



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA
Departamento de Engenharia Mecânica



CERTIFICAÇÃO ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

Ana Cristina da Nave Gonçalves Caldeira Martins
(Licenciada)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Dissertação para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Professor Eng. Rui Cavaca Marcos

Júri:

Presidente: Professor Eng. Francisco Manuel Fernandes Severo;

Vogal: Mestre Dr. Alexandre Fernandes; Director Geral da ADENE;

Vogal: Professor Eng. Rui Cavaca Marcos

Dezembro 2010

Agradecimentos:

Em primeiro lugar quero agradecer ao meu orientador, Prof. Rui Cavaca Marcos, pelo acolhimento da ideia, pela disponibilidade e acompanhamento deste estudo.

Ao Departamento Técnico da Sanyo Internacional, pela disponibilização de informação relativa aos sistemas de tecnologia foto voltaica e seu emprego em habitações para produção de energia própria.

À Empresa SOFALCA – pela disponibilização do programa informático ICBTERME 2009, para cálculo de coeficientes térmicos e informação técnica detalhada sobre a Cortiça.

Ao Arquitecto João Moreira, pela cedência de elementos de arquitectura, no eco design de edifícios passivos.

Agradeço à minha família pelo apoio e incentivo na realização desta dissertação, sem eles provavelmente esta não teria visto a luz do dia.

Aos meus amigos, que muita compreensão tiveram, para com as minhas faltas de atenção, para com eles.

Dedico este trabalho à minha querida filha Joana.

*Outros haverão de ter
O que houvermos de perder.
Outros poderão achar
O que, no nosso encontrar,
Foi achado, ou não achado,
Segundo o destino dado.*

in "Mensagem" de Fernando Pessoa

Resumo

PARADIGMA (do grego *parádeigma*) significa o exemplo que serve como modelo; o sistema ou modelo conceptual que orienta o desenvolvimento posterior das pesquisas, estando na base da evolução científica padrão; Thomas Kuhn disse "um paradigma, é aquilo que os membros de uma comunidade partilham e, inversamente, uma comunidade científica consiste em homens que partilham um paradigma".

Até há pouco tempo, a forma como temos usado os nossos recursos energéticos, como (re) construimos as nossas cidades, como nos comportamos diariamente demonstra um padrão comum, consagrado na ideia de poder usar os diversos recursos à nossa disposição, ilimitadamente sem restrições.

O Aquecimento Global é uma realidade incontornável. A forma de mitigar o seu aumento será através da redução drástica dos gases de efeito de estufa – GEE. O Protocolo de Quioto estabelece as metas de emissões GEE que os países que o ratificaram acordaram, até 2012. Os meios científicos alertam, que será muito importante limitar o aquecimento global a 2 Graus até 2020.

Para se caminhar no sentido da Mitigação das Alterações Climáticas surge o desenvolvimento sustentável. Conforme o Relatório da Comissão Brundtland, este é definido como “ a forma de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras poderem também satisfazer as suas”.

O desenvolvimento sustentável obriga-nos a olhar para o Planeta com outros olhos. De repente, percebemos que afinal os recursos que a mãe Terra nos oferece não são ilimitados e que a forma como os usamos não é isenta. A nossa vida neste maravilhoso planeta azul pode estar em risco. Mais: a vida dos nossos filhos que amamos poderá estar em risco ou no mínimo, eles poderão não ter à sua disposição, aquilo que nós tivemos.

Todas as áreas de intervenção do homem terão de ser analisadas. Esta estratégia terá de ser assumida globalmente. A nossa vida privada deverá mudar, as nossas cidades deverão mudar. As cidades inteligentes ou Smartcities enquadram todas as áreas que as compõem nos pressupostos do novo modelo: o desenvolvimento sustentável.

Uma das áreas é representada pelos edifícios. Os edifícios são responsáveis por uma fatia muito grande no consumo energético total. Na União Europeia o seu consumo representa cerca de 40% do total de energia final, e conseqüentemente são responsáveis por uma grande parte das emissões de GEE para a atmosfera.

A Certificação Energética de Edifícios é o meio de promover o desenho de edifícios de menor consumo energético. Pretende-se que num futuro próximo o consumo dos edifícios seja perto do zero, ou zero. Esta pretensão aplicar-se-á a todos os edifícios: novos e existentes. Este trabalho pretende explicar o que acabámos de descrever e quem sabe iluminar um pouco mais o caminho para o desenvolvimento sustentável.

Efectuou-se um levantamento e análise às casas passivas, analisamos a sua evolução, seu desenvolvimento, comparando as diferenças que será necessário implementar entre diferentes zonas climáticas (centro da Europa e Portugal). Desenvolvemos um estudo completo de eficiência energética de uma habitação localizada na zona de Sintra. Estudámos o impacto que seria a aplicação de isolamento exterior de cortiça, calculámos os ganhos percentuais.

Numa altura em que a mudança de conceitos e mentalidades, se processa a diferentes velocidades, cria-se com este trabalho a oportunidade de desenvolver um documento orientador, destinado aos técnicos das especialidades envolvidas, uma dissertação; que constitua um ponto de partida para o desenvolvimento e aplicação de ideias e diferentes tecnologias sustentáveis, com conclusões. Introduziu-se neste estudo a Cortiça, como isolamento natural de origem nacional.

Abstract

PARADIGM (of the Greek *parádeigma*) it means example that serves as model; the system or conceptual model that guides the posterior development of the research, being in the base of the scientific evolution standard; Thomas Kuhn said “ a paradigm, is what the members of a community share and, inversely, a scientific community consists of men who share a paradigm”.

Until some time ago, the way as we have used our energy resources, as we (re) construct our cities, our daily attitude show a common standard, consecrated in the idea that we can use the energy in its available forms, without restrictions.

Global warming is an inescapable reality. How to mitigate its increase is through drastic reduction of greenhouse gases – GEE. The Kyoto Protocol sets out the goals of GHG those countries that ratified the Treaty agreed by 2012. Scientists warn, which is very important to limit global warming to 2 degrees until 2020.

For the mitigation of climate change comes to sustainable development. As the Report of the Brundtland Commission, this is defined as "the way to meet the needs of the present without compromising the ability of future generations can also meet their".

Sustainable development requires us to look at the Planet with other eyes. Suddenly, we realize that after all, the resources that the mother Earth gives us aren't unlimited and the way we use them is not exempt. Our life in this wonderful blue planet may be at risk. More: the lives of our beloved children may be at risk or at least they may not have at its disposal, what we had.

All areas of human intervention will have to be analyzed. This strategy must be taken globally. Our private life will change, our cities should change. Smart cities fall into all areas that are composed in the assumptions of the new model: sustainable development.

One of the areas is represented by buildings. Buildings account for a very large share in total energy consumption. In the European Union consumption represents about 40% of total final energy, and therefore is responsible for a large proportion of GHG emission into the atmosphere.

The energy certification of Buildings is the means to promote the design of buildings lower energy consumption. It is intended that in the near future consumption of buildings to be zero, or close to zero. This claim shall apply to all new and existing buildings: This paper aims to explain the described and maybe even illuminate the path to sustainable development.

Was carried out a survey and analysis to passive house, we analyze the evolution, development, comparing the differences that will need to implement different climatic zones (central Europe and Portugal). We developed a complete study of energy efficiency of a house located in Sintra. We studied the impact that would be the application of external insulation of cork, we calculated the percentage gains.

At a time when the change of mentalities and concepts, proceeds at different speeds, it creates this work the opportunity to develop a guidance document, intended for technical specialties involved, a dissertation, which constitutes a starting point for development and implementation of sustainable technologies and different ideas, with conclusions. Introduced in this study the cork, as natural insulation of domestic origin.

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	v
Abstract	vii
Índice	ix
1. Introdução	1
1.1. Contexto operacional da certificação energética dos edifícios	1
2. Mudança de Clima	2
2.1. Introdução	2
2.2. Definição	2
2.3. Radiação Solar	4
2.4. Gases de Efeito de Estufa	15
2.5. Ferramentas de Monitorização do Clima	16
2.6. Factores que alteram o clima	19
2.7. Aquecimento Global	23
2.8. Desenvolvimento do Clima em Portugal	27
2.9. Cenários do RECE	28
2.10. Previsões dos impactos no Planeta do Aquecimento Global	30
2.11. Projecção global de gases GEE	32
2.12. Conclusões	33
3. Comportamento Sustentável	35
3.1. Definição	35
3.2. Carta da Terra	36
3.3. Desenvolvimento sustentável e Mitigação da Mudança do Clima	37
3.3.1. Introdução	37
3.3.2. Definições	38
3.3.3. CQNUAC-Conf. Quadro ONU Alterações Climáticas	41
3.3.4. Emissões Regionais de Gases GEE	42
3.3.5. Potencial Económico e custos da Mitigação	45
3.3.6. Fugas de Carbono	46
3.3.7. Contribuições para a Mitigação de Mudança do Clima	47
3.3.8. Estabilização dos Gases de Efeito de Estufa	49

3.3.9.	Políticas e instrumentos nacionais para criação de incentivos	52
3.3.10.	Conferência das Partes COP	52
3.3.11.	Protocolo de Quioto	54
3.3.12.	Carbono equivalente	55
3.3.13.	Rotulagem	56
3.3.14.	Créditos de Carbono	58
3.3.15.	Mecanismos de Mitigação	59
3.3.16.	CELE Comércio de Licenças de Emissão de Gases	60
3.3.17.	MDL	60
3.3.18.	Redução de Emissões GEE assumidas por Portugal	61
3.3.19.	PNAC	62
3.3.20.	PNALE/PNALE II	63
3.3.21.	FPC – Fundo Português de Carbono	64
3.3.21.1.	– Cumprir Quioto	64
3.3.22.	NIR	65
3.3.22.1.	Emissões GEE Portugal 1990-2008	65
3.3.22.2.	Fontes de Emissões GEE 1990-2008	67
3.3.22.3.	Historial do Fornecimento de Energia em Portugal	71
3.3.22.4.	Medidas do PNAC	73
3.3.22.5.	Procura de Energia em Portugal	76
3.3.22.6.	Energia Final, Primária, Útil	78
3.3.22.7.	Gases Fluorados	79
4.	Cidades Inteligentes	80
5.	Arquitectura Bioclimática para os edifícios em Portugal	84
5.1.	Factores Bioclimáticos	84
5.1.1.	Temperatura do ar exterior	85
5.1.2.	Geometria Solar	88
5.1.3.	Clima	92
5.2.	Envolvente dos Edifícios	92
5.2.1.	Efeitos da Radiação na Fachada dos Edifícios	92
5.2.2.	Efeito da Transferência de Calor na Envolvente dos Edifícios	96
5.3.	Estratégias Bioclimáticas	97
5.3.1.	Sistemas Passivos de Climatização	98

5.3.2.	Carta Bioclimática de Baruch Givoni	101
5.3.3.	Zonas Climáticas do RCCTE	103
5.3.4.	Projecto Passive-On Portugal	108
6.	Directiva 2002/91/CE-EPBD	120
6.1.	Introdução	120
6.2.	Descrição	121
6.3.	Estatística	124
6.4.	Revisão da Directiva 2002/81/CE	126
6.5.	NZEB	127
6.6.	Edifícios Verdes	129
7.	Exemplo de Arquitectura Bioclimática em Portugal	130
8.	Edifícios Passivos em Portugal	132
8.1.	Clima	132
8.2.	Determinação da Temperatura Interior de Conforto	133
8.2.1.	Modelo de Fanger – Norma ISSO 7730	133
8.2.2.	Modelo de Conforto Adaptivo – EN 15251 – 2007	136
8.3.	Projecto Passivo na Europa Central e em Portugal	138
8.4.	Estratégias de Eco-Design em Portugal	141
8.4.1.	Exemplos de Estratégias de Eco-Design	145
8.4.2.	Projecto de Casa Passiva Portuguesa	147
8.5.	Isolamento Exterior da Envolvente	148
8.5.1.	Cortiça	150
8.6.	Aplicação do RCCTE a um Edifício de Habitação	151
8.7.	Aplicação de Isolamentos Exteriores	168
9.	Conclusões	169
10.	Referências	179
11.	Glossário	180
12.	Terminologia	182

1. Introdução

Esta dissertação dedica-se ao tema “Certificação Energética de Edifícios”.

A Certificação Energética de Edifícios, consiste na etiquetagem dos edifícios com uma classificação semelhante à que observamos num simples electrodoméstico, que poderá ir de A⁺ a G (melhor classe de eficiência energética à pior). Um edifício com classificação A+ apresenta a melhor relação entre as suas necessidades anuais de energia primária para climatização e águas quentes sanitárias - N_{tc} , e o valor máximo regulamentar para as mesmas necessidades - N_t . Sabendo o valor de N_{tc} podemos calcular as emissões de $CO_{2equivalente}$ que esse edifício produz, traduzindo a quantidade anual estimada de gases de efeito de estufa libertados para a atmosfera.

Para quem não se debruça sobre esta questão ao ler o anterior parágrafo, entende que a certificação energética dos edifícios permite quantificar o valor que cada edifício emite anualmente de gases de efeito de estufa. Mas pode questionar-se: porquê a necessidade de quantificação de emissão de CO_{2eq} nos edifícios?

1.1. Contexto operacional da certificação energética dos edifícios.

A forma de responder à pergunta anterior reside na aplicação do contexto operacional do tema desta dissertação. Todos nós já ouvimos falar do aquecimento global, do efeito de estufa, dos gases de efeito de estufa. O aquecimento global refere-se ao aumento de temperatura na superfície terrestre e na água do mar. Este aquecimento traz efeitos nefastos na alteração do clima tendo sido responsável por tempestades violentas e destrutivas levando à perda de vidas humanas e elevados prejuízos materiais. Sem falar que o aumento da temperatura é responsável pela degradação dos habitats naturais onde também se insere o homem. O aquecimento global é provocado pelo fenómeno conhecido como o efeito de estufa. A explicação simples do efeito de estufa reside no seguinte: a superfície terrestre recebe por radiação solar a energia do sol e emite parte dela para a atmosfera, por seu lado, a atmosfera recebe essa energia e volta a re emití-la para a superfície terrestre. Os gases de efeito de estufa são responsáveis pela retenção dessa energia impedindo que esta se liberte para o espaço, e volte para a superfície da Terra. Havendo a quantidade correcta de GEE (gases de efeito de estufa) a temperatura da superfície da Terra mantém-se quase inalterada, mas com o aumento exponencial destas emissões para a atmosfera, a mesma irá inevitavelmente aumentar. As alterações climáticas estão hoje na agenda dos decisores políticos do planeta sendo um assunto incontornável. É aceite a nível global a necessidade de mitigação da mudança do

clima e para se atingir este objectivo é necessário agir em todos os sectores da actividade humana. O contexto operacional da Certificação Energética dos Edifícios, consiste na definição da sua contribuição para o aquecimento do Planeta e como se poderá reduzi-la ou mesmo anulá-la.

2. Mudança do Clima

2.1. Introdução

O clima influencia a nossa actividade diária a todos os níveis, dita a nossa felicidade e a nossa vida. Fazemos planeamento de tudo em função do clima quer seja presente ou futuro, querendo acreditar na sua imutabilidade.

