento teria de passar por três tipos de intervenções: redireccionar o consumo energético para energia solar ou renovável, promover e melhorar a etiquetagem dos aparelhos electrodomésticos/lâmpadas e rever a legislação existente. Estas medidas já têm sido em parte desenvolvidas, salientando-se a promoção de energias renováveis, em particular a solar, com o programa ***Água Quente Solar para Portugal*** que infelizmente não tem tido o impacto pretendido. Quanto à etiquetagem, esta já existe e contribui cada vez mais para que exista uma melhor utilização dos aparelhos e também uma consciencialização para os seus gastos energéticos, promovendo junto do consumidor os que apresentarem melhores resultados. Por fim, no que concerne a legislação, os dois regulamentos existentes, o RCCTE e o RSECE,

já estão revistos e prontos para serem aprovados, sendo a data da sua aprovação esperada a todo o momento.

Em segundo lugar importa caracterizar a situação dos edifícios de serviços responsáveis por cerca de 9% dos consumos energéticos totais nacionais. Isto é uma tarefa difícil visto haver uma grande heterogeneidade no sector. No entanto as principais preocupações centram-se em edifícios como hospitais, restaurantes, piscinas, hipermercados e edifícios de escritórios sendo que as principais fontes de gastos energéticos provêm em primeiro lugar da climatização, seguido das águas quentes e cozinhas. Torna-se portanto também muito importante intervir neste sector no sentido de reverter a tendência de aumento dos gastos energéticos. Este tipo de intervenção poderá ser facilmente levada a cabo em edifícios novos com a introdução de equipamentos de energia solar ou fotovoltaico por exemplo.

B. A reabilitação de edifícios

Outro aspecto bastante importante nesta temática é o que se prende com o renovação versus construção de raiz de edifícios com boas qualidades térmicas. Será rentável a construção de raiz? Qual o custo acrescido de uma construção climaticamente correcta? Por outro lado, e dada a enorme base habitacional existente em Portugal, será vantajoso considerar-se a reabilitação do património urbano, ou o foco deve incidir sobre a construção correcta dos novos edifícios? O Prof. Collares-Pereira fornece perspectivas animadoras para estas duas questões.

Segundo ele, a construção de edifícios ambientalmente adequados (sem infiltrações, com bons isolamentos, com vidros duplos em vez de simples, com uma orientação solar adequada, etc) não prejudica de forma perceptível o custo de um edifício, visto contribuir em cerca de 2-4% para o seu custo final.

No cenário da reabilitação, a introdução de mecanismos bioclimáticos pode custar em média mais 30% do que se este tivessem sido implantados logo desde início [6]. No entanto, o resultado final é em grande parte das situações favorável à sua implantação, devido à significativa redução dos consumos energéticos.

Em nossa opinião pessoal, este factor poderá até ter uma contribuição bastante apelativa para um potencial consumidor, visto por um lado a temática ambiental ser cada vez mais um factor de diferenciação associado a qualidade e inovação, e por outro lado o factor de poupança económica associada poder ser um incentivo extra à compra da habitação pretendida.

Em termos de conforto, o Prof. Collares Pereira afirma ser mesmo possível, sobretudo para as habitações, construir para um conforto total sem recurso a fontes de energia convencional, isto é 100% solar, e a custos não distinguíveis dos normais de construção. Destaca-se assim a sugestão de aplicação deste tipo de mecanismos a projectos de habitação social

contribuindo para um menor custo fixo da habitação para os seus moradores, e logo uma menor peso social para o Estado.

C. Que obra em Portugal?

Em Portugal, os primeiros edifícios tidos como solares passivos ou com arquitectura bioclimática começaram a ser construídos por volta dos anos 80, por iniciativa de alguns arquitectos e engenheiros ligados ao sector da energia. Um dos primeiros exemplos a referir e que contribuiu para a investigação nesta área é a “Casa Termicamente Optimizada” no Porto, construída em parceria pela FEUP e pelo LNETI.

Desde então esta área tem evoluído um pouco por todo o mundo sendo que Portugal não é excepção. No entanto, tal como em quase tudo, a velocidade de penetração no mercado tem sido mais lenta do que o desejável. Como consequência, e embora se sinta uma certa vontade de mudança, ainda hoje a construção solar passiva e a utilização de energias renováveis são exemplos pontuais, fruto da vontade de particulares, ou então de alguns projectos ao nível de escolas. Estes exemplos são impulsionados sobretudo por uma generalização, ainda que modesta, dos conceitos de preservação ambiental que já começam a surtir efeito, sobretudo nas classes mais jovens. Assim, existe já uma larga panóplia de empresas neste sector que providenciam soluções várias, desde caixilharias para as janelas, até ao isolamento, passando por soluções activas de painéis solares e fotovoltaicos. Em paralelo, existem já alguns ateliers de arquitectura que propõem serviços especificamente vocacionados para este tipo de construção. Aliás muitos jovens arquitectos estão já a apostar especificamente nesta área.



É no entanto de referir o livro *Edifícios Solares Passivos em Portugal*, de Helder Gonçalves, investigador do INETI, como uma importante referência na história do Design Passivo em Portugal. Este livro, apesar de já ter sido publicado em 1997, é um exemplo único de caracterização e listagem dos exemplos deste tipo de arquitectura em Portugal e que contribuiu para o maior conhecimento e divulgação destas técnicas.