Uma das definições do clima é dada pelo Instituto de Meteorologia, IP Portugal, que nos diz:

*“**Clima** – Síntese dos estados de tempo característicos de um determinado local ou regiões num determinado intervalo de tempo. Para definir o clima recorre-se à estatística e utilizam-se valores médios, variâncias, valores extremos, probabilidades de ocorrência, etc. O intervalo de tempo ou período utilizado deve ser suficientemente longo para que a caracterização do clima tenha significado estatístico, sendo usualmente utilizadas médias de 30 anos, conhecidas como Normais Climatológicas.”*

2.2. Definição

Para nós, o significado empírico de que o clima está a mudar está relacionado com a percepção e experiência da nossa vida desde crianças até à idade adulta. Todos os dias nos queixamos do clima, e o comparamos com as imagens do nosso passado quando existiam quatro estações perfeitas, a Primavera, o Verão, o Outono e o Inverno que se sucediam conforme as datas definidas no calendário.

A tradução simples de **mudança do clima**, significa a variação do clima em escala global ou regional, na Terra ao longo do tempo.

O IPCC, ou seja, Painel Intergovernamental sobre as alterações climáticas é o principal organismo a nível global de avaliação do clima, estabelecido pela UNEP – United Nations Environment Programme e a OMM – Organização Meteorológica Mundial, para fornecer ao mundo científico uma visão clara sobre o tema. Os governos estão envolvidos no trabalho do IPCC e participam activamente nos processos de revisão e nas sessões plenárias, onde as principais decisões sobre o programa de trabalho do IPCC são tomadas e os relatórios aceites, adoptados e aprovados.

No Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, do IPCC, encontramos duas definições:

- A definição do IPCC refere-a como “qualquer mudança no clima ocorrida ao longo do tempo, devido à variabilidade natural ou decorrente da actividade humana”
- A definição da Convenção-Quadro da Nações Unidas¹ sobre Mudança do Clima, refere-a como “a uma mudança no clima que é atribuída directa ou indirectamente à actividade humana, alterando a composição da atmosfera global, e é adicional à variabilidade natural do clima observada ao longo de períodos comparáveis de tempo”.

O Instituto de Meteorologia, IP Portugal define alteração climática como:

- *“Alteração Climática – Variação estatisticamente significativa, tanto no estado médio do clima como na sua variabilidade, persistindo por um período extenso, tipicamente décadas ou períodos superiores.
As alterações climáticas podem ser originadas por processos naturais internos do sistema climático ou forçamentos externos, ou por actividades humanas persistentes com influência na composição da atmosfera.”*

Surge então a interrogação: O que está a variar no clima para o alterar?

Podemos dividir em dois grandes grupos os factores que podem alterar o clima: factores naturais e factores humanos.

Antes de descrever estes factores é importante perceber como funciona o processo do clima pelo iniciamos com uma abordagem simples ao tema.

¹ Convenção- Quadro das Nações Unidas

2.3. Radiação Solar

A radiação solar refere-se à energia radiante emitida pelo Sol, em particular aquela que é transmitida sob a forma de radiação electromagnética. Parte desta energia é emitida como luz visível na parte de frequência mais alta do espectro electromagnético e a restante na do infravermelho (IV) e radiação ultravioleta (UV). A radiação solar fornece anualmente para a atmosfera terrestre $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia, a qual, para além de suportar a vasta maioria das cadeias tróficas, sendo assim o verdadeiro sustentáculo da vida na Terra, é a principal responsável pela dinâmica da atmosfera terrestre e pelas características climáticas do planeta. A radiação apresenta-se como uma forma de transferência de calor em que a energia é transferida de um objecto para outro sem que o espaço entre ambos seja, necessariamente, aquecido. No caso da atmosfera, a fonte de calor é o Sol. A energia radiante solar percorre o espaço sob a forma de ondas electromagnéticas e aquece a superfície terrestre sem causar um aumento significativo da temperatura do ar. De facto, diferentes corpos absorvem energia de forma diferenciada.

As ondas electromagnéticas não necessitam de um meio de propagação; elas viajam no espaço à velocidade de 299 792 458 km/s correspondente à velocidade da luz no vácuo (c_0); na atmosfera terrestre, a sua velocidade diminui para 299 710 km/s. As características da radiação electromagnética são totalmente definidas pelo seu comprimento de onda (λ)

correspondente à distância entre dois máximos ou pela sua frequência (ν), relacionadas pela expressão:

$$\nu = \frac{c_0}{\lambda}$$

A radiação está associada a diferentes comprimentos de onda. Quanto menor é o comprimento de onda maior é a energia transportada.

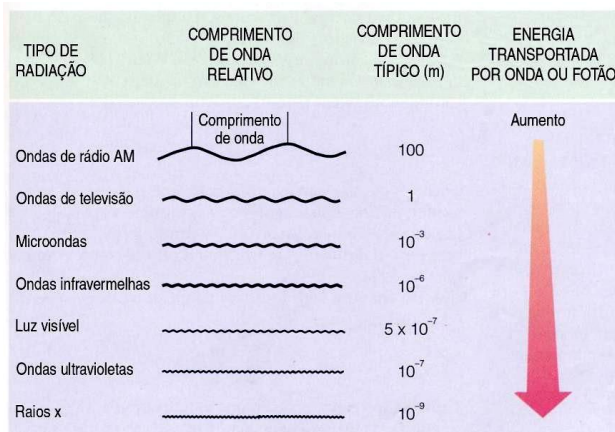


Figura 1 - Caracterização da radiação de acordo com o seu comprimento de onda (Adaptada de Meteorology Today, C. Donald Ahrens) – Fonte: Projecto Proclira – Radiação Solar e Terrestre

Por outro lado, a radiação solar está associada à emissão de luz, por sua vez associada à presença de fótons²: a radiação solar consiste num fluxo de fótons que se propaga de acordo com o que foi previamente descrito.

A energia associada a um fóton é uma função da sua frequência, de acordo com a Lei de Plank:

$$W = h\nu$$

h - constante de Plank (6.63x10⁻³⁴ Js)
 ν – frequência

Na Figura 2 apresenta-se o espectro electromagnético. A luz visível é um caso particular de radiação electromagnética, directamente acessível à nossa visão, correspondendo a um pequeno intervalo do espectro (comprimentos de onda entre cerca de 0.4 μm³ e 0.8 μm). As diferentes bandas do espectro electromagnético designam-se por radiação Gama (g), X, Ultravioleta (UV), Visível, Infravermelha (IV), Microondas e Ondas de Rádio.

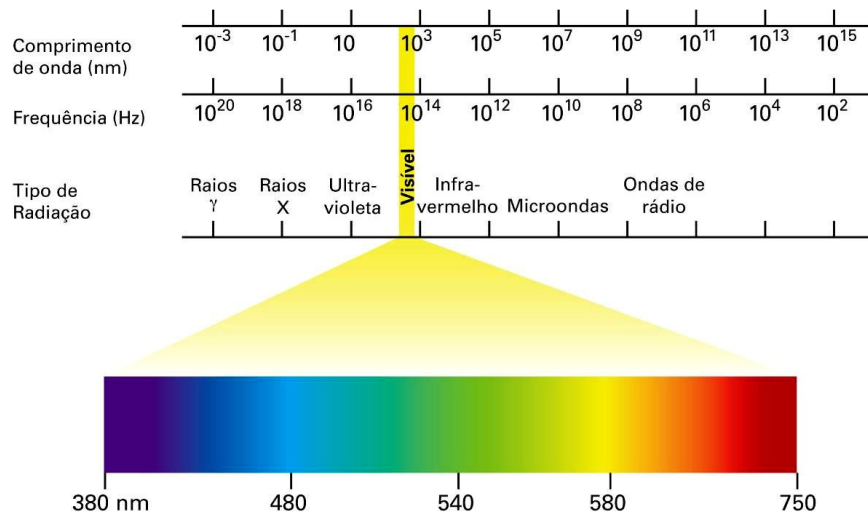


Figura 2 – Espectro de radiação electromagnética Fonte: Projecto Proclira –Radiação Solar e Terrestre

A atmosfera terrestre tem a capacidade de evitar que as radiações mais energéticas provenientes do Sol atinjam a superfície terrestre, onde causariam danos irreparáveis sobre a Biosfera.

² -Fóton: portador de radiação electromagnética de todos os comprimentos de onda
³ -1 nm = 10⁻⁹ m, ou seja, 1 nm corresponde à milionésima (10⁻⁶) parte do milímetro.
 1 μm = 10⁻⁶ m, ou seja, 1 μm corresponde à milésima (10⁻³) parte do milímetro

Na Ionosfera, os raios g e X são utilizados na Fotoionização⁴, e a denominada camada de ozono-O₃ na Estratosfera, absorve a maioria dos raios UV, promovendo a Fotodissociação⁵ do O₃.

A radiação solar constitui um importante factor natural do clima da Terra influenciando significativamente o ambiente. A parte ultravioleta do espectro solar (UV) desempenha um papel determinante em muitos processos na biosfera com efeitos benéficos, mas também poderá causar graves prejuízos para a saúde se o nível de UV exceder os limites de “segurança”.

O benefício está directamente relacionado com a quantidade de radiação e respectivo tempo de exposição. O principal efeito benéfico é a formação da vitamina D₃, que fixa o cálcio nos ossos, combatendo o raquitismo e a osteoporose.

A radiação ultravioleta é constituída de 3 faixas de comprimento de onda:

- UVC – 100 a 280 nm
- UVB – 280 a 315 nm
- UVA – 315 a 400 nm

Apesar de grande parte da radiação UV do Sol ser em grande parte absorvida, antes de atingir a superfície terrestre, alguma da radiação UVB pode chegar à Terra sendo prejudicial a quase todas as formas de vida e no Homem é a maior responsável pelas lesões na visão e na pele entre as quais o cancro. Este tipo de doença, além de função de diferentes sensibilidades de pele, é decorrência de um processo acumulativo de exposição ao sol, durante toda a vida de uma pessoa, sendo que a exposição excessiva ao UVB aumenta a probabilidade da incidência deste tipo de doença.

A radiação UVA é 800 a 1000 vezes menos activa que a UVB na pele. Porém, devido às suas características físicas, penetra mais profundamente, provocando danos principalmente na derme. É uma radiação também lesiva pois, além dos seus efeitos próprios, potencia (aumenta) a acção dos raios UVB.

Definição do Índice UV

Conforme informação fornecida pelo Instituto de Meteorologia, a necessidade de fazer chegar ao público em geral informação sobre a radiação UV e sobre os seus possíveis efeitos nocivos, levou a comunidade científica a definir um parâmetro que pudesse ser usado como

⁴ Fotoionização - Consiste na transformação de um átomo num ião electricamente carregado

⁵ Fotodissociação - Significa quebra de ligações químicas por absorção de luz; corresponde à energia mínima (luz) necessária para quebrar as ligações entre os diferentes átomos que constituem uma molécula

um indicador para as exposições a esta radiação.

Este parâmetro chama-se Índice UV (IUV).

Assim, o IUV é uma medida dos níveis da radiação solar ultravioleta que efectivamente contribui para a formação de uma queimadura na pele humana (eritema), sendo que a sua formação depende dos tipos de pele (I, II, III, IV) e do tempo máximo de exposição solar com a pele desprotegida.

	Bronzeia	Queima	Cabelo	Cor Olhos
I	Nunca	Queima	Ruivo	Azul
II	As vezes	As vezes	Loiro	Azul/Verde
III	Sempre	Raramente	Castanho	Cinza/Castanho
IV	Sempre	Raramente	Preto	Castanho

Figura 3 – Tipos de Pele – Instituto de Meteorologia

O Índice UV exprime-se numericamente como o resultado da multiplicação do valor médio no tempo da radiância efectiva (W/m²) por 40. Exemplo: Uma radiância efectiva de 0.2 W/m² corresponde a um valor do UVI de 8.0.

O Índice UV varia entre menor que 2, em que o UV é baixo, 3 a 5, Moderado, 6 a 7, Alto, 8 a 9, Muito Alto e superior a 11 Extremo. Os valores médios do UV para a latitude de Portugal, enquadram-se para o período compreendido entre os meses de Outubro e Abril entre 3 e 6, o que significa Moderado com possibilidade de Alto em alguns momentos deste período e entre 9 e 10 para o período compreendido entre Maio e Setembro, o que corresponde a Muito Alto.

Domingo, 27 de Junho de 2010	Segunda-feira, 28 de Junho de 2010	Terça-feira, 29 de Junho de 2010
LISBOA		
 Índice UV 8 Período 12h-15h	 Índice UV 8 Período 12h-15h	 Índice UV 9 Período 12h-16h

Figura 4 – Índice de UV – Instituto de Meteorologia

Para compreender melhor o processo de radiação solar introduzimos as seguintes noções:

Escala Absoluta de Temperatura

Temperatura define-se como o valor da velocidade média dos átomos e moléculas. Quanto maior a velocidade maior a temperatura. A temperatura está relacionada com a energia cinética de um corpo sendo esta definida pela expressão:

$$E_c = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

$m = \text{massa}$

$v = \text{velocidade}$

A escala absoluta de temperatura não possui valores negativos. O seu zero, designado zero absoluto, corresponde a $-273,15\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura teórica à qual os átomos e moléculas não possuem energia cinética.

- Conversão de graus Célsius em Kelvin: $K = ^\circ\text{C} + 273,15$
- Conversão de graus Kelvin em Célsius: $^\circ\text{C} = K - 273,15$

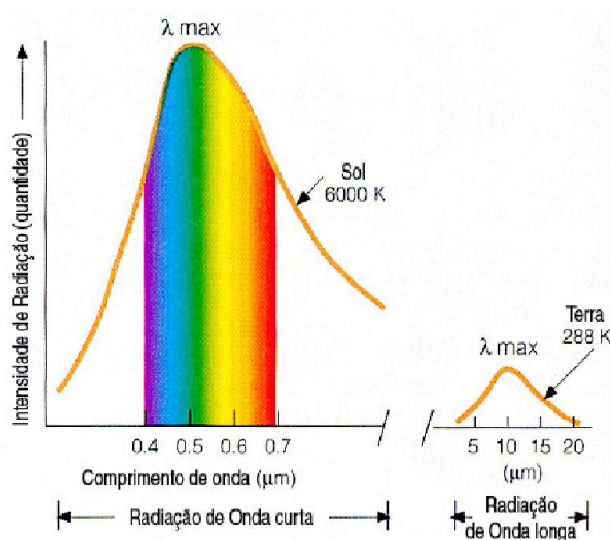
Lei de Wien

A Lei de Wien, estipula que o comprimento de onda máximo ($\lambda_{\text{máx}}$) de emissão de um corpo é inversamente proporcional à sua temperatura absoluta:

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{c_w}{T}$$

em que $c_w = 2897\ \mu\text{m.K}$

Se aplicarmos a expressão e considerando que a temperatura do sol é aprox. 6000 K e a temperatura média da superfície da Terra é 288 K , obtemos para o Sol comprimentos de onda $\lambda_{\text{máx}} = 0,5\ \mu\text{m}$ e para a Terra $\lambda_{\text{máx}} = 10\ \mu\text{m}$, em perfeita concordância com o apresentado



na figura 4: o Sol apresenta um máximo de emissão na região do visível, mais precisamente no verde, e a Terra apresenta um máximo de emissão na gama do IV (ver Ilustração2. – Espectro de radiação electromagnética).

Conhecendo os comprimentos de onda $\mu_{\text{máx}}$ de um determinado corpo, podemos determinar a temperatura a que se encontra, a denominada Temperatura de Cor.