D. Legislação, apoios e incentivos

Um dos grandes impulsionadores da revolução das energias renováveis tem sido o protocolo de Quioto que tem determinado limites de emissões poluentes aos países que ratificaram o protocolo impondo em 2012 uma redução das emissões em 5,2% relativamente ao volume de emissões em 1990.

Para cumprir com as especificações impostas pelo protocolo de Quioto e porque a comunidade Europeia tem-se mostrado muito preocupada com o panorama das alterações climáticas nomeadamente no que toca à diminuição das emissões de gases de efeitos de estufa, foi criado o programa - “Intelligent Energy - Europe”, 2003-2006, sucessor de vários outros programas anteriores. Este pretende atingir dois objectivos globais: a promoção da eficiência energética, reduzindo as emissões de CO₂ e consequentemente permitindo a diminuição em 2010 do consumo de energia em 18% comparado com o “business as usual” e o aumento da quota de fontes de energias renováveis para 12% em 2010.

O programa está dividido em quatro sub-programas:

- SAVE, que promove a eficiência energética e a utilização racional da energia nos sectores da construção e da indústria
- ALTENER, que visa o incentivo à utilização de fontes de energias renováveis para uma produção descentralizada de electricidade e calor
- STEER, que tem por objectivo a diversificação dos combustíveis no sector dos transportes
- COOPENER, que pretende apoiar as iniciativas de utilização de energias renováveis e de melhoria da eficiência energética em países em desenvolvimento

No âmbito deste trabalho, apenas os dois primeiros programas, SAVE e ALTENER são alvos de interesse. A união Europeia, não pretende imiscuir-se nos assuntos internos de cada país membro, mas sim, e essa é a principal função destes programas, apoiar, incentivar, financiar, difundir know-how e promover projectos que estejam inseridos nos objectivos do programa e que permitam a efectiva redução das emissões de gases de estufa, mais concretamente de CO₂.

Como tal, estes programas são definidos em duas direcções ortogonais a partir de quatro *acções chave verticais* e cinco *acções chave horizontais*. As acções chave horizontais, comuns aos quatro programas, são:

- O desenvolvimento de ***Comunidades de Energia Sustentável***

- A promoção de acções sob a ideia chave “*Think globally, act locally*”
- *Mecanismos de financiamento e incentivo*
- *Monitorização e avaliação*
- *Disseminação e promoção*

As acções chave verticais são específicas para cada programa e incluem para o SAVE:

- *A multiplicação de sucesso em edifícios*
- *A reabilitação de habitação social*
- *Soluções inovadoras a aplicar na industria*
- *Melhoria da eficiência energética de equipamentos e produtos*

Para o programa ALTENER:

- *A produção de calor e electricidade* através de fontes de energia renovável
- A fomentação de *aplicações piloto de energias renováveis*
- *A propulsão de veículos com energias alternativas*

Este programa prevê um financiamento total de 200 milhões de euros sendo que o programa SAVE é contemplado com 69,8 milhões e o programa ALTENER com 80 milhões que serão aplicados em várias medidas entre as quais “[...] criação, alargamento ou reorganização das estruturas e instrumentos para o desenvolvimento de sistemas energéticos sustentáveis, incluindo o planeamento e gestão a nível local e regional no domínio da energia, bem como o desenvolvimento de produtos financeiros e de instrumentos de mercado adequados [...]”, “[...] promoção de sistemas energéticos e equipamentos sustentáveis, a fim de acelerar a sua penetração no mercado e incentivar investimentos que facilitem a transição da demonstração para a comercialização das tecnologias mais eficientes, incluindo a difusão de boas práticas e de novas tecnologias interdisciplinares, campanhas de sensibilização e a criação de estruturas institucionais destinadas à implementação do mecanismo que visa um desenvolvimento limpo e uma implementação conjunta no âmbito do Protocolo de Quioto [...]”, “[...] desenvolvimento de estruturas de informação, ensino e formação; utilização dos resultados, promoção e difusão do “know-how” e

das melhores práticas, envolvendo todos os consumidores, difusão dos resultados das acções e dos projectos, bem como a cooperação com os Estados-membros através de redes operacionais a nível comunitário e internacional [...]”, “[...] monitorização da implementação e do impacto das iniciativas comunitárias, bem como acções de apoio [...]” e “[...] avaliação do impacto das acções e dos projectos financiados no âmbito do programa [...]” [18].

Em Portugal, foi lançado em 2001, no governo do Eng. António Guterres e sob a direcção do Prof. Oliveira Fernandes, o programa E4, Eficiência Energética e Energias Endógenas, que aponta para uma construção de ainda mais 4,000 MW de potência eléctrica a partir de energias renováveis para que Portugal tenha em 2010 39% do consumo bruto de electricidade a partir de fontes renováveis. O E4 em conjunto com o PNAC (Plano Nacional para as Alterações Climáticas) tem sido o catalisador para algumas mudanças e tem permitido a alteração gradual do cenário no que toca à utilização das energias renováveis. A partir dele têm sido fomentado os sub-programas Europeus acima mencionados, nomeadamente o SAVE e o ALTENER. Este último deu origem ao projecto QUALISOL que tem permitido diversas acções sobretudo no apoio à investigação na área das energias renováveis e na formação e certificação de técnicos, instaladores e de equipamentos de energia solar, acções em que o INETI, a partir do seu Departamento de Energias Renováveis, e a Sociedade Portuguesa de Energia Solar (SPES) tem tido um papel de relevo.

Um outro programa lançado foi o programa P3E, também no âmbito do Programa E4. Este visa melhorar a eficiência energética dos edifícios focando alguns principais aspectos como a iluminação e a utilização de electrodomésticos, a água quente sanitária e a envolvente climatérica de forma a diminuir a necessidade de climatização artificial. Por outro lado este programa visa também facilitar a integração de energias renováveis nos edifícios de forma a maximizar a quota de energia produzida a partir de fontes renováveis e reduzir assim a taxa de emissões de CO₂. Assim as propostas do P3E passam por: fomentar a etiquetagem das lâmpadas e dos electrodomésticos, promovendo assim os aparelhos mais eficientes; fomentar o aquecimento das águas sanitárias através de energia solar, em parceria com o programa Água Quente Solar para Portugal; fomentar a construção mais eficiente e de raiz, que cumpra as especificações dos novos regulamentos RCCTE e RSECE, para o qual o programa de certificação de edifícios irá ser um grande impulso; intervir ao nível do planeamento urbanístico; fomentar a formação de técnicos e engenheiros para que possam tomar decisões correctas e contribuir assim positivamente para o desenvolvimento do processo; por fim fomentar medidas de sensibilização da população, sobretudo a partir da criação do Observatório para a Energia nos Edifícios.

O programa P3E tem uma forte componente de certificação energética, enquanto transposição de directiva comunitária que deverá estar implementada até 2006, podendo haver no entanto um pedido de

alargamento do prazo, caso o país prove não estar preparado para a sua implementação. Já foi feita a preparação de um decreto-lei para implementação da certificação, que já se encontra disponível para apreciação pública. Todos os edifícios novos terão que ser certificados e o processo decorrerá da seguinte forma: os edifícios serão projectados segundo os novos regulamentos (RCCTE e RSECE), e serão fiscalizados por um organismo independente. Uma vez aprovados, os municípios emitirão a licença de utilização.

A certificação classifica cada edifício, existindo diversos indicadores energéticos que têm que estar abaixo dos máximos permitidos. Para os edifícios com maior dimensão vai ter ainda que existir um plano de racionalização de energia que vai permitir cumprir esta meta.

Um ponto importante é que este processo de certificação obriga não só os edifícios novos a serem certificados, como também alguns edifícios públicos e edifícios privados que sejam transaccionados. Caso o edifício em questão não passe nos critérios mínimos, terá então que ser elaborado um plano visando a sua reabilitação.

O programa Água Quente Solar para Portugal, também tem sido desenvolvido no sentido de tentar promover a utilização de painéis solares para o aquecimento de águas sanitárias. Este projecto incentivou a criação de pequenas empresas cujo negócio reside na venda de água quente, como forma de energia. No âmbito deste projecto, são dados alguns incentivos fiscais à implementação de painéis solares, como a dedução no IRS para particulares ou no IRC para empresas ou organismos. No entanto, parece que este programa, apesar de ter sido proveitoso no âmbito da formação de técnicos, não está a acompanhar a evolução noutros países da Europa, como a Grécia e a Alemanha. Além disso é necessário referir que os incentivos dados só podem ser utilizados por pessoas que não possuam um empréstimo bancário à habitação, o que exclui do programa a grande maioria das pessoas.

No que concerne a legislação portuguesa, não se pode dizer que não têm sido feitos alguns esforços. Existem dois regulamentos em matéria de edifícios que têm sido um instrumento valioso no melhoramento da eficiência térmica do parque de edifícios: um publicado em 1990, “Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios” (RCCTE) que permitiu a vulgarização da utilização de isolamento e de vidros duplos; e um publicado em 1998, “Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios” (RSECE) e que permite actuar sobre a eficiência energética dos sistemas de climatização.

O programa P3E criou também um prémio de eficiência energética em edifícios, com categorias residencial e serviços, com 4 candidaturas para cada categoria.

O custo ambiental começa a ser levado em linha de conta na equação relativa aos custos existentes numa sociedade, pelo que se torna

imprescindível a promoção à criação de empresas e benefícios fiscais para os consumidores fiscais, como já acontece aliás nas deduções existentes no IRS e nos incentivos no programa Prime do Ministério da Economia, para a aplicação de medidas de eficiência energética e energias renováveis em edifícios não residenciais, englobando também as reabilitações.

E. Barreiras e Dificuldades

“In other words, many good ideas are useless if the skills needed to use them do not exist” [8]

1. Consciencialização

Em Portugal uma das maiores barreiras ao desenvolvimento sustentável, sobretudo no que toca à eficiência energética em edifícios e à utilização de energias renováveis é a mentalidade prevalecente da maioria dos portugueses. Há que enfrentar que vivemos num país desorganizado, onde subsistem mercados paralelos e grupos de interesse e onde muitas vezes os sistemas estão viciados. Para além disso, o país viveu anos de ditadura em que o sistema educativo não foi desenvolvido, e desde aí não têm existido políticas com objectivos a longo prazo no sentido de alterar profundamente esta realidade. As novas gerações, das quais tudo se espera, carregam uma herança de falta de desenvolvimento cultural que não é fácil de combater, mas já existem actualmente alguns focos de ar fresco que esperamos ajudem na revolução das mentalidades. É preciso deixar bem claro que a vontade de mudar não passa única e exclusivamente pelo governo central mas essencialmente por uma vontade dos cidadãos e dos munícipes, de quererem essa diferença e de terem capacidade de se unirem aos agentes económicos. Aliás este espírito está bem patente nos programas comunitários com a ideia da constituição de **Comunidades para a Energia Sustentável** (Sustainable Energy Communities) definidos como “[...] *Local communities in which politicians, planners, developers, market actors and citizens actively co-operate to demonstrate and develop high degrees of decentralised energy supply, favouring renewable energies as sources, together with a conscientious application of energy efficiency measures in all end-use sectors [...]*” [18]. Como tal é necessário que os municípios unam esforços com os cidadãos que representam para que se dê o salto qualitativo que todos esperam.