Figura 5 - Distribuição da radiação emitida pelo Sol e pela Terra (Adaptada de Meteorology Today, C.Donald) – Fonte: Projecto Proclira – Radiação Solar e Terrestre

Lei de Stefan-Boltzmann

Analisemos agora a emissão total de energia (Irradiância Total): de acordo com a Lei de Stefan-Boltzmann, a emissão total de energia (E) por unidade de área da superfície de um corpo negro em termos da sua temperatura absoluta é dada por:

$$E = \sigma \cdot T^4$$

σ é a Constante de Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)
T é a temperatura absoluta

Considerando os valores de temperatura acima referidos e aplicando a expressão acima ao Sol e à Terra, obtém-se que a energia emitida pelo Sol é $E \cong 73483200 \text{ W/m}^2$, ao passo que a energia emitida pela Terra é $E \cong 390 \text{ W/m}^2$.

Ou seja, como o Sol se encontra a uma temperatura muito superior à da Terra, é capaz de emitir radiação muito mais energética e de menor comprimento de onda do que a Terra que apenas emite na gama dos IV.

Corpo Negro e Corpo Real

Define-se corpo negro como um corpo que teoricamente absorve toda a energia que nele incide, ou seja, a sua absorvidade é 1. Na prática, um corpo real absorve, transmite e reflecte a energia nele incidente.

Lei de Kirchoff

A fracção de radiação efectivamente emitida por um corpo negro, num determinado comprimento de onda, designa-se por emissividade: e_λ . A Lei de Kirchoff estipula que para cada comprimento de onda, a absorvidade (a_λ) e a emissividade de um corpo são iguais:

$$e_\lambda = a_\lambda$$

r_λ = reflectividade

t_λ = transmissividade

a_λ = absorvidade

$$r_\lambda + a_\lambda + t_\lambda = 1$$

$$E_{\lambda \text{ incidente}} = E_{\lambda \text{ reflectida}} + E_{\lambda \text{ absorvida}} + E_{\lambda \text{ transmitida}}$$

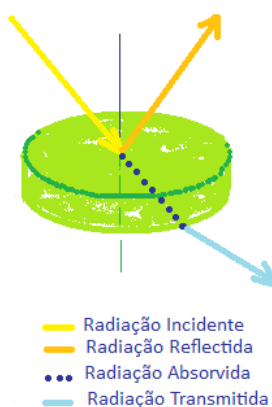


Figura 6-Efeitos da Radiação sobre um corpo

Estes valores dependem das propriedades ópticas do corpo em questão e da gama de comprimentos de onda considerada. No caso de um espelho, este reflecte praticamente a totalidade da radiação visível nele incidente mas absorve praticamente toda a radiação IV, à semelhança do que sucede por exemplo com a neve, que também reflecte praticamente a totalidade na radiação incidente, e absorve a maior parte da radiação IV incidente. Equilíbrio energético do sistema Terra/Atmosfera

Após uma introdução ao tema da radiação solar vamos agora falar do equilíbrio energético do sistema Terra/Atmosfera.

O sistema Terra/Atmosfera recebe a radiação solar. Esta radiação não chega totalmente à superfície da Terra estratificando-se da seguinte forma:

- Radiação absorvida
- Radiação perdida por reflexão
- Radiação perdida por difusão
- Radiação perdida por absorção

Conforme previamente explicado, grande parte energia solar recebida pela Terra (90%) está concentrada entre os 390 e os 770 nm (ver figura 2.), que constitui a região visível do espectro. Opostamente, a energia térmica emitida pela superfície terrestre é caracterizada por possuir comprimentos de onda superiores a 4 000 nm (IV) devido à temperatura média do planeta apresentar uma magnitude muito inferior.

Considerando valores médios, o total da radiação solar (100 unidades de radiação solar) vai dividir-se da seguinte forma:

Radiação absorvida pela superfície: o valor médio de radiação absorvida pela superfície da Terra é cerca de 51%;

Radiação perdida por reflexão: representa cerca de 24% da radiação solar dividida em 20% perdida nas nuvens e 4% perdida na superfície;

Radiação perdida por difusão: 6% representa a parte da radiação solar perdida por difusão da luz solar de menor comprimento de onda (azuis e violetas o que dá ao nosso céu a cor azul);

Albedo da Terra: O albedo terrestre refere-se ao total da radiação perdida para o espaço por reflexão e por difusão e representa cerca de 30% da radiação solar incidente;

Radiação perdida por absorção: 19% é o valor correspondente à radiação perdida por absorção das moléculas de oxigénio e ozono da radiação ultravioleta ao nível da estratosfera;

O sistema Terra/Atmosfera recebe energia mas também radia energia. O total de energia radiada pela superfície da Terra (gama de IV) é cerca de 117% do total da radiação solar incidente sobre o sistema Terra/Atmosfera. Parte dessa energia retorna novamente para a superfície da Terra reemitida pela Atmosfera. Resumindo a energia radiada e reemitida pelo sistema Terra/Atmosfera divide-se da seguinte forma:

Emissão Terrestre - Energia radiada pela Superfície da Terra: representa 117% do total da radiação solar incidente no sistema Terra/Atmosfera, em que 6% é emitida directamente para o espaço e 111% é em parte absorvida pelos gases de estufa da atmosfera sendo reemitida de volta para a superfície terrestre e outra parte emitida directamente para o espaço;

Reemissão Atmosférica): Parte da energia absorvida pelos gases de estufa emitida pela superfície da Terra retorna de volta à mesma e representa 96% da radiação solar incidente;

Emissão Atmosférica - Energia radiada pela Atmosfera: é cerca de 64% da radiação solar incidente emitida directamente para o espaço;

A radiação solar incidente no sistema Terra/Atmosfera é igual à radiação emitida pelo sistema para o espaço, o que traduz o equilíbrio do mesmo, ou seja:

- Radiação emitida para o espaço: 24%-reflexão + 6%-difusão+ 64%-emissão atmosférica + 6%-emissão terrestre = 100%= Total da radiação solar incidente

Conforme a Lei de Stefan-Boltzmann, a emissão total de energia radiada (perdida) pelo sistema Terra/Atmosfera e considerando a área da superfície esférica da Terra, é-nos dada pela expressão:

$$E = 4.\pi.R_t^2.\sigma.T^4$$

e a energia total absorvida pelo sistema Terra/Atmosfera na área relativa à projecção plana da Terra é dada pela expressão:

$$E = S.(1-\alpha).\pi.R_t^2$$

S é a Constante Solar (1360-1380 W/m²),
α é a fracção da radiação solar reflectida de volta para o espaço: Albedo

igualando as duas expressões em ordem à temperatura, temos:

$$T = \sqrt[4]{\frac{S.(1-\alpha)}{4.\sigma}} = -17^\circ\text{C}$$

Esta deveria ser a Temperatura Efectiva da Terra.

Tal não acontece devido ao efeito de estufa e este efeito é explicado exactamente pelo que acontece numa estufa normal.

O telhado de vidro de uma estufa transmite a luz emitida pelo Sol para o interior da estufa. A estufa emite energia na forma de radiação IV ficando uma percentagem desta radiação retida no telhado de vidro que a volta a reemitir para o interior da estufa.

Transportando o efeito de estufa para o sistema Terra/Atmosfera, o CO₂, entre outros gases com efeito de estufa (GEE's), actuam como o telhado de vidro de uma estufa, impedindo que a maior parte da radiação IV emitida pela Terra escape para o espaço. Se não existisse CO₂ na atmosfera, a temperatura média da Terra seria de cerca de - 17 °C (como demonstrado acima).

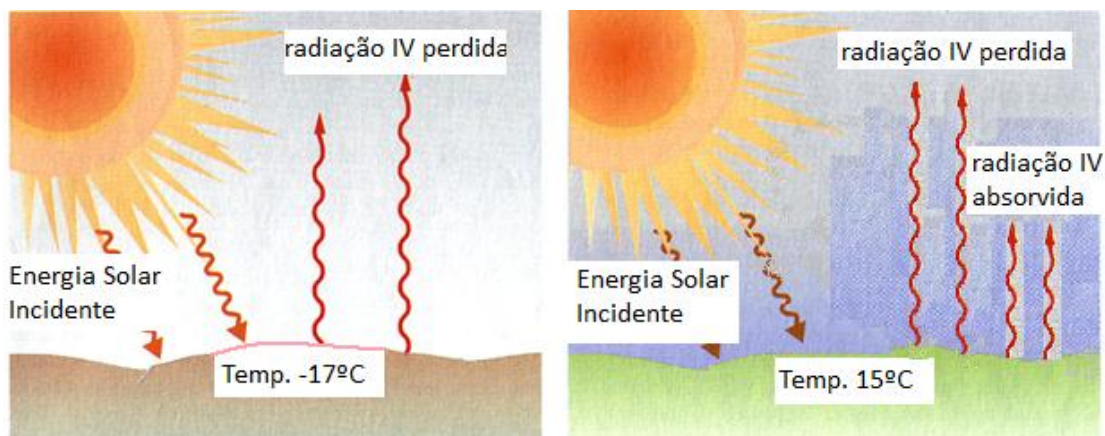


Figura 7 - Temperaturas médias à superfície terrestre sem e com Efeito de Estufa (Adaptada de Meteorology Today, C. Donald Ahrens) – Fonte: Projecto Proclira – Radiação Solar e Terrestre

Felizmente tal não se verifica pois a temperatura média global observada à superfície do planeta é 15 °C.

Aparentemente a diferença entre a energia absorvida e a energia emitida pelo sistema apresenta um desequilíbrio ou seja:

Superfície terrestre:

- Energia Absorvida : 51%-radiação solar + 96%-reemitida pela atmosfera = 147%
- Energia Emitida: 117%
- Diferença: 30%

Atmosfera:

- Energia Absorvida: 19%-ultravioleta +111% -Emissão terrestre = 130%
- Energia Emitida: 64% -espaço + 96%-superfície = 160%
- Diferença: 30%

A superfície da Terra absorve mais radiação do que emite e a atmosfera radia mais energia do que absorve, ou seja, aparentemente a superfície terrestre deveria aquecer ao longo do tempo e a atmosfera arrefecer durante o mesmo período de tempo.

No entanto tal não acontece porque a superfície protagoniza a transferência de cerca de 30% do total da radiação solar incidente para a atmosfera o que equilibra a diferença de valores entre a radiação e absorção de energia pelo sistema Terra/Atmosfera.

Este excedente de energia é representado por:

- O ar quente que se eleva a partir da superfície transferindo calor para a atmosfera por radiação/convecção que representa cerca de 7% do total da radiação solar incidente – Fluxo de Calor Sensível;
- A evaporação da água na superfície da Terra (mudança de fase endotérmica) que condensa na atmosfera levando à formação das nuvens (mudança de fase exotérmica) e que neste processo liberta a energia correspondente a 23% do total da radiação solar incidente – Fluxo de Calor Latente

A Terra e a Atmosfera absorvem energia do Sol e trocam energia entre as duas, mantendo um equilíbrio radiativo equilibrado. Considerando valores médios anuais e não existindo perdas nem ganhos significativos de energia a temperatura média global deveria manter-se constante ao longo dos anos. Na ilustração 8. pode ver-se esquematizado o processo de Equilíbrio do Sistema Terra/Atmosfera que descrevemos na figura abaixo.

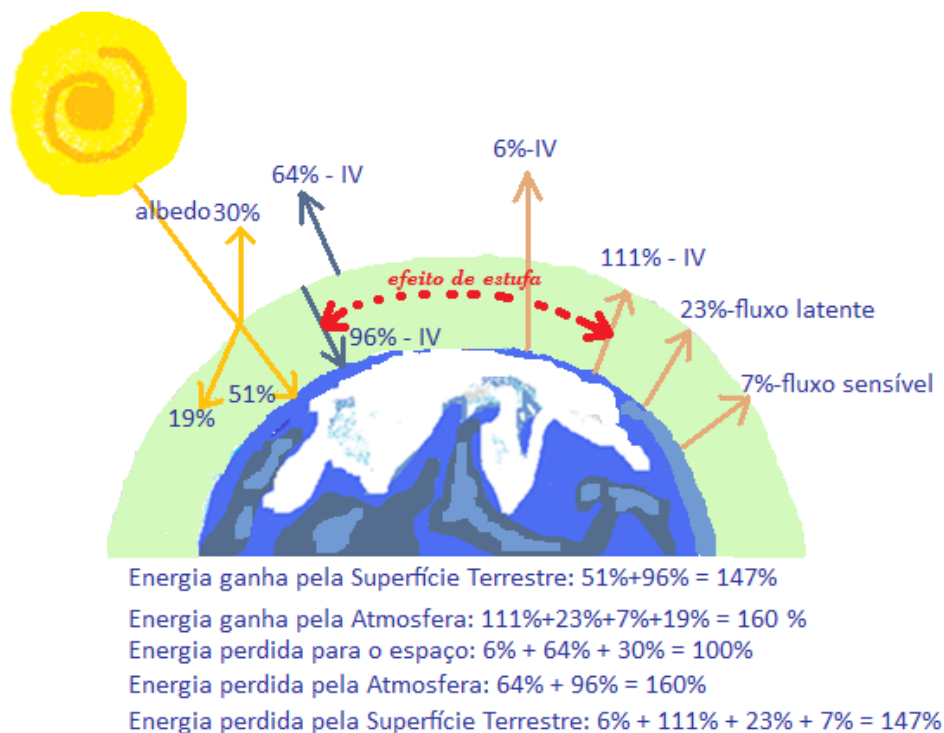


Figura 8- Equilíbrio Energético do sistema Terra/Atmosfera

2.4. Gases de Efeito de Estufa

O efeito de estufa caracterizado pela absorção e reemissão para a superfície de radiação solar incidente é protagonista do equilíbrio do sistema Terra/Atmosfera. No entanto, paradoxalmente quando ouvimos esta expressão associamos a algo negativo. Passamos a explicar porquê.

Os gases de efeito de estufa (GEE) presentes na Atmosfera são:

- CO_2 – *dióxido de carbono*
- CH_4 - metano
- N_2O – óxido nitroso
- CFC's - clorofluorcarbonetos (CF_xCL_x)

O excesso de GEE promove o aumento do efeito de estufa, desequilibrando o sistema Terra / Atmosfera, levando a um aumento da temperatura na superfície terrestre, ou seja o aquecimento global.

- N_2O / CH_4 : gases muito selectivos e muito eficazes na sua gama de absorção – 3,4 e 6 μm ;
- O_2 e O_3 : absorvem praticamente 100% da radiação UV – $\lambda < 0,3 \mu\text{m}$;
- H_2O (g) e CO_2 – Fortes absorventes da radiação IV, não absorvendo na gama do visível e a radiação UV.
- CFC's (clorofluorcarbonetos) – Capacidade de absorção de IV semelhante ao CO_2 ;
- Janela Atmosférica - Na região entre os 8 e os 11 μm a absorção da radiação IV é muito reduzida, zona conhecida por Janela Atmosférica.

À medida que os GEE's absorvem a radiação IV emitida pela superfície, as suas moléculas ganham energia cinética e aumenta o número de colisões destas moléculas com as moléculas de O_2 e N_2 (ambos fracos absorventes de radiação IV). Estas colisões promovem o aumento da energia cinética média do ar, o que resulta num incremento da sua temperatura. Desta forma, a maior parte da energia emitida pela superfície, sob a forma de radiação IV, é utilizada para aquecer a camada inferior da atmosfera.

Para além de serem absorventes selectivos, o H₂O (g) e o CO₂ também emitem radiação selectivamente na gama dos IV. Esta emissão processa-se em todas as direcções e parte dela ocorre na direcção da superfície, onde é absorvida com o consequente aumento da temperatura do solo.

2.5. Ferramentas de Monitorização do clima

As Normais Climatológicas representam uma das ferramentas para compreender a existência de alterações climáticas e que variáveis mais contribuíram para estas alterações.