2. Formação e Certificação

Outra razão porque a Arquitectura Bioclimática não é mais implementada em Portugal prende-se com desconhecimento das técnicas pelos profissionais responsáveis, falta de formação e informação. Por exemplo a orientação, o dimensionamento da área de envidraçado, são aspectos que não têm qualquer custo acrescido na habitação e que poderão constituir a

diferença entre uma casa confortável e não adequada. No entanto estes processos são facilmente descredibilizados não pela sua desadequabilidade, mas sim porque exigem uma formação específica dos técnicos instaladores, que sem essa componente realizam uma deficiente implementação, comprometendo a eficiência e eficácia da instalação.

Um dos problemas abordados em [20] tem a ver com a relação entre capital humano, descrito como o conjunto das valências e qualificações individuais dos cidadãos de um país, ou “a agregação da capacidade individual para acumular conhecimento” ([7]) e a inovação realizada nesse mesmo país. Esta aparente correlação parece fazer sentido também no que toca à situação portuguesa das tecnologias ambientais. Falta formação e qualificação nos profissionais do sector, e sensibilização e informação do público em geral, conduzindo a um clima de estagnação, em que as “inovações” apresentadas, todas com o seu mérito próprio, é necessário afirmá-lo, pecam por serem importações de ideias já utilizadas noutros países, ao invés de soluções desenvolvidas localmente, que pudessem até eventualmente ser exportadas para outras regiões.

3. Legislação

Quanto à legislação, o panorama é até bastante favorável para quem quer utilizar este tipo de tecnologias, embora com algumas excepções, nomeadamente no caso de implantação de painéis solares em habitações sobre as quais recai um crédito habitação. No entanto, não existem exemplos de políticas de “enforcement”, ou seja a opção da utilização deste recurso é deixada a cada utilizador ao contrário de políticas praticadas em certos outros países, nomeadamente a Espanha, onde por exemplo em Barcelona todos os prédios de construção recente são obrigados a ter água quente solar. Por outro lado existe também uma certa inércia, falta de conhecimento ou talvez até alguma falta de flexibilidade por parte dos organismos públicos em adoptarem este tipo de tecnologias. A utilização de energias renováveis em edifícios públicos seria uma boa forma de se publicitar os efeitos deste tipo de energia, além de que o próprio edifício ou organismo poderia beneficiar de contrapartidas financeiras. Assim enquanto que na Alemanha, 15% da energia em edifícios públicos é produzida por energias renováveis, em Portugal desperdiçam-se oportunidades como por exemplo o facto da cobertura dos novos estádios de futebol não ter sido feita em painéis solares fotovoltaicos.

4. Imagem

Em Portugal o típico é mesmo aliar as piores propostas em termos arquitectónicos e de construção com a utilização de energias renováveis o que só vem degradar a imagem deste tipo de produtos visto que o utilizador mantém consumos elevados de energia que provavelmente não são unicamente compensados pela energia renovável produzida. Por outro lado,

existe uma certa falta de bom senso nos projectos concebidos acontecendo por vezes que a oferta não coincide com a procura. Um exemplo disto é transformar, aquando da sua reabilitação, um prédio de habitação num prédio de escritórios, quando este, em termos de características essenciais está completamente desadequado. Isto resulta num maior consumo de energia em climatização por exemplo.

5. Factor Dimensão

Os factores de escala surgem também como é natural num país com a dimensão de Portugal, limitando fortemente a viabilidade deste tipo de tecnologias, dado o reduzido número de projectos de investimento. No entanto prevê-se que economias de escala provenientes da utilização em massa de equipamento solares passivos poderiam rapidamente induzir o custo destes sistemas a um nível perfeitamente competitivo com as restantes energias convencionais. O Prof. Collares-Pereira refere em [6] que um investimento da ordem de grandeza do que foi realizado para a introdução do gás natural em Portugal, no montante aproximado de 500M€ (500 milhões de Euros), teria certamente um retorno superior caso fosse aplicado à introdução de energias renováveis. Este resultado sugere que o mesmo investimento deveria ser considerado a curto prazo, de forma a garantir a Portugal uma posição de primazia num mercado que se avizinha de grande dimensão.

Em adição à energia solar, o Prof. Collares Pereira descreve ainda em [6] diversas formas de que Portugal dispõe para incrementar a parcela de energia produzida a partir de fontes renováveis, como sejam a exploração de micro e mini hídricas (em complemento da grande hídrica já bastante difundida), a utilização da biomassa como combustível, a energia das ondas e a energia eólica, entre outras.