O Instituto de Meteorologia, descreve as Normais Climatológicas como:

“ Médias de 30 anos de elementos meteorológicos utilizados para definir o clima de um local ou região. São assim designadas por se considerar que, com um valor mínimo de 30 anos, as variáveis meteorológicas seguem aproximadamente a distribuição normal ou gaussiana. As normais climatológicas que se iniciam, por exemplo, a 1 de Janeiro de 1941 terminam a 31 de Dezembro de 1970; as normais seguintes iniciam-se a 1 de Janeiro de 1951 e terminam a 31 de Dezembro de 1980, assim sucessivamente.

As normais incluem as médias anuais e mensais de 30 anos da pressão atmosférica, da temperatura média, mínima e máxima do ar, da precipitação, da humidade relativa do ar, da nebulosidade, da insolação, da evaporação, da frequência e intensidade do vento por rumo. Incluem ainda os extremos dos valores diários da temperatura do ar e os máximos diários da precipitação para cada mês, nesses 30 anos. Incluem, também, o número de dias em que a temperatura do ar, a intensidade do vento, a nebulosidade e a precipitação ultrapassaram determinados limites, e o número de dias em que ocorreu neve, granizo ou saraiva, trovoadas, nevoeiro, orvalho e geada.”

Apresentamos nas Ilustrações 9 e 10 exemplos de Normais Climatológicas.

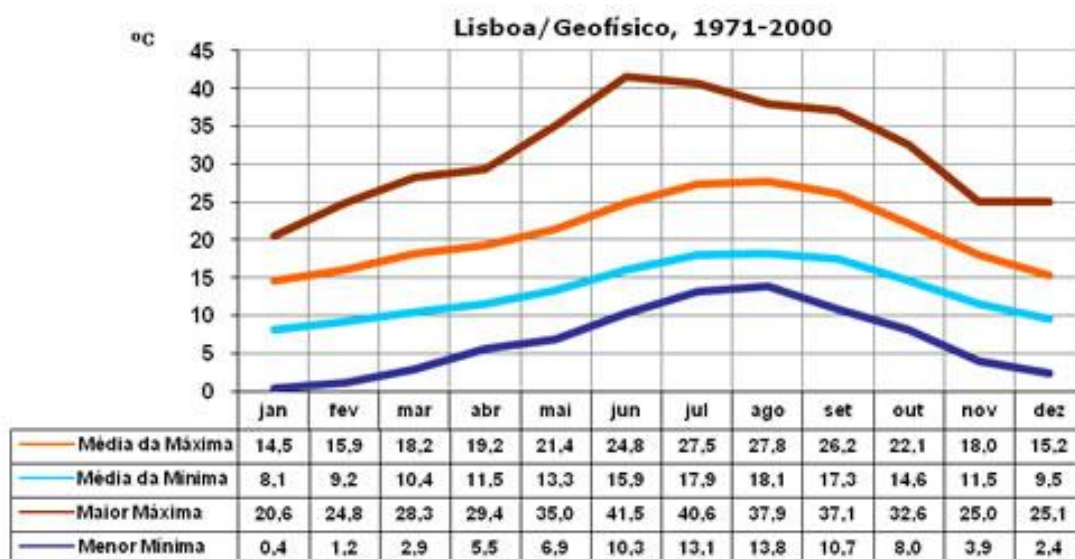


Figura 9 – Normal da temperatura mínima e máxima do ar – Fonte: Instituto de Meteorologia

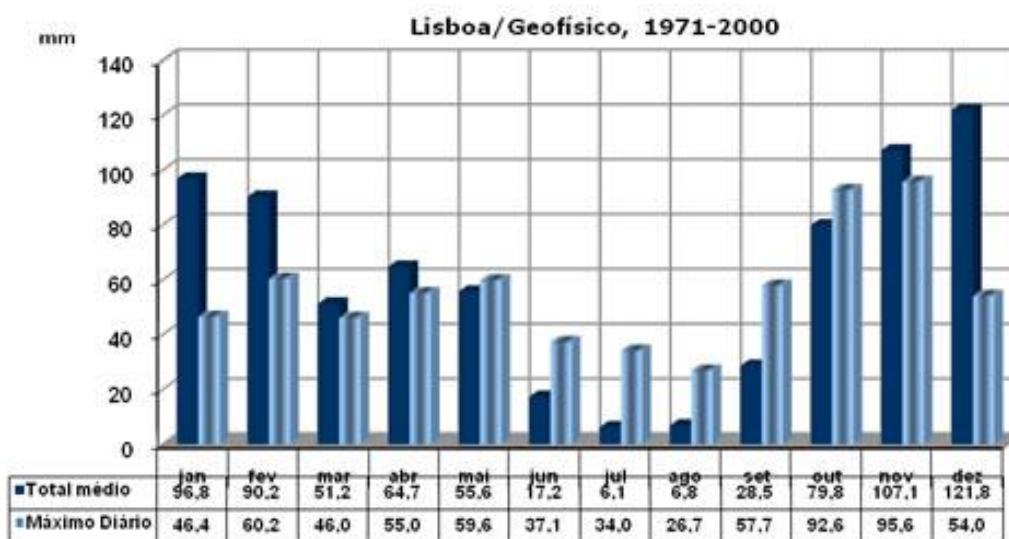


Figura 10 – Valores da precipitação diária – Fonte: Instituto de Meteorologia

Desde meados do Sec.XIX que se iniciaram os registos de algumas destas variáveis (como foi o caso da temperatura) e a compreensão do clima e que este variava no globo foi objecto de estudo surgindo em 1900 uma das classificações do clima terrestre.

- 1900 - Classificação do clima de Köppen (considera semelhanças de vegetação);
- 1931 - Classificação do clima de Thornthwaite (considera o balanço da água);
- 1948 - Classificação do clima de Martonne (considera aspectos geomorfológicos).

O Instituto de Meteorologia refere a Classificação Principal de Köppen, que divide o clima terrestre em 5 regiões:

- Clima Tropical Húmido;
- Clima Seco;
- Clima Temperado com Inverno suave;
- Clima Temperado com Inverno rigoroso;
- Clima Polar.

A classificação de Köppen é baseada, com excepção do Clima Seco, nas temperaturas médias de cada região. O Clima Seco é definido com base na precipitação e evapotranspiração da região. Cada um destes tipos de clima divide-se ainda em sub-climas, tendo em conta a precipitação.

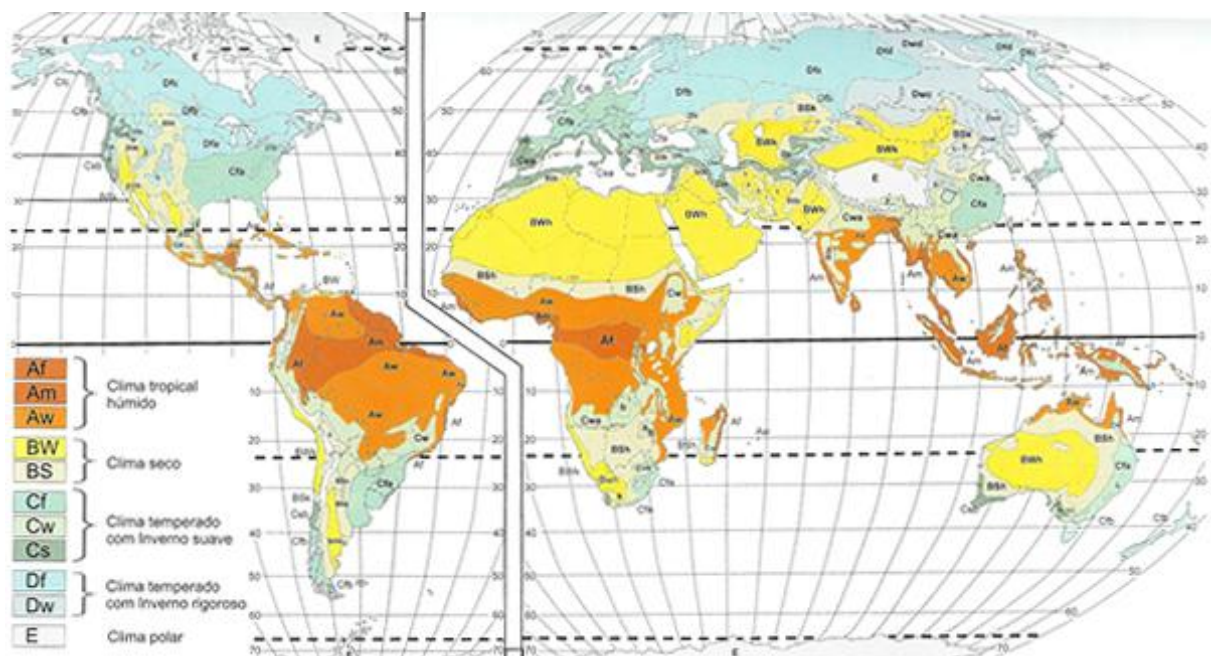
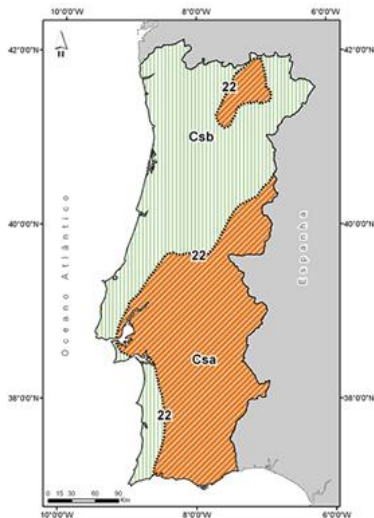


Figura 11 – Clima da Terra segundo a classificação de Köppen (Fonte - Instituto de Meteorologia, IP Portugal)

Na imagem abaixo retirada do IM é descrito o Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Köppen. Trata-se de um Clima Temperado com Inverno Suave, dividindo-se em duas regiões: uma de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente (Csa) e outra de clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco pouco quente (Csb).



Na imagem ao lado retirada do IM descreve o Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Köppen.

O Instituto de Meteorologia dispõe de diversas estações da rede de vigilância de constituintes atmosféricos onde é efectuada a amostragem/monitorização para caracterização da química das deposições, gases e aerossóis atmosféricos. O equipamento de amostragem/monitorização compreende:

- ✓ colectores automáticos (precipitação semanal e deposição seca mensal) e colectores manuais (precipitação diária/eventual);
- ✓ amostradores sequenciais para compostos de enxofre e/ou azoto no ar, com amostragens de 24 horas e funcionamento em contínuo, utilizando o método dos filtros impregnados;
- ✓ amostradores de grande volume de ar para partículas em suspensão na atmosfera à superfície, de diâmetro inferior a 10 µm (PM10), com amostragens de 24 horas e caudal de ar constante. O método de referência utilizado, método gravimétrico, permite a determinação da massa das partículas depositadas em filtros de fibra de vidro por pesagem em condições ambientais pré-estabelecidas e o cálculo da concentração mássica das partículas recolhidas.

O IM, como entidade responsável em Portugal, pela informação relativa aos parâmetros monitorizados, envia regularmente, em formatos específicos, para os correspondentes Centros Mundiais Colectores de Dados, em cumprimento dos compromissos estabelecidos nos programas internacionais que o IM mantém desde há cerca de três décadas nestas actividades.

2.6 Factores que alteram o Clima

Conforme já referido as mudanças do clima, conforme o IPCC e a ONU, estão relacionadas com dois tipos de factores:

- Factores Naturais;
- Factores Humanos (antrópicos).

Falámos no ponto 2.4 no equilíbrio do Sistema Terra/ Atmosfera. Este equilíbrio garante a estabilidade do sistema se os intervenientes no mesmo se mantiverem inalterados.

As alterações das quantidades dos gases de efeito de estufa e aerossóis (sulfato, carbono orgânico, negro de fumo, nitrato e poeira) da atmosfera, alterações na radiação solar e alterações nas propriedades da superfície terrestre alteram o equilíbrio energético do sistema.

Conforme o IV Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima a *Força Radiativa* é definida como:

“a medida da influência de um factor na alteração do equilíbrio da energia que entra e sai do sistema Terra/Atmosfera e é um índice da importância do factor como possível mecanismo de mudança do clima. A força positiva tende a aquecer a superfície, enquanto que a força negativa tende a esfriá-la. Os valores da força radiativa são comparados com as condições pré-industriais e são expressos em W/m^2 ”

O quadro abaixo indica estimativas da média global em 2005, de força radiativa (FR – W/m^2) e relaciona este valor com a área geográfica (Escala Espacial) e o nível de compreensão científica (NCC). Por exemplo: a FR médio do CO_2 antrópico é de $1,66 W/m^2$, aplica-se à escala global e apresenta um NCC alto.

O efeito líquido global das actividades humanas, é em média, positivo ou seja de aquecimento, com uma força radiativa de $+1,6 [+0,6 a +2,4] W/m^2$.

Segundo o 4º Relatório do GT1 do IPCC a compreensão das influências antrópicas no aquecimento e arrefecimento do clima melhorou desde a publicação do TRA (3º Relatório de Avaliação do IPCC), promovendo um *nível muito alto de confiança(90%)* no efeito líquido global antrópico referenciado.

Observamos também que relativamente ao Ozono, este apresenta na estratosfera um valor de FR negativo ($-0,05 W/m^2$) enquanto na troposfera o seu valor do FR é positivo ($+0,35 W/m^2$).

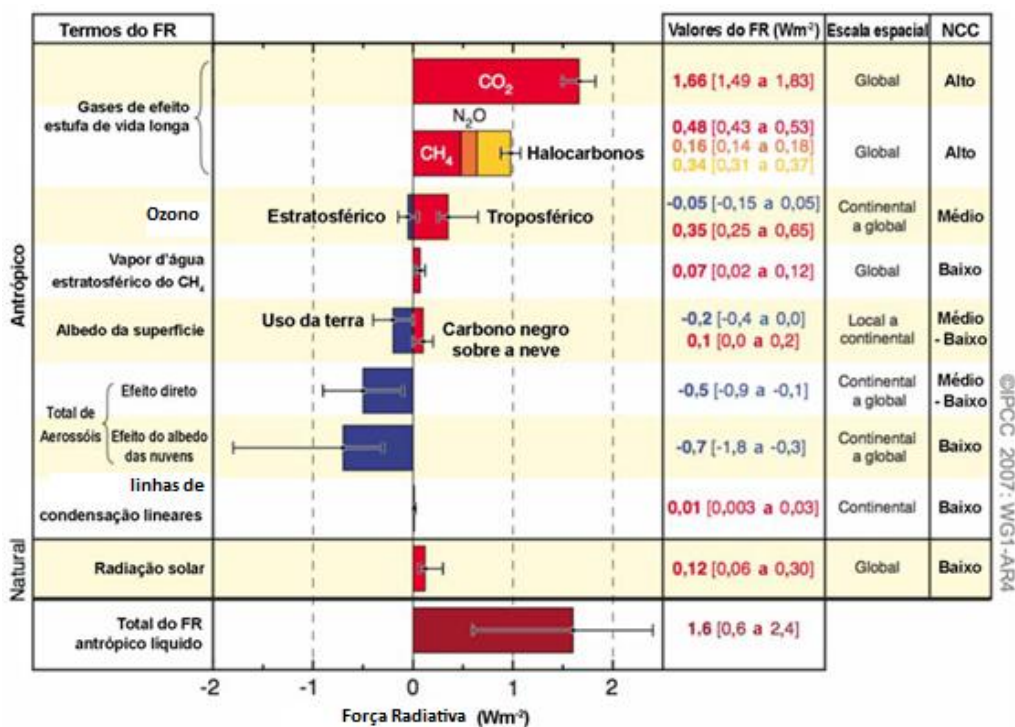


Figura 12 – Componentes da Força Radiativa – Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC (adaptado)

Actualmente é globalmente aceite tanto pela comunidade científica como pelos decisores políticos que a acção do Homem provoca uma influência inequívoca no aumento dos gases com efeito de estufa e conseqüentemente no aumento da temperatura média da superfície terrestre.