F. Medidas a tomar

“It is in the hands of humanity to make development sustainable, that is to say, seek to meet the needs and aspirations of the present without compromising the ability of future generations to meet their own.” [31]

1. Institucionais

No âmbito do Fórum de Energias Renováveis em Portugal que teve lugar em 2002, foram propostas várias medidas em consonância com os objectivos do programa E4 [14]. Estas são, sumariamente, a promoção de edifícios termicamente eficientes, a revisão dos regulamentos existentes (RCCTE e RSECE) e a criação de condições de fiscalização eficientes para fazer cumprir esta regulamentação, a introdução da certificação energética dos edifícios inserida no Sistema Português de Qualidade, a formação técnica

dos projectistas, instaladores, construtores, promotores, licenciadores e a consciencialização e formação do consumidor, o estabelecimento de requisitos de formação e competência técnica para os técnicos, a promoção dos edifícios energeticamente eficientes através de exemplos do património da Administração Central, a institucionalização de um Observatório da Energia nos Edifícios entre outras.

Dentro destas medidas, tem havido alguma evolução, nomeadamente no que toca à revisão dos dois regulamentos existentes (RCCTE e RSECE) e à formação técnica, particularmente dos instaladores de painéis solares. No entanto ainda resta muito por fazer, sendo de notar que as três medidas essenciais e que na opinião dos investigadores desta área irão revolucionar o sector da construção, ainda esperam a sua oportunidade, sendo indefinida ainda a data do seu lançamento: o Observatório para a Energia em Edifícios, meio de sensibilização dos consumidores, a legislação revista (RCCTE e RSECE) que se prevê permitir melhorar em muito as condições de construção em Portugal, e a certificação de edifícios, fechando o elo entre o papel do consumidor e o papel do promotor.

2. Sensibilização, formação e informação

A introdução de fontes de energia renováveis em edifícios ou de medidas que melhoram a sua eficiência energética tem necessariamente de passar por medidas de sensibilização da opinião pública para a diminuição dos gastos energéticos e para a racionalização dos recursos existentes propondo-lhe alternativas. Tomando o exemplo da Grécia, que tem uma situação semelhante à de Portugal no que toca aos recursos energéticos (fósseis e solares) e ao desenvolvimento nacional em termos económicos e sociais, está muito mais desenvolvida em termos da energia solar do que Portugal (Portugal tem até 1999 219500 m² de painéis solares instalados enquanto que a Grécia tem 2645000 m²) sem ter tido grandes incentivos financeiros. A diferença está “apenas” no facto da indústria solar Grega ter beneficiado de duas medidas do governo: adesão pública à energia solar e dois minutos por dia durante 2 anos no canal de televisão do Estado [14].

Um ponto a focar na formação dos responsáveis pelo desenho das habitações é relativo à importância de dedicar aos métodos naturais de aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação, que só por si podem contribuir para a quase totalidade (por vezes mesmo a totalidade) das necessidades de uma habitação, em detrimento de métodos mecânicos/artificiais, com um claro ganho em termos económicos. Para que estas preocupações sejam realmente levadas em linha de conta é necessário que também se invista na formação dos utilizadores, de forma a aumentarem o seu nível de exigência e assim forcarem a evolução do mercado.

Por fim, foi com uma agradável surpresa que verificámos a enorme quantidade de informação existente, não só na Internet, mas também no INETI, na ADENE e em todos os eventos em que participámos. A maior parte dessa informação é até gratuita e está disponível para quem a quiser.

Embora grande parte dela seja técnica existem inúmeros folhetos informativos para o grande público sobre os mais diversos programas e incentivos.

No entanto, o que nos surpreendeu ainda mais, foi precisamente perceber que uma das razões pela qual este tipo de arquitectura não é mais desenvolvida é precisamente pela suposta falta de informação dos consumidores! Existe então um paradoxo!

Parece-nos que existe uma descoordenação na acções tomadas, sobretudo nos canais de comunicação, que não permitem que a informação chegue ao grande público. Uma sugestão nossa é então que já que se investe em panfletos de carácter informativo que apenas são lidos habitualmente pelo público que já conhece este tipo de arquitectura, e que portanto se interessa por estas questões, porque não aproveitar a “moda” da publicidade nas caixas de correio para que se distribuam estas informações por todos os portugueses?

3. Financiamento

Um esquema possível para resolver problemas de financiamento de soluções bioclimáticas será o das empresas implementadoras financiarem o investimento inicial contra o pagamento das economias energéticas derivadas da implantação das medidas durante um determinado período de tempo. Poder-se-á afirmar com alguma segurança que isto seria uma solução extremamente apropriada para ambas as partes, visto que o cliente resolveria o seu problema de financiamento e o seu problema energético, e a empresa fornecedora seria ressarcida pelo investimento realizado, com um retorno que poderia até variar com a eficiência das medidas implantadas, favorecendo uma cultura de excelência. Claro que este método de financiamento obriga à existência de uma de duas situações estruturais: ou a empresa fornecedora tem robustez e liquidez financeira suficiente para assegurar por si só o investimento a realizar, situação algo duvidosa, dada a reduzida dimensão das empresas existentes nesta área no tecido empresarial português e os elevados investimentos a realizar (quantas empresas poderiam arcar com um investimento de 1M€ sem recorrer à Banca?), ou a Banca teria que ter um papel activo, apostando fortemente nesta área enquanto investimento de retorno praticamente garantido, e portanto com condições de crédito favoráveis.

Este enquadramento teria a vantagem que a empresa estaria a vender um serviço (de eficiência energética) e não um produto, mas obrigaria a uma mudança radical de paradigma empresarial nesta área.

V - Arquitectura Bioclimática e Inovação

“without skills, ideas may be irrelevant, and without ideas, there is no need for new and better skills”, [8]

Após esta dissertação sobre as bases da Arquitectura Bioclimática e da sua actual situação no nosso país, resta-nos tecer algumas considerações sobre a sua relação com a inovação.

A arquitectura Bioclimática, como qualquer sector estratégico para o nosso país, tem de ser movido pela inovação. Para além disso, depois do que foi apresentado neste trabalho, até o mais leigo dos leitores poderá concluir que não só este deve ser um sector estratégico para o país como também está intimamente interligado com inovação por diversas razões.

Em primeiro lugar destaca-se que este tipo de “filosofia” é a base do futuro do desenvolvimento sustentável e como tal deveria ser um sector chave para qualquer governo. Ora, em [20] refere-se justamente a importância de políticas governamentais que promovam eficazmente a inovação em sectores estratégicos para o país. A Arquitectura Bioclimática e a Construção Sustentável serão certamente duas áreas com impacto significativo na sociedade e na economia portuguesa em anos vindouros.

Em adição, entre as preocupações principais dos habitantes dos países da OCDE está o Desenvolvimento Sustentável. É extraordinário que esta preocupação seja já posta ao mesmo nível que outras como a Saúde e a Segurança, sendo ainda mais notável o facto de que a sociedade já se começa a aperceber que a questão do Desenvolvimento Sustentável contém ramificações muito para além da protecção do ambiente, sendo uma delas a **Construção Sustentável**. Esta área será porventura uma das que mais directamente intervém no dia-a-dia dos cidadãos, não se percebendo portanto que a esta não seja dada maior ênfase nas preocupações governamentais.

Em segundo lugar, refere-se a multidisciplinaridade no seio da Arquitectura Bioclimática, envolvendo arquitectos e engenheiros de formações diversas. Ora, outra questão referida em [20] prende-se precisamente com a crescente multidisciplinaridade associada aos sistemas de ciência e inovação. Efectivamente, cada vez mais as inovações são obtidas através da cooperação de diferentes sectores do conhecimento, factor que já vimos ser essencial a uma Arquitectura Bioclimática eficaz. Aliás, no dia 29 de Maio, aquando da entrega dos prémios do concurso promovido pelo programa P3E sobre edifícios energeticamente eficientes, o Arqº Siza Vieira frisou precisamente que este prémio tinha fomentado a comunicação entre engenheiros e arquitectos, num diálogo que ele achou fundamental e muitíssimo enriquecedor.

Em terceiro lugar, importa sublinhar que o desenvolvimento sustentável está inequivocamente relacionado com a optimização dos recursos disponíveis através da evolução dos processos utilizados ou da emergência de novas tecnologias que auxiliem a este fim. Assim sendo, conclui-se que o desenvolvimento sustentável está inerentemente ligado ao conceito de inovação, inovando os processos e propondo soluções que apesar de não lidarem com alta tecnologia, são inovadoras.

Por fim, destaca-se ainda a profunda revolução que terá lugar quando todas estas soluções passarem a ser de utilização comum e frequente. A maior inovação de todas será a imposta pela revolução na organização e estruturação de todo o sector da construção e pela revolução de mentalidade de todos os intervenientes, desde o promotor ao consumidor. Nessa altura, conseguir-se-á uma alteração profunda no que respeita o desenvolvimento sustentável.

Esta área é então sem dúvida uma fonte de inspiração para arquitectos e engenheiros assim como um factor de bem estar para a humanidade, melhorando qualidade de vida de futuras gerações.

VI - Caso de estudo: O pavilhão de civil



Figura 50: O edifício do Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do IST

O Pavilhão de Engenharia Civil do IST foi projectado no início dos anos 80 mas foi apenas inaugurado em 1991. O seu projecto foi altamente criticado visto que foi importado de uma arquitectura de países nórdicos, altamente inadequada ao nosso clima. Apenas por esta razão se explica que a área envidraçada represente cerca de 60% da área total de fachada, sendo que uma parte não tem sequer sombreamento, mais especificamente as superfícies horizontais que cobrem o último piso do edifício e que provocam um efeito de estufa atingindo os quase 40°C no Verão. Para além disso, o edifício apresenta também problemas no isolamento.

Por estas razões, e apesar de existirem áreas ventiladas naturalmente, é preciso a utilização de um sistema de climatização artificial, sobretudo no Verão. Este é sem dúvida o principal responsável pelos elevados gastos em energia.

O projecto proposto, que pretende realizar a reabilitação térmica e de conforto do Pavilhão de Engenharia Civil, teve a coordenação científica do Dr. Nick Baker, da Universidade de Cambridge, envolvendo os departamentos de Engenharia Civil e de Arquitectura do IST e a ADENE.

Foi submetido e aprovado pelo programa de financiamento Eco-Building da União Europeia em Março de 2002, dentro de uma proposta de reabilitação de outros edifícios europeus: o Hospital Estatal de Atenas, a Universidade Técnica de Eindhoven, o Lycée Regional du Pays de la Loire, duas torres de escritórios em Dublin, a sede da Royal Dutch Navy em Roterdão, um edifício da Universidade de Florença e o ministério das finanças da Grécia.