Na figura 13 pode-se ver a evolução do GEE a partir de dados modernos e testemunhos de gelo.

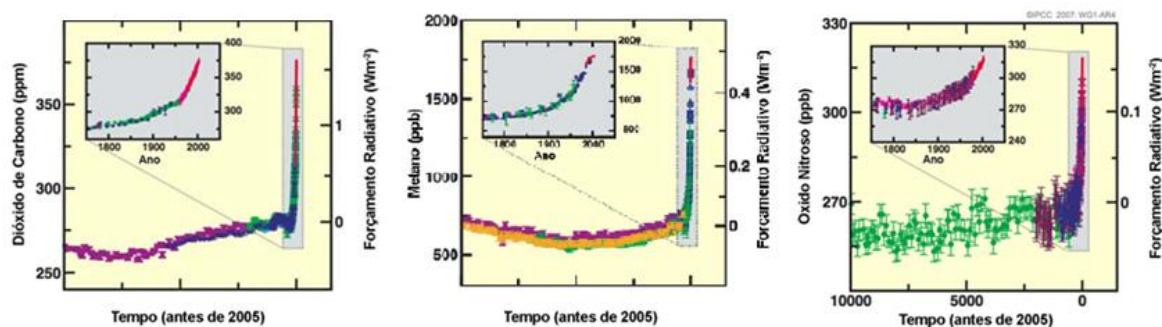


Figura 13 - Mudanças nos Gases de Efeito Estufa a partir de Dados de Testemunho de Gelo e Dados Modernos – Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC

Nos painéis grandes observamos as concentrações atmosféricas de CO₂, Metano e óxido nitroso ao longo dos últimos 10 000 anos, e desde 1750 nos painéis inseridos. As medições são obtidas através de testemunhos de gelo e amostras atmosféricas.

CO₂: Observamos no painel relativo à leitura de dióxido de carbono que a concentração atmosférica global de dióxido de carbono aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 280 ppm para 379 ppm em 2005. Ppm significa (partes por milhão) e refere-se à razão do número de moléculas de gases de efeito estufa em relação ao número total de moléculas de ar seco. Por exemplo, 300 ppm significam 300 moléculas de um gás de efeito estufa por milhão de moléculas de ar seco.

Conforme dados retirados do 4º relatório de avaliação do GT1 do IPCC, a concentração atmosférica de dióxido de carbono em 2005 ultrapassa em muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos (180 a 300 ppm), como determinado a partir de testemunhos de gelo. A taxa de aumento da concentração anual de CO₂ foi mais elevada durante os últimos 10 anos (média de 1995 a 2005: 1,9 ppm por ano) do que desde o início das medições atmosféricas directas contínuas (média de 1960 a 2005: 1,4 ppm por ano), embora haja variações de um ano a outro nas taxas de aumento.

Metano: A concentração atmosférica global de metano aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 715 ppb (partes por bilião) para 1732 ppb no início da década de 90, sendo de 1774 ppb em 2005. A concentração atmosférica de metano em 2005 ultrapassa em muito a faixa natural dos últimos 650.000 anos (320 a 790 ppb), como determinado com base em testemunhos de gelo.

Óxido Nitroso: A concentração atmosférica global de óxido nitroso aumentou de um valor pré-industrial de cerca de 270 ppb para 319 ppb em 2005. A taxa de aumento foi aproximadamente constante desde 1980. Mais de um terço de todas as emissões de óxido nitroso é antrópica, devendo-se principalmente à agricultura.

A taxa de aumento da concentração anual de CO₂ foi mais elevada durante os últimos 10 anos (média de 1995 a 2005: 1,9 ppm por ano) do que desde o início das medições atmosféricas directas contínuas (média de 1960 a 2005: 1,4 ppm por ano), embora haja variações de um ano a outro nas taxas de aumento.

As concentrações atmosféricas globais de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso aumentaram bastante em consequência das actividades humanas desde 1750 e agora ultrapassam em muito os valores pré-industriais. Os aumentos globais da concentração de dióxido de carbono devem-se principalmente ao uso de combustíveis fósseis e à mudança no uso da terra. Já os aumentos da concentração de metano e óxido nitroso são devidos principalmente à agricultura.

Nos últimos 100 anos tem-se registado um aumento gradual da temperatura média global à superfície da Terra. Este aumento deve-se, essencialmente, ao aumento da concentração de CO₂ fruto de factores naturais e antrópicos. Para além disso, as concentrações de N₂O e CH₄ também têm vindo a aumentar além dos CFC's (clorofluorcarbonetos) que têm demonstrado possuir uma capacidade de absorver a radiação IV idêntica ao CO₂.

Em particular, o denominado CFC-12, absorve na região dos 8 aos 11 µm (Janela Atmosférica). “O impacto na absorção de radiação IV da introdução de uma única molécula de CFC-12 na atmosfera é equivalente ao impacto causado pela introdução de 10 000 moléculas de CO₂!” (Fonte: Proclira – Radiação Solar e Terrestre).

Um outro aspecto é que através da emissão de poluentes capazes de absorver radiação IV entre os 8 e os 11 µm, podemos “fechar” a janela atmosférica, e assim diminuimos a quantidade de radiação IV que escapa para o espaço. O aumento de gases de efeito de estufa para a atmosfera e a diminuição de emissão de radiação IV para o espaço irá desequilibrar o balanço energético do sistema Terra-Atmosfera provocando o aquecimento da superfície Terrestre.

2.7 Aquecimento Global

Aquecimento global refere-se ao fenómeno que se caracteriza pelo aumento da temperatura média da superfície dos oceanos e do ar perto da superfície da terra. Desde meados do Sec. XIX que foi possível registar a temperatura média global.

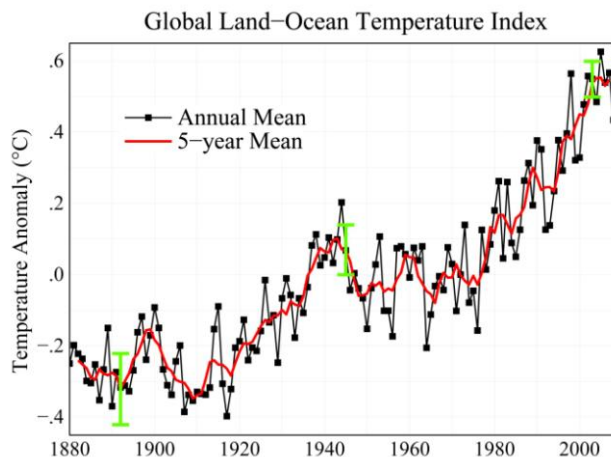
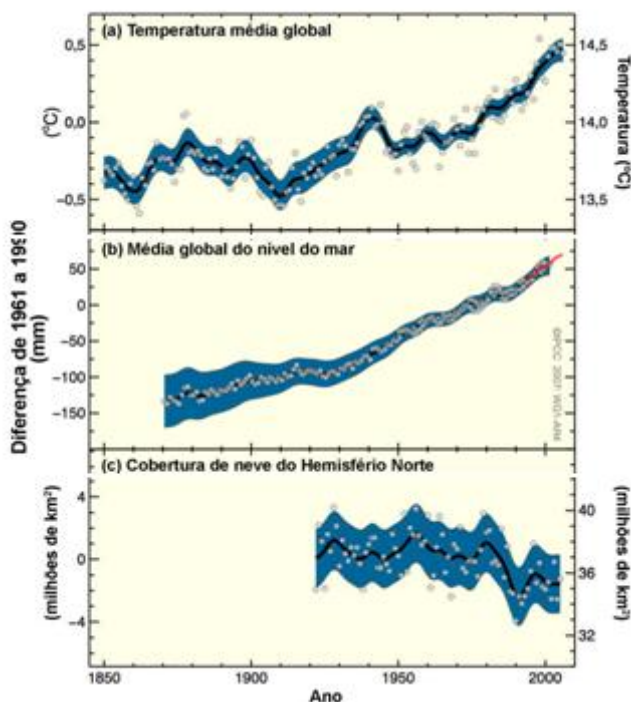


Figura 14-Índice de temperaturas globais na superfície da Terra e nos Oceanos-Fonte Nasa/GISS

Observando a Figura 15 conforme registros da Nasa/Giss, verificamos que a temperatura da superfície da Terra e dos Oceanos tem vindo a aumentar desde 1880, à excepção do patamar entre 1940 e 1970. Na última década registaram-se aumentos de temperaturas globais nunca antes observados, tendo sido o ano de 2009 o 2º ano mais quente da sua década. A linha a negro



refere-se a temperaturas globais anuais, a linha a encarnado refere-se a temperaturas globais médias medidas no período de 5 anos, a linha a verde representa amplitude de incerteza nas medições.

No Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima refere que “o aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar conforme a figura 14.

Figura 15 - Mudanças observadas em: (a) temperatura média global da superfície; (b) média global da elevação do nível do mar retirada de dados do marégrafo (azul) e de satélite

(encarnado); (c) cobertura de neve do Hemisfério Norte para Março-Abril. Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC

As mudanças observadas nos gráficos acima são relativas às médias correspondentes para o período de 1961 a 1990. As curvas mais suaves representam valores médios para períodos de 10 anos e os pontos representam registos anuais, o preenchimento a azul representa a amplitude de incerteza. Novos dados obtidos após a publicação do TRA (terceiro relatório de avaliação do IPCC) indicam ser *muito provável* (>90%) que as perdas dos mantos de gelo da Groenlândia e da Antárctica tenham contribuído para a elevação do nível do mar ao longo do período de 1993 a 2003. A perda de gelo aumentou nalguns glaciares de descarga da Groenlândia e da Antárctica, e ocorre no interior dos mantos de gelo. Esta perda frequente de massa dos mantos de gelo leva ao afinamento, redução e perda de plataformas de gelo e parte dos icebergs. Este fenómeno é suficiente para explicar a maior parte da redução líquida de massa da Antárctica e aproximadamente metade da perda líquida de massa da Groenlândia.

A média global do nível do mar subiu a uma taxa média de 1,8 [1,3 a 2,3] mm por ano, no período de 1961 a 2003. A taxa foi mais acelerada ao longo do período de 1993 a 2003, cerca de 3,1 [2,4 a 3,8] mm por ano. Não está claro se a taxa mais acelerada para 1993-2003 reflecte a variabilidade da década ou um aumento da tendência de longo prazo. Há um *nível alto de confiança* (80% de probabilidade de estar correcto) de que a taxa da elevação do nível do mar tenha aumentado do século XIX para o século XX.

Estima-se que a elevação total do século XX tenha sido de 0,17 [0,12 a 0,22] m. O gráfico abaixo regista os valores resultantes da análise conduzida pela Nasa e o Goddard Institute for Space Studies – GISS, das temperaturas ocorridas no Hemisfério Sul e Norte e demonstra que 2009 foi o ano mais quente desde 1880 no Hemisfério Sul, apesar de 2008 ter sido o ano mais frio da década devido ao forte arrefecimento do Oceano Pacífico Tropical ocorrido nesse ano.

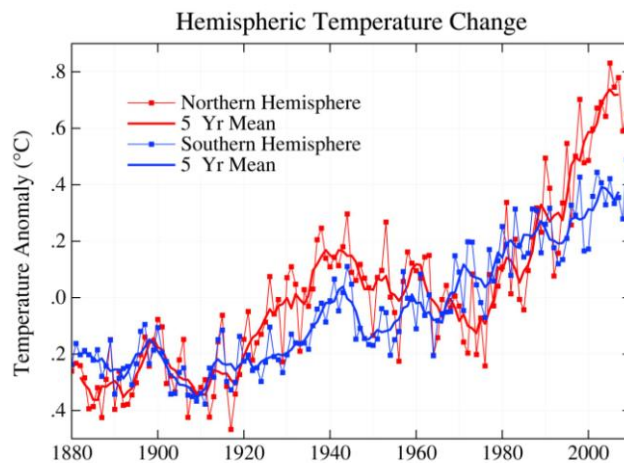


Figura 16 – Alteração da temperatura no Hemisfério Norte e Sul - Fonte Nasa/GISS

O mapa da Figura 17, produzido por cientistas do GISS, mostra a média de 10 anos de temperaturas globais no período (2000-2009) e compara-a com média de 10 anos de temperaturas globais no período de 1951-1980. Como se observa, os maiores aumentos de temperatura registam-se no Ártico e na Península Antártica.

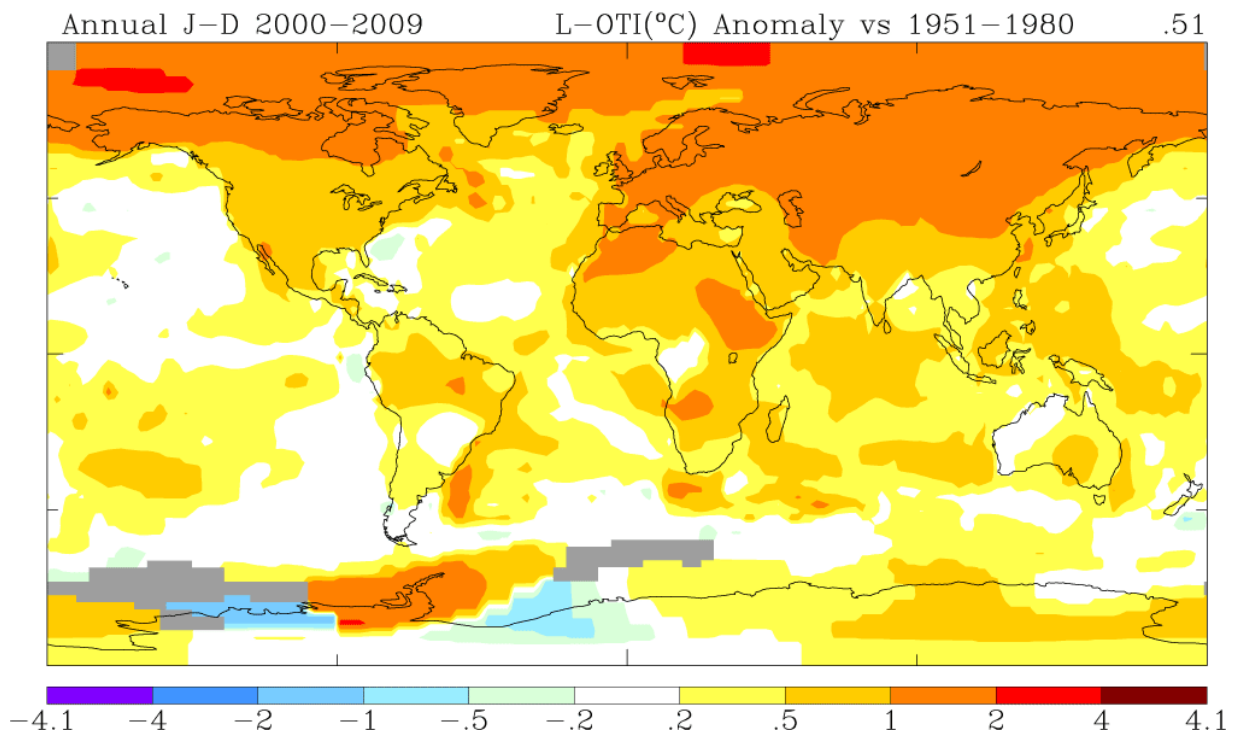


Figura 17 – Média de 10 anos de temperaturas globais entre a década de 2000-2009 e 1951-1980 – Fonte Nasa/GISS

A década de Janeiro 2000 a Dezembro de 2009 foi a década mais quente registada. Ao longo das últimas três décadas, os registos demonstram um aumento anual de 0,2 C° por década. No total, verificou-se um aumento de 0.8 C° na temperatura global da superfície da Terra desde 1880.