Algumas das acções consideradas neste projecto são pioneiras em Portugal, tais como a introdução de um sistema de AVAC baseado num ciclo de absorção alimentada por painéis solares, solução esta aliada a outras

medidas como o sombreamento das áreas envidraçadas problemáticas, a substituição dos vidros simples por vidros duplos com baixa emissividade, a introdução de um sistema de gestão de energia (BEMS), a introdução de sensores de presença nas salas e a melhoria do isolamento do edifício.

Uma redução em cerca de 50% do consumo de energia e de emissões anuais totais de CO₂ constitui o objectivo do projecto, sendo o payback calculado em 8 anos, para um investimento de cerca de €1,022,000.

Visto ter ganho a candidatura ao financiamento do programa Eco-Building, foi-lhe atribuído um financiamento de 35%, sendo depois necessário submeter o restante a concurso publico às entidades portuguesas competentes. No entanto o IST e o programa Eco-Building não chegaram a acordo sobre o modelo de financiamento a seguir levando à perda do apoio do programa.

Mesmo assim, o projecto irá ser realizado, embora sem o AVAC solar, que será substituído por soluções mais convencionais.

Com este infeliz exemplo, chega-se de facto à conclusão que o caminho a percorrer nesta área ainda é longo e que é necessário que haja vontade e coordenação política e institucional para incentivar e fomentar este tipo de iniciativas e não as deixar morrer!

VII - Conclusão

“ [...] sustainable development is not a state of fixed harmony, but a process of change whereby the exploitation of resources, the direction of investment, the orientation of technological progress and changes to institutions correspond to the needs of both the present and the future. We cannot seek to affirm that this process will be simple or easy. On the contrary, it will be necessary to make difficult choices. For this reason, finally, sustainable development must be supported by political resolution[...].”[31]

O nosso planeta sempre primou pela diversidade e por nos surpreender com as soluções mais inimagináveis. A Arquitectura Bioclimática, pelo facto de propor uma construção com soluções específicas a cada situação, é um desafio à criatividade de toda a comunidade e insere-se nesta lógica de diversidade tão essencial à sustentabilidade. Com o crescimento da população e aumento das suas exigências a nível de conforto, a implantação de soluções sustentáveis é premente e inevitável.

O desafio principal ao avanço desta área é nitidamente cultural e organizacional, associado à consciência ambiental da sociedade e não meramente a questões tecnológicas como muitas pessoas crêem. Diversas tecnologias ambientais já atingiram um nível de maturidade que as tornam economicamente viáveis, visto que apesar de representarem um investimento inicial mais elevado, têm a contrapartida de um custo operacional praticamente nulo: um esquentador será certamente mais barato do que um painel solar, mas o gás consumido pelo primeiro será um custo para o consumidor durante toda a vida útil do mesmo, enquanto que o sol utilizado pelo painel é uma energia absolutamente gratuita e disponível sem preocupações para a humanidade durante os próximos milhões de anos.

Outros factores de relevo impeditivos de um maior crescimento da área da arquitectura bioclimática prendem-se com a falta de pessoal qualificado e mecanismos de suporte financeiro à inovação. Não só existe falta de qualificação, como o percurso a seguir pelas pessoas qualificadas que pretendem promover esta área é bastante dificultado pela inexistência de mecanismos adequados.

A situação que se vive em Portugal é algo desanimadora, pois as empresas que exploram este tipo de soluções estão ainda um pouco atrasadas, e nem sempre aconselham os clientes da melhor maneira. Por esta razão, quem tem de trabalhar com estes equipamentos procura informação (e de seguida compra) a parceiros estrangeiros. Esta situação é particularmente chocante, pois sendo Portugal um “Kuwait solar” seria de esperar alguma inovação e incentivo a estas soluções. Ao invés, esbanjamos energias renováveis como ninguém e naturalmente, desejando um conforto térmico elevado, utilizamos a rede convencional como compensação.

Como conclusão, gostaríamos de deixar à consideração dos leitores algumas questões que nos surgiram no âmbito deste trabalho e cujas respostas não soubemos encontrar.

Como é que se explica que o Instituto Superior Técnico tenha construído um edifício há cerca de um ano, o edifício que alberga o Centro Médico e o Gabinete de Apoio ao Estudante, e que este não tenha beneficiado das técnicas de Arquitectura Bioclimática, tendo este Instituto justamente um núcleo de investigação nesta área? Como é que se quer que haja bons exemplos nos edifícios públicos se nem sequer num Instituto de Ensino e de Investigação com o prestígio do Instituto Superior Técnico, com os conhecimentos que aí existem, se aproveitam estas oportunidades? É caso para dizer, faz o que eu digo, mas não faças o que eu faço!

Por outro lado, porque razão os governos não incentivam de forma prioritária a opção das energias renováveis? Será por medo de perderem o controlo sobre uma das suas “vacas gordas”: a energia? Serão as vantagens em termos de ganhos ambientais a médio / longo prazo minorados em prol de impostos sobre os consumos energéticos mais imediatos? Será preferível investir numa nova estrada ou disponibilizar aquecimento solar para toda uma região? A verdade é que as autarquias e o Estado têm poder para promover a explosão da utilização de energias renováveis, mas não o fazem. Porquê? Será que ainda não nos apercebemos que o desenvolvimento sustentável e as energias renováveis são incontornáveis, sustentáculo de um futuro saudável e fonte de riqueza, permitindo a preservação dos nossos recursos e do nosso património natural?

Aliás, porque razão o programa E4 se limita a tecer recomendações e intenções, ao invés de avançar para medidas concretas, nomeadamente legislativas, que forcem o avanço deste mercado? É sem dúvida necessário um pontapé de saída para Portugal sair deste torpor!

*Qual o futuro destas tecnologias e das energias renováveis?
O futuro destas tecnologias e das energias renováveis é tão somente o “FUTURO”
Helder Gonçalves, INETI*

VIII - Bibliografia

1. Achard, P., R. Gicquel. **1986**. "European passive solar handbook: Basic principles and concepts for passive solar architecture", Commission of the European Communities, (preliminary edition)
2. Agua Quente Solar para Portugal. **2001**. ADENE/DGE/INETI
3. Anink, D., C. Boonstra, J. Mak. **1998**. Handbook of sustainable building: An environmental Preference Method for selection of materials for use in construction and refurbishment. James&James (Science Publishers) Limited
4. CCE - Centro para a Conservação da Energia. **1993**. "A Gestão da Energia e o Regulamento para a Gestão da Energia". Direcção Geral de Energia
5. CCE - Centro para a Conservação da Energia. **2000**. "Energia e Ambiente nas Cidades, uma Estratégia Global para a Expo 98". Direcção Geral de Energia
6. Collares Pereira, M. **1998**. "Energias Renováveis, a Opção Inadiável", SPES - Sociedade Portuguesa de Energia Solar
7. Conceição, P. e Heitor, M. **2002**. "Engenharia e mudança tecnológica: as dinâmicas do conhecimento e o desafio da inovação", em Brito, J.M.B., Heitor, M. e Rollo, M.F. (eds), "Engenho e Obra", Don Quixote, pp. 107-122
8. Conceição, P. and Heitor, M. **2003**, "Systems of innovation and competence building across diversity: Learning from the Portuguese path in the European context" in Larisa V. Shavinina (Ed.). International Handbook on Innovation, Elsevier Science, pp.945-975
9. Correia Guedes, M. **2000**. "Thermal Comfort and passive Cooling Design in Southern European Offices", PhD. Thesis, University of Cambridge, Faculty of Architecture, Cambridge
10. Correia Guedes, M. **2003**. "Arquitectura Bioclimática", Revista Ambiente 21, **9**:21-22, ed. Loja da Imagem.
11. Correia Guedes, M.; Anselmo, I.; Lopes, G.; Aguas, M. **2003**. "An Energy Rehabilitation Project for IST's DECivil Building", Proceedings of the 3rd International Postgraduate Research Conference in the Built and Human Environment, ed. University of Salford, Blackwell Publishing, Salford, pp. 85-94.
12. EnerGaia - Agência Municipal de Energia de Gaia

13. Gonçalves, H. *et al.* **1997**. Edifícios Solares Passivos em Portugal, INETI
14. Gonçalves, H., A. Joyce. L. Silva (editores). **2002**. Fórum - Energias renováveis em Portugal: uma contribuição para os objectivos de política energética e ambiental
15. Gonçalves, H. *et al.* **2004**. “Ambiente Construído, Clima Urbano e Utilização Racional de Energia nos edifícios da cidade de Lisboa”, INETI
16. Goulding, J. R., J. Owen Lewis, Theo C. Steemers. **1994**. “Energy in architecture : the european passive solar handbook”, B. T. Batsford
17. Incropera F.P. e D.P. de Witt. **1998**. “Fundamentals of Heat and Mass Transfer”, John Wiley & Sons, 4ª Edição
18. Intelligent Energy - Europe; Global Work Programme 2003-2006; 15 October **2003**
19. Olgyay V., A. Olgyay. **1973**. “Design with climate : bioclimatic approach to architectural regionalism”, Princeton University Press
20. OECD 2004, "Science and Innovation Policy - Key Challenges and Opportunities", OECD, Paris
21. Piedade, A.C., A.M. Rodrigues e L.F. Roriz, “Climatização em edifícios - envolvente e comportamento térmico”, Edição Orion
22. Prémios DGE 2003: Eficiência Energética em Edifícios
23. Thomas, R. **1996** “Environmental design : an introduction for architects and engineers”, E & FN Spon
24. Goulding, John R., J. Lewis, T. Steemers, **1993** “Energy Conscious Design - A Primer for Architects”, Commission of the European Communities
25. Sociedade Portuguesa de Energia Solar, www.SPES.pt
26. Portal das Energias Renováveis, www.energiasrenovaveis.com
27. www.energies-renouvelables.org
28. metaONG.info - Comunidade de Informações para o terceiro sector, <http://www.metaong.info>
29. [www.escolavesper.com.br/ ciclo_do_carbono.htm](http://www.escolavesper.com.br/ciclo_do_carbono.htm)

30. <http://www.nols.edu>
31. BRUNDTLAND REPORT:
<http://www.erf.es/eng/empresa/brundtland.html>
32. <http://rehabadvisor.com>
33. <http://www.aud.ucla.edu/energy-design-tools>
34. <http://www.kahl.net/ipse>
35. <http://www.shadowfx.co.uk>
36. <http://www.ulg.ac.be/lema/>
37. <http://solstice.crest.org>
38. <http://www.geocities.com/mleandror/indicel.htm>
39. <http://www.moreme.pt>
40. <http://www.physics.ubc.ca>