Em 2009 o sol registou uma actividade anormalmente baixa – comportamento solar mínimo, o que pode provocar um arrefecimento de aproximadamente 0,1 C° na temperatura global da superfície da Terra, no entanto tal não influenciou a descida de temperatura, pelo contrário, registou-se antes uma subida.

Do estudo das alterações climáticas levadas a cabo pelo Giss sobressaem três pontos chave:

- 2009 foi o segundo ano mais quente desde que existem registos de temperatura;
- A década de 2000-2009 foi a década mais quente registada;
- O sol tem tido desde alguns anos até agora um comportamento solar caracterizado como anormalmente baixo, mas mesmo assim o aquecimento global tem-se mantido.

2.8 Desenvolvimento do Clima em Portugal

Referenciamos um documento da Agência Portuguesa do Ambiente, intitulado Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990 – 2008, datado de 15 de Abril de 2010, onde são retiradas diversas informações relativas ao desenvolvimento do clima em Portugal.

Por exemplo, é referido que a temperatura média em Portugal desde 1970 aumentou em todas as regiões do país à média de 0,45°C por década. Pela observação de dados de temperaturas desde de 1931 verifica-se que 1997 foi o ano mais quente no período de 75 anos e que 7 dos 10 anos mais quentes ocorreram depois da década de 1990 (1997, 1995, 2006, 1996, 1990, 1998 e 2003). Em paralelo observou-se também que com o aumento da temperatura média se verificou um aumento da frequência de dias muito quentes e uma diminuição da frequência de dias muito frios. Os períodos de ondas de calor também aumentaram principalmente após 1990 sendo mais significativas na estação do Verão. Ondas de calor são definidas por um período de pelo menos 6 dias seguidos em que a temperatura máxima diária é superior em 5°C em relação ao valor médio diário para o período de referência (1961-1990). Ficaram referenciadas as ondas de calor de

1981,1991, 2003 e 2006 pela sua duração e especial extensão. As duas últimas décadas do Séc. XX em Portugal foram especialmente secas na maior parte do território em comparação com os valores médios registados entre 1961 e 1990. Apenas em 6 anos das décadas de 80 e 90 é que a precipitação foi superior à média. Os anos de 2001 e 2002 apresentaram valores de precipitação superiores aos valores médios do período de referência, mas 2005 foi o ano mais seco dos últimos 75 anos e 2004 foi o 2º ano mais seco dos últimos 75 anos. Observando os valores da precipitação desde 1931 verifica-se uma redução significativa e sistemática durante a estação da Primavera nas últimas 3 décadas do Séc. XX com ligeiros aumentos nas outras estações. Apenas em 2000 e 2001 a precipitação na Primavera atingiu valores não observados desde final da década de 60. A variabilidade de precipitação no Inverno tem aumentado nas últimas 3 décadas, alternando entre Invernos secos e Invernos chuvosos. O Inverno de 2000/2001 foi particularmente chuvoso (o 3º mais chuvoso dos últimos 30 anos), enquanto que o Inverno de 2001/2002 foi o 5º mais seco dos últimos 30 anos. O Inverno de 2004/2005 foi o mais seco dos últimos 75 anos e o Outono de 2006 foi o 3º mais chuvoso desde 1931.

Todos os modelos considerando diversos cenários indicam um aumento significativo da temperatura média para todas as regiões de Portugal até ao final do Séc. XXI. Em média são indicados aumentos dos valores das temperaturas máximas no Verão entre 3°C e 7°C nas zonas litorais e interiores respectivamente, acompanhado de um forte incremento das ondas de calor tanto em frequência como em intensidade. Em relação à precipitação existem incertezas fortes na sua previsão. No entanto, a maioria dos modelos aponta para uma redução da precipitação em todas as regiões, com períodos de precipitação mais intensos em períodos curtos no Inverno.

2.9 Cenários do RECE

Referimos neste ponto um subconjunto dos cenários do RECE (Relatório Especial sobre Cenários de Emissões do IPCC - 2000) como os cenários B1, A1B e A2 que têm sido objecto de estudos intercomparativos de modelos. Estes cenários constam no Terceiro Relatório de Avaliação e foram submetidos à aprovação prévia, linha por linha, no Painel.

Os cenários do RECE não envolvem iniciativas adicionais em relação ao clima, o que significa que nenhum cenário adopta explicitamente a implementação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima ou as metas de redução de emissões do Protocolo de Quioto. O

cenário A1 considera um mundo futuro de crescimento económico muito rápido, com a população global a atingir um pico máximo em meados do século XXI e decrescendo a partir dessa data, e a rápida introdução de novas tecnologias mais eficientes. Procura-se a convergência entre as regiões, e o aumento das interacções culturais e sociais, com uma redução substancial da diferença do PIB entre as diversas regiões. A família de cenários A1 desdobra-se em três grupos que optam por diferentes direcções no que toca ao sistema energético:

A1F1: intensiva no uso de combustíveis fósseis;

A1T: fontes energéticas não-fósseis;

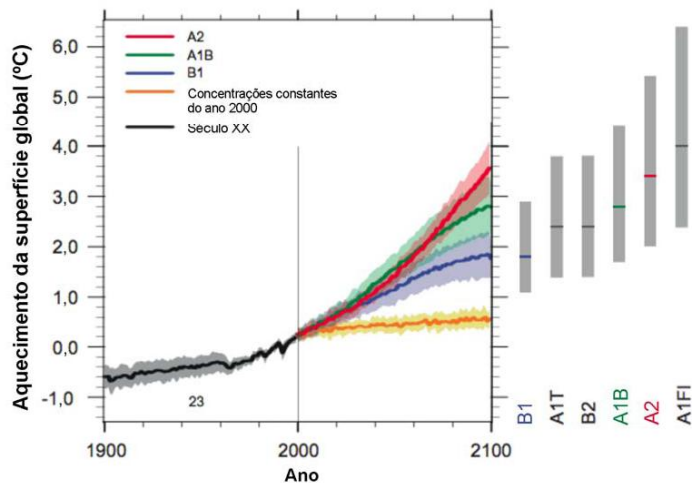
A1B: equilíbrio entre todas as fontes (A1B), ou seja, o equilíbrio é definido considerando várias fontes de energia.

A2. O contexto e a família de cenários A2 descrevem um mundo muito heterogéneo. O tema subjacente é a auto-suficiência e a preservação das identidades locais. O cenário A2 considera um aumento crescente da população. O desenvolvimento económico é orientado em primeiro lugar para a região, e posteriormente para o crescimento do PIB e desenvolvimento tecnológico.

B1. O contexto e a família de cenários B1 descrevem um mundo convergente com a mesma população global, que atinge o pico em meados do século e decresce em seguida, como no contexto A1, mas com uma mudança rápida na economia direccionando-a para uma economia de serviços e informações, e introduzindo tecnologias limpas e eficientes no que toca ao consumo dos recursos. O objectivo deste cenário é a procura de soluções globais para a sustentabilidade económica, social e ambiental, mas sem iniciativas adicionais relacionadas com o clima.

B2. O contexto e família de cenários B2 descrevem um mundo em que a ênfase está nas soluções locais para a sustentabilidade económica, social e ambiental.

A população global aumenta continuamente, a uma taxa inferior ao do cenário A2, com níveis intermediários de desenvolvimento económico e mudança tecnológica menos rápida e mais diversa do que nos contextos B1 e A1.



O cenário também está orientado para a protecção ambiental e social, mas seu foco são os níveis local e regional. No gráfico da figura 18 estão apresentados os cenários descritos e a respectiva projecção para o valor do Aquecimento da Superfície Global em °C.

Figura 18 - Médias Multimodelos e Intervalos Avaliados para o Aquecimento Superficial. Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC.

As linhas contínuas representam as médias globais do aquecimento da superfície produzidas por vários modelos (relativas a 1980-1999) para os cenários A2, A1B e B1, mostradas como continuações das simulações do século XX. O sombreamento denota a faixa de ± 1 desvio padrão para as médias anuais individuais dos modelos. A linha alaranjada considera as concentrações constantes nos valores do ano 2000. As colunas cinzas à direita indicam a melhor estimativa (linha contínua dentro de cada coluna) e a faixa *provável* avaliada para os seis cenários marcadores do RECE.

A avaliação da melhor estimativa e das faixas *prováveis* nas colunas cinzas compreende os AOGCMs (*Atmosphere-Ocean General Circulation Models* - Modelos de Circulação Geral da Atmosfera-Oceano) na parte esquerda da figura, bem como os resultados de uma hierarquia de modelos independentes e restrições das observações.

2.10 Previsões dos impactos no Planeta do Aquecimento Global

Retirado do Quarto Relatório de Avaliação do GT2, o quadro da figura 21. apresenta a previsão para os principais impactos no Planeta em função da mudança da temperatura média global no Séc. XXI, considerando variáveis de amplitude de adaptação, ritmo da mudança da temperatura e trajetória socioeconómica.

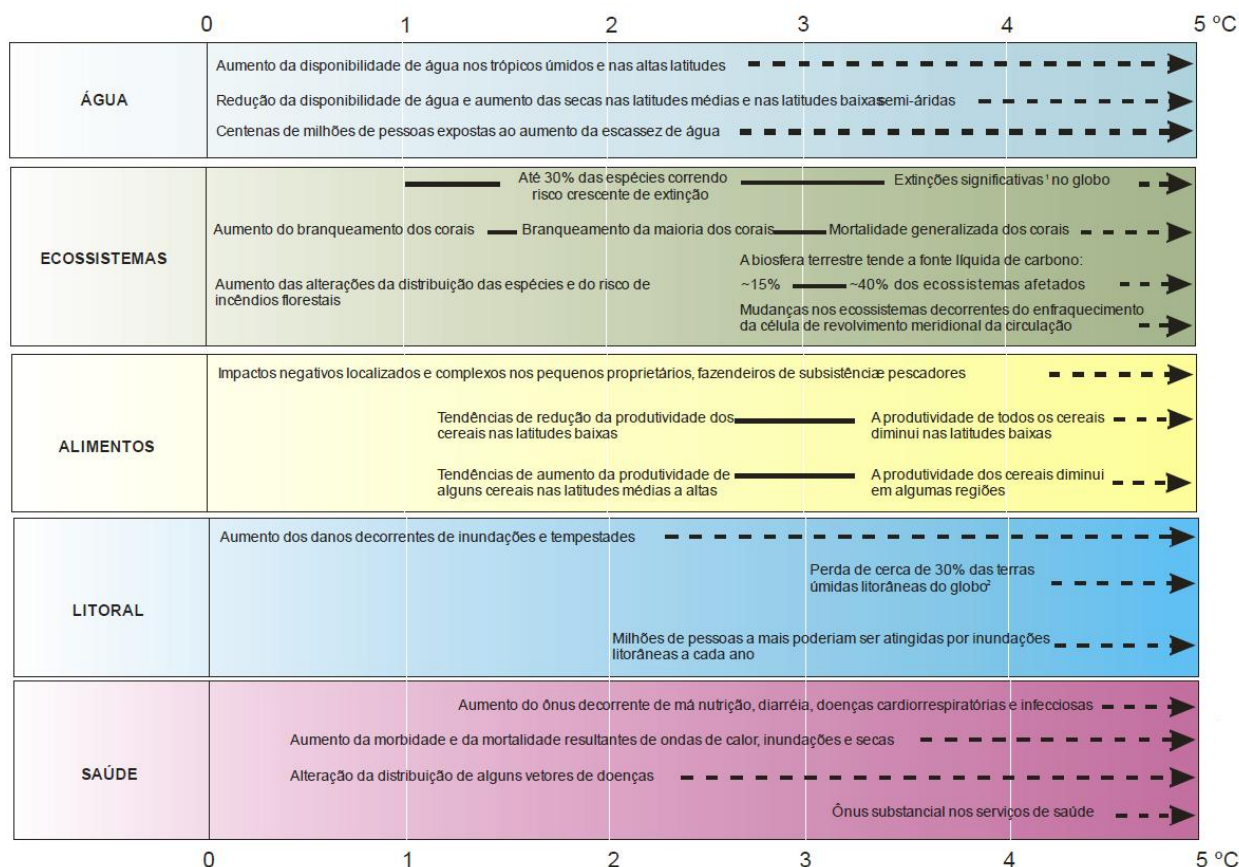


Figura 19 - Média global anual da mudança de temperatura relativa a 1980-1999 (°C) aplicada a diferentes aumentos da temperatura média global no Séc. XXI - Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT2 do IPCC

Este quadro considera os impactos ao nível da disponibilidade de água, alimentos, enfraquecimento dos ecossistemas, exposição do Litoral e Saúde Humana. As linhas pretas a cheio relacionam os impactos entre si e as linhas pretas tracejadas indicam o seu aumento em consonância com o aumento da temperatura. O início de cada frase está à escala com a previsão de início do impacto descrito.

Os dados quantitativos para a escassez de água e as inundações representam os impactos adicionais da mudança do clima relativos às condições projectadas para a faixa de cenários do RECE-A1F1,A2,B1,B2. A adaptação à mudança do clima não é incluída nessas estimativas. Todos os dados são provenientes de estudos publicados registados nos capítulos do Quarto Relatório de Avaliação do IPCC. Os níveis de confiança para todas as declarações são altos (80% de probabilidade).

2.11 Projecção global de gases GEE

Retirada do Quarto Relatório de Avaliação do GT3 referenciamos a figura 20, que apresenta diversos cenários de desenvolvimento humano e respectivas previsões para os valores de emissão de GEE.

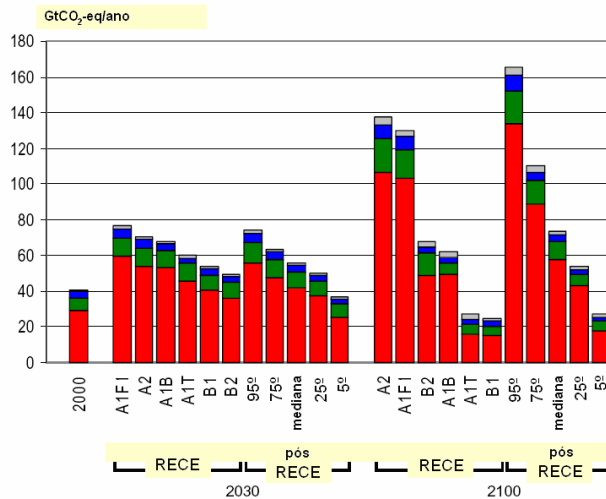


Figura 20 - Emissões globais de gases de efeito estufa para o ano 2000 e emissões projectadas de linha de base para 2030 e 2100 do Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (RECE) do IPCC e na literatura pós-RECE. Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC

A figura apresenta as emissões dos seis cenários ilustrativos do RECE, que como já referimos estes cenários não abrangem políticas climáticas adicionais além das actuais. Também fornece a distribuição da frequência das emissões nos cenários pós-RECE (5o, 25o, médio, 75o, 95o percentil) que diferem em relação aos do RECE com a inclusão da CQNUMC e do Protocolo de Quioto. Os gases F cobrem os HFCs, PFCs e SF₆.

Conforme explanando no Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC, as projecções de crescimento económico para a África, América Latina e Médio Oriente até 2030 nos cenários de linha de base pós-RECE são mais baixas do que no RECE,

mas verifica-se que afecta muito pouco o crescimento económico global e o total de emissões. Melhorou a representação das emissões dos aerossóis e precursores dos aerossóis, inclusive do dióxido de enxofre, fumo negro e carbono orgânico, que tiveram um efeito líquido de arrefecimento. Os estudos existentes indicam que a escolha da taxa de câmbio para o PIB (taxa de câmbio do mercado ou paridade do poder de compra) não afecta sensivelmente as emissões projectadas quando usada de forma coerente. As diferenças, se houver, são pequenas se comparadas com as incertezas causadas pelas suposições de outros parâmetros nos cenários, como por exemplo, as alterações tecnológicas.

Verifica-se que os cenários que se aproximam das emissões de 2000 e inferiores a estas são o B2 e 5° em 2030 e o A1T, B1, 5° em 2100. No que se refere aos cenários do RECE são aqueles que apostam em fontes energéticas não-fósseis que obtêm previsões mais optimistas de emissões de CO2 para 2030 e 2100.

2.12 Conclusões

Do 4º Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC e conforme o que desenvolvemos neste capítulo permite-nos retirar as seguintes conclusões no que respeita à *Mudança do Clima*:

a) As concentrações atmosféricas globais de dióxido de carbono, metano e óxido nitroso aumentaram bastante em consequência das actividades humanas desde 1750 e agora ultrapassam em muito os valores pré-industriais determinados com base em testemunhos de gelo de milhares de anos;

b) A compreensão das influências antrópicas no aquecimento e arrefecimento do clima melhorou desde a publicação do TRA (Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC), promovendo um nível muito alto de confiança(90%) de que o efeito líquido global das actividades humanas, em média, desde 1750 foi de aquecimento, com uma força radiativo de +1,6 [+0,6 a +2,4] Wm⁻² ;

c) As informações paleoclimáticas confirmam a interpretação de que o aquecimento do último meio século não foi comum, pelo menos nos últimos 1.300 anos. Na última vez em que as regiões polares ficaram significativamente mais quentes do que no presente durante um período longo (cerca de 125.000 anos atrás), as reduções no volume do gelo polar acarretaram uma elevação do nível do mar de 4 a 6 metros;

d) *O aquecimento do sistema climático é inequívoco, como está agora evidente nas observações dos aumentos das temperaturas médias globais do ar e do oceano, do derretimento generalizado da neve e do gelo e da elevação do nível global médio do mar. Em escalas continental, regional e da bacia oceânica, foram observadas numerosas mudanças de longo prazo no clima, as quais abarcam mudanças nas temperaturas e no gelo do Ártico, mudanças generalizadas na quantidade de precipitação, salinidade do oceano, padrões de vento e aspectos de eventos climáticos extremos, como secas, precipitação extrema, ondas de calor e intensidade dos ciclones tropicais;*

e) *É muito provável(>90%) que a maior parte do aumento observado nas temperaturas médias globais desde meados do século XX, se deva ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa. Essa afirmação representa um avanço em relação ao TRA, que concluiu que “é provável(>66%)” que a maior parte do aquecimento observado ao longo dos últimos 50 anos se deva ao aumento das concentrações de gases de efeito estufa”. Influências humanas discerníveis se estendem, agora, a outros aspectos do clima, inclusive o aquecimento do oceano, temperaturas médias continentais, extremos de temperatura e padrões do vento;*

f) *A análise dos modelos climáticos, juntamente com as restrições das observações, permitem que se atribua à sensibilidade climática, pela primeira vez, uma faixa provável avaliada e que se tenha mais confiança na compreensão da resposta do sistema climático à força radiativa;*

g) *A continuação das emissões de gases de efeito estufa nas taxas actuais ou acima delas levará a um aquecimento adicional e induzirá muitas mudanças no sistema climático global durante o século XXI, as quais muito provavelmente serão maiores do que as observadas durante o século XX.*

3. Comportamento Sustentável

3.1. Definição

Segundo uma definição de desenvolvimento sustentável reconhecida internacionalmente (*in Relatório da Comissão Brundtland*): “O desenvolvimento sustentável satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras poderem também satisfazer as suas.”

É fácil compreender após leitura do capítulo anterior, a necessidade de uma atitude global que inclua a ideia de recursos limitados, de consumo responsável, de igualdade e equidade a longo prazo.

Conforme o Guião de Educação para a Sustentabilidade - Carta da Terra (Ministério Português da Educação) podem definir-se como quatro os pilares no desenvolvimento sustentável:

- ✓ Respeito e Cuidado pela Comunidade de Vida;
- ✓ Justiça Social e Económica;
- ✓ Integridade Ecológica
- ✓ Democracia, não Violência e Paz.

Outra ideia importante a reter é a da *Responsabilidade Universal*, ou seja, o sentido de responsabilidade pelo papel que se desempenha e pelo impacto que se pode ter, não apenas a nível local, mas também a nível global. Este valor está intimamente relacionado com a intercomunicabilidade, uma outra temática também nuclear ao desenvolvimento sustentável. Uma atitude não pode ser vista de uma forma isolada mas sim, conjunta que influencia as áreas com que está relacionada.

Eis por que, quando se pensa em ‘desenvolvimento’, os aspectos sociais, económicos, ecológicos, culturais, políticos, ou espirituais estão inevitavelmente relacionados.

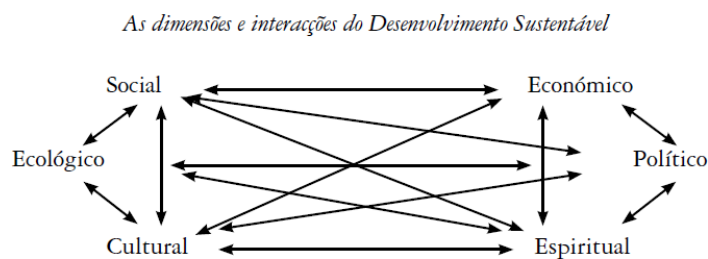


Figura 21 – Fonte: Guião de Educação para a Sustentabilidade - Carta da Terra (Ministério da Educação)

3.2. Carta da Terra

A ideia de desenvolvimento sustentável tem a sua origem e consolidação num documento conhecido como “Carta da Terra” de 2000. A Carta da Terra define-se como uma “declaração de princípios fundamentais para a construção de uma sociedade global, justa, sustentável e pacífica, no século XXI”(in Guião de Educação para a Sustentabilidade - Carta da Terra (Ministério Português da Educação).No texto abaixo estão definidos os princípios fundamentais deste documento.

Guião de Educação para a Sustentabilidade – Carta da Terra

A Carta da Terra – princípios fundamentais

I. Respeito e cuidado pela comunidade de vida

1. Respeitar a Terra e a vida em toda a sua diversidade.
2. Cuidar da comunidade de vida com compreensão, compaixão e amor.
3. Construir sociedades democráticas que sejam justas, participativas, sustentáveis e pacíficas.
4. Conservar a generosidade e a beleza da Terra para as gerações presentes e futuras.

Para poder cumprir estes quatro compromissos globais, é necessário:

II. Integridade ecológica

5. Proteger e recuperar a integridade dos sistemas ecológicos da Terra, com especial cuidado para com a diversidade biológica e os processos naturais que sustentam a vida.
6. Encarar a prevenção dos problemas ambientais como o melhor método de protecção do ambiente e, em caso de conhecimento insuficiente, assumir medidas de prevenção.
7. Adotar padrões de produção, consumo e reprodução que salvaguardem a capacidade regenerativa da Terra, os direitos humanos e o bem-estar das comunidades.
8. Fomentar o estudo da sustentabilidade ecológica e promover a livre troca de conhecimento e sua aplicação.

III. Justiça social e económica

9. Erradicar a pobreza como imperativo ético, social e ambiental.
10. Garantir que as instituições económicas de todos os níveis promovam o desenvolvimento humano de forma equitativa e sustentável.
11. Afirmar a igualdade e a equidade de género como pré-requisitos para o desenvolvimento sustentável e assegurar o acesso universal à educação, aos cuidados de saúde e ao emprego.
12. Defender, sem discriminação, o direito de todos a um ambiente natural e social, promotor da dignidade humana, da saúde do corpo e do bem-estar espiritual, com especial atenção aos direitos dos povos indígenas e das minorias.

IV. Democracia, não violência e paz

13. Reforçar as instituições democráticas, a todos os níveis, e conferir transparência e eficácia à governação, garantir a participação inclusiva na tomada de decisão e o acesso à justiça.
14. Integrar, na educação formal e na aprendizagem ao longo da vida, os conhecimentos, valores e competências necessárias a um modo de vida sustentável.
15. Tratar todos os seres vivos com respeito e consideração.
16. Promover uma cultura de tolerância, não-violência e paz.

21

Em 2003, a UNESCO adoptou uma resolução que “reconhece que a Carta da Terra é um importante referencial ético para o desenvolvimento sustentável”.(in Guião de Educação para a Sustentabilidade - Carta da Terra (Ministério da Educação).

3.3. Desenvolvimento sustentável e Mitigação da Mudança do Clima

3.3.1. Introdução

A travagem do aquecimento do planeta e a sua reversão já não é possível pois neste momento com os valores dos intervenientes actuais a sua progressão é imparável. Não sendo possível esta acção a Humanidade pode tentar o abrandamento do aumento da temperatura na superfície do planeta, ou seja a sua mitigação.

Mitigação da Mudança do Clima significa portanto abrandamento, atenuação das alterações climáticas ou seja, diminuição do grau de aquecimento do planeta sendo que o meio para atingir este objectivo é tomar as medidas necessárias para a diminuição das emissões de gases de efeito de estufa (GEE).

As acções tomadas para atingir este objectivo terão de ser enquadradas nas premissas do desenvolvimento sustentável, referidas na Carta da Terra.

No capítulo 2 percebemos que a comunidade global aceita e compreende a progressão de aquecimento do planeta e que a causa principal é o aumento das emissões dos gases de efeito de estufa - GEE.

A mitigação da mudança do clima só é possível se for enquadrada em modelos analisados e aceites no Painel (IPCC) e na compreensão da necessidade de implementação de modelos de desenvolvimento humano sustentáveis pelos decisores políticos do planeta que contribuam para a diminuição de emissões de CO₂.

Nos quarto relatório do Grupo de Trabalho III do IPCC permite-nos retirar informações relativas a dados de emissões GEE actuais e previsões futuras considerando diversos cenários do RECE de desenvolvimento humano. Permite-nos perceber quais os agrupamentos de países que mais

contribuem para o aquecimento global e quais as contribuições a adoptar para a mitigação do clima.

3.3.2. Definições

Para melhor compreender este tema referenciamos algumas definições de expressões e conceitos que posteriormente vão aparecer nesta dissertação.

CO₂-eq:equivalente de dióxido de carbono – é a quantidade de emissões de CO₂ que causaria o mesmo forçamento radiativo que uma quantidade emitida de um gás de efeito estufa bem misturado ou uma mistura de gases de efeito estufa bem misturados, todos multiplicados por seus respectivos potenciais de aquecimento global para levar em conta os diferentes tempos em que permanecem na atmosfera [Glossário do Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I]

Uso da terra, mudança no uso da terra e florestas LULUCF- é usado para descrever as emissões agregadas de CO₂, CH₄, N₂O provenientes do desflorestamento, biomassa e queima, decomposição da biomassa decorrente da exploração de madeira e do desflorestamento, decomposição da turfa e queima de turfa. É mais amplo do que as emissões do desflorestamento, que são incluídas como um subconjunto. As emissões aqui relatadas não compreendem a absorção de carbono (remoções).

Métrica do PIB_{ppc} - explicação dos cálculos da paridade do poder de compra (PPC) e da taxa de câmbio do mercado para o PIB. Desde o Terceiro Relatório de Avaliação, tem ocorrido um debate sobre o uso de diferentes taxas de câmbio nos cenários de emissões. Duas métricas são usadas para comparar o PIB entre os países. Prefere-se o uso da taxa de câmbio do mercado para análises que envolvam produtos comercializados internacionalmente. Já a paridade do poder de compra é preferível para análises que envolvam comparações da renda entre países em estágios muito diferentes de desenvolvimento. A maior parte das unidades monetárias neste relatório é expressa na taxa de câmbio do mercado, o que reflecte a grande maioria das publicações sobre mitigação de emissões, calibradas na taxa de câmbio do mercado. Quando as unidades monetárias são expressas na paridade do poder de compra, isso é indicado da seguinte forma: PIB_{ppc}.

Capacidade de Adaptação – é a capacidade de um sistema se ajustar à mudança do clima (inclusive à variabilidade climática e aos eventos extremos do tempo), moderando possíveis danos, tirando vantagem das oportunidades ou lidando com as consequências.

Vulnerabilidade – é o grau de susceptibilidade ou incapacidade de um sistema para lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, inclusive a variabilidade climática e os eventos extremos de tempo. A vulnerabilidade é uma função de carácter, magnitude e ritmo da mudança do clima e da variação a que um sistema está exposto, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação.

Potencial de Mitigação - Conforme o relatório da Contribuição do Grupo de Trabalho III ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima o conceito de “potencial de mitigação” foi desenvolvido para “*avaliar a escala das reduções de gases de efeito estufa que poderiam ser feitas, em relação às linhas de base das emissões, para um determinado nível de preço do carbono (expresso em custo por unidade de emissões de equivalente de dióxido de carbono evitadas ou reduzidas).*”

Potencial de Mercado – É o potencial mitigação com base nos custos privados e nas taxas de desconto privadas que podem ocorrer no âmbito de condições de mercado previstas, políticas e medidas em vigor. Estes custos e taxas reflectem as perspectivas dos consumidores e empresas privadas. *Estudos de potencial de mercado podem ser usados para informar os formuladores de políticas do seu potencial de mitigação considerando as políticas e barreiras existentes.*

Potencial Económico – É o potencial mitigação com base nos custos e benefícios sociais e as taxas de desconto sociais, e pressupõe que a eficiência do mercado melhore por meio de políticas e medidas e que as barreiras sejam removidas. Estes custos e taxas de desconto reflectem as perspectivas da sociedade, sendo que as taxas de descontos sociais são mais baixas que as usadas pelos investidores privados. Estudos de potencial económico permitem informar os formuladores de políticas sobre o potencial de mitigação considerando a introdução de políticas novas e /ou adicionais para remoção de barreiras e inserção de custos e benefícios sociais.

Estudos bottom-up – É uma das abordagens para estimar o potencial mitigação. Estes estudos baseiam-se na avaliação das opções de mitigação evidenciando as tecnologias e regulamentações específicas. São estudos com vocação sectorial e não consideram mudanças macro - económicas. Os estudos bottom-up são úteis na avaliação de opções específicas de políticas sectoriais, como por exemplo políticas de melhoria de eficiência energética. Os estudos actuais apresentam ainda algumas limitações no que toca às especificidades de todas as regiões e não consideram os benefícios potenciais criados pela mitigação do clima.

Estudos top-down – É outra das abordagens para estimar o potencial mitigação. Estes estudos avaliam o potencial económico das opções de mitigação. São estudos com vocação para as mudanças macro – económicas e de mercado. Estes estudos são utilizados para avaliar políticas sectoriais transversais e económicas para a mudança do clima, como por exemplo a introdução dos impostos de carbono e políticas de estabilização. Os estudos actuais apresentam ainda algumas limitações no que toca às especificidades de todas as regiões e não consideram os benefícios potenciais criados pela mitigação do clima.

Custos líquidos negativos – referem-se a opções cujos benefícios como a redução dos custos de energia e a redução emissões de GEE equivalem ou excedem os seus custos para a sociedade, não se considerando nestes casos o benefício na mitigação do clima.

Sequestro de Carbono – O sequestro de carbono refere-se à capacidade para o reter e armazenar e evitar a sua libertação para a atmosfera. As florestas são o meio mais natural para o conseguir através do processo da fotossíntese que absorve o CO₂ e em troca libertam oxigénio. Nos solos é depositada a matéria orgânica que quando exposta liberta o carbono absorvido. É possível também manter este depositado nos solos e evitar a sua exposição através de processos agrícolas adequados para o efeito. Outros métodos a serem desenvolvidos actualmente são o possível armazenamento do carbono proveniente da exaustão de gases por queima provenientes da indústria em reservatórios geológicos de profundidade.

3.3.3. CQNUAC – Conferência Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas

A CQNUAC (Conferência Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, em inglês – UNFCC, United Nations Framework Convention on Climate Change) é um tratado internacional que foi resultado da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD) informalmente conhecida por Cimeira da Terra realizada no Rio de Janeiro em 1992. Este tratado foi assinado por quase todos os países no Mundo e tem como objectivo a estabilização de emissão GEE para a atmosfera de forma a contrariar o aquecimento global.

Este tratado ainda não fixou limites obrigatórios nas emissões e não incluiu dispositivos coercivos. Deixa no entanto fixada a necessidade de actualizações (protocolos) futuras para actualização dos valores e criação de limites obrigatórios para as emissões GEE. O mais conhecido é o Protocolo de Quioto.

Este trouxe ao tratado medidas mais poderosas apoiadas por leis. Neste protocolo ficam também definidas as medidas para a mitigação da mudança do clima pois não será possível interromper ou reverter a alteração do clima e o aumento da temperatura na superfície terrestre.

Além da ideia de mitigação é também referida a necessidade de implementação de mecanismos que nos permitam adaptar às mudanças que irão ocorrer por via da mudança do clima. Um dos princípios que fundamentam o Protocolo é o da responsabilidade comum mas diferenciada nas alterações climáticas, ou seja, as emissões GEE tem origem em diversos países ou grupos de países com diversos níveis de responsabilidade. Para definir estes níveis de responsabilidade os signatários da CQNUAC consideraram os seguintes conjuntos:

- Países do Anexo I (países industrializados);
- Países Anexo II (países desenvolvidos que pagam os custos para países em desenvolvimento);
- Países em desenvolvimento – Países Não Anexo I

Países Anexo I

Austrália	Croácia **	Finlândia	Irlanda	Lituânia	Noruega	Eslováquia*	Turquia **
Áustria	República Checa **	França	Itália **	Luxemburgo	Polónia	Eslovénia **	Ucrânia **
Bielorrússia **	Dinamarca	Alemanha	Japão	Mónaco **	Portugal	Espanha	Inglaterra
Bélgica	Estónia	Grécia	Letónia	Holanda	Roménia	Suécia	EUA
Bulgária	União Europeia	Hungria	Liechtenstein **	Nova Zelândia	Federação Russa **	Suíça	* Estado Observador
Canadá		Islândia					** Parte com uma decisão COP e ou CMP

Países Não Anexo I

Afeganistão	Arménia **	Benim	Brunei Darussalam	República Central Africana	Congo	República Democrática da Coreia	Equador
Albânia **	Azerbaijão	Butão	Burkina Faso	Chade	Ilhas Cook	República Democrática da Congo	Egipto
Argélia	Bahamas	Bolívia	Burundi	Chile	Costa Rica	República Democrática da Congo	El Salvador
Angola	Bahrein	Bósnia e Herzegovina	Camboja	China	Cuba	Djibuti	Guiné Equatorial
Antígua e Barbados	Bangladesh	Botsvana	Camarão	Colômbia	Chipre	República Dominicana	Eritreia
Argentina	Barbados	Brasil	Cabo Verde	Comoros	Costa do Marfim	República Dominicana	Etiópia
	Belize						Fiji
Fiji	Grenada	Índia	Cazaquistão **	Lesoto	Mali	Mongólia	Nepal
Ex República Jugoslava da Macedónia	Guatemala	Indonésia	Quênia	Libéria	Malta	Montenegro	Nicarágua
Gabão	Guiné	Iraque	Kiribati	Líbano	Marshall Islands	Marrocos	Níger
Gâmbia	Guiné-Bissau	Israel	Kuwait	Madagáscar	Mauritânia	Moçambique	Nigéria
Geórgia	Guiana	Jordânia	Kyrgyzstan	Malawi	Maurícias	Myanmar	Niue
Ghana	Haiti		Laos	Malásia	México	Namíbia	Oman
Paquistão	Honduras		Líbano	Maldivas	Micronésia	Nauru	
Palau	Qatar	Samoa	Serra Leoa	Suriname	Tonga	Tanzânia	Zâmbia
Panamá	República da Coreia	San Marino	Singapura	Swaziland	Trinidad e Tobago	Uruguai	Zimbábue
Papua Nova Guiné	Moldávia **	São Tomé e Príncipe	Ilhas Salomão	Síria	Tunísia	Uzbequistão **	* Estado Observador
Paraguai	Ruanda	Arábia Saudita	Somália	Tajikistan	Turkménistan **	Vanuatu	** Parte com uma decisão COP e ou CMP
Peru	Saint Kitts and Nevis	Senegal	South Africa	Tailândia	Tuvalu	Venezuela	
Philippines	Santa Lucia	Sérvia	Sri Lanka	Timor-Leste	Uganda	Viet Nam	
	Saint Vincent and the Grenadines	Seychelles	Sudão	Togo	United Arab Emirates	Iémen	

3.3.4. Emissões Regionais de gases GEE em função da População Mundial e PIB Global por agrupamento de Países

Conforme referido no Quarto Relatório do IPCC, os cenários (sem mitigação) do RECE projectam um aumento das emissões globais de GEE entre 9.7 GtCO₂-eq a 36,7 GtCO₂-eq (25 a 90%) entre 2000 e 2030. Considerando os mesmos cenários projecta-se que os combustíveis fósseis mantenham a sua posição dominante na matriz energética até 2030 e posteriormente. Da mesma forma as emissões de CO₂ mantendo estas previsões aumentarão entre 45% e 110% no mesmo período. Cerca de $\frac{2}{3}$ a $\frac{3}{4}$ do aumento das emissões de CO₂ são provenientes das regiões não Anexo-I enquanto que a média das emissões de CO₂ per capita relacionadas com a energia permanecem substancialmente mais baixas (2.8 a 5.1 T CO₂/cap) do que nas regiões do Anexo I (9.6 a 15.1 TCO₂/cap) até 2030. Da mesma forma as suas economias fazem uso da energia mais

baixa por unidade do PIB (6,2 a 9,9 Mj/US\$PIB) do que a dos países não-Anexo I (11 a 21,6 Mj/US\$PIB).

Nas figuras 22 e 23 está representada a distribuição no ano de 2004 das emissões regionais de GEE em função da população por agrupamentos de países e em função US\$ de PIB_{ppc} do PIB_{ppc} por agrupamentos de países. As percentagens inscritas nas barras indicam a participação das regiões nas emissões globais dos gases de efeito de estufa.

Verificamos que os Países Anexo I representam cerca de 19,7% da população mundial e os Países Não Anexo I são cerca de 80,3% da restante população, e que a parcela do PIB global é cerca de 56,6% nos Países Anexo I e 43,4% nos Países Não Anexo I.

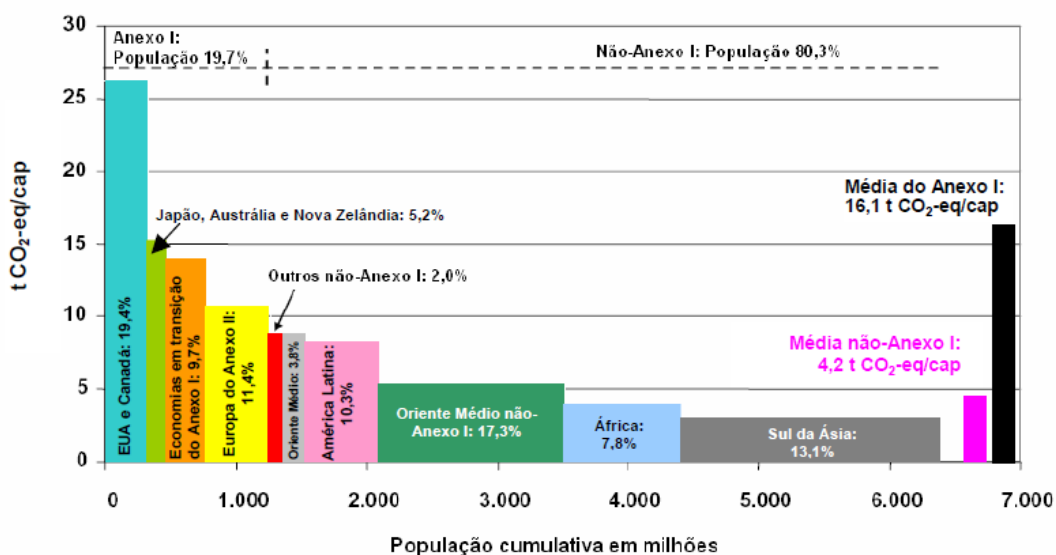


Figura 22– Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC

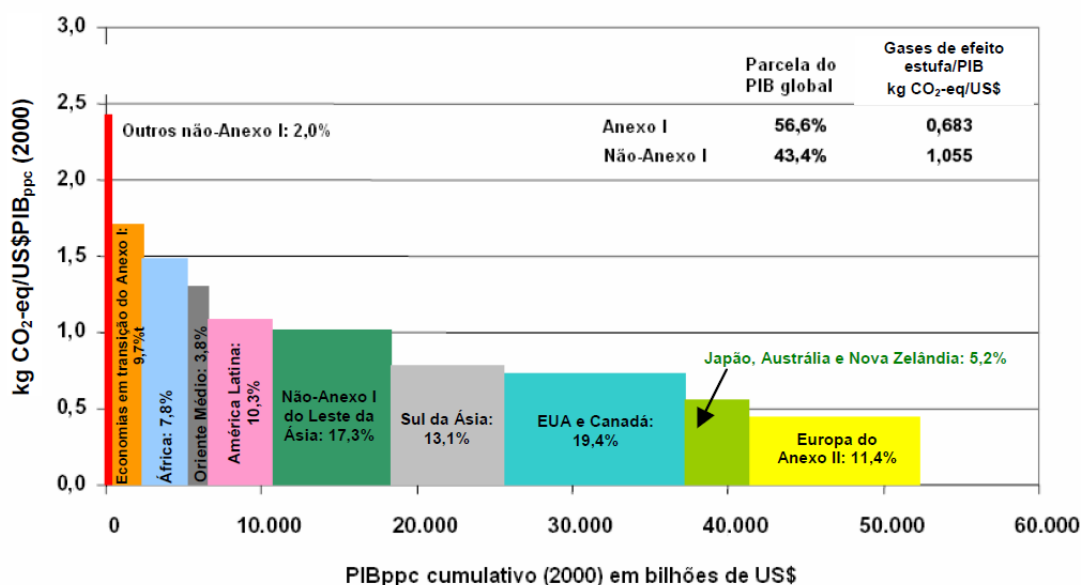


Figura 23– Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC

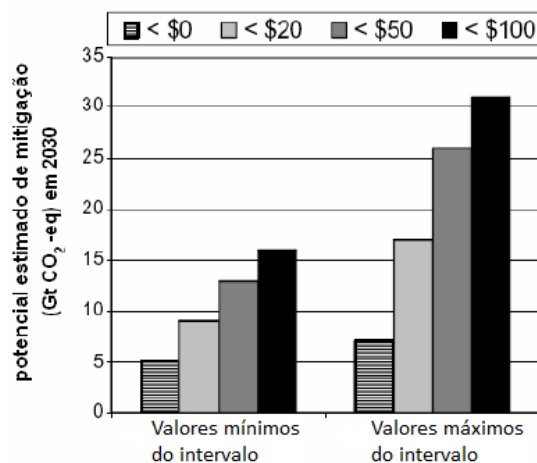
Como referimos atrás todos os cenários descritos pelo IPCC apontam para situações onde não estão consideradas as contribuições para a mitigação do clima e portanto qualquer uma que seja adoptada levará a uma maior capacidade de mitigação. Todas estas atitudes são importantes quer sejam tomadas ao nível dos países e agrupamentos de países quer sejam ao nível das nossas acções quotidianas diárias, pois todas contribuem para a redução do aquecimento do planeta. Estamos perante um novo paradigma que antes de mais deverá ser aceite de forma pacífica e global pois trata-se de garantir a nossa vida na Terra no caminho da sustentabilidade para que as gerações futuras vivam conforme as premissas do desenvolvimento sustentável referidas na Carta da Terra.

3.3.5. Potencial económico e custos da Mitigação da Mudança do Clima

Nos gráficos das Figuras 24 e 25 estão representados os potenciais económicos para 2030 considerando estudos bottom up (Figura 24) e estudos top-down (Figura 25). Observamos o seguinte:

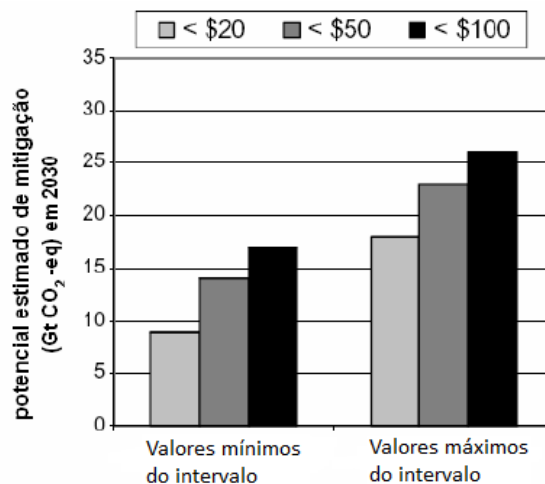
- As oportunidades de mitigação com custos líquidos negativos tem o potencial de reduzir as emissões em cerca 6 Gt CO₂-eq. – Figura 22;

- Tanto os estudos bottom-up como top-down indicam um potencial económico substancial para a mitigação da mudança do clima ao longo das próximas décadas, que poderão compensar o crescimento projectado para as emissões globais ou reduzir as emissões para níveis inferiores aos actuais;
- Em ambos os quadros estão representados intervalos de valores que se referem às incertezas nas estimativas e que reflectem as informações limitadas ao nível do conhecimento global de todos os países do planeta e as mudanças devido a alterações tecnológicas;



Preço do carbono (US\$/tCO ₂ -eq)	Potencial Económico (GtCO ₂ -eq/ano)	Redução relativa ao A1 B do RECE (68 GtCO ₂ -eq/ano) (%)	Redução relativa ao B2 do RECE (49 GtCO ₂ -eq/ano) (%)
0	5-7	7-10	10-14
20	9-17	14-25	19-35
50	13-26	20-38	27-52
100	16-31	23-46	32-63

Figura 24-Potencial económico global de mitigação em 2030, estimado em base de estudos bottom-up. Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC



Preço do carbono (US\$/tCO ₂ -eq)	Potencial Económico (GtCO ₂ -eq/ano)	Redução relativa ao A1 B do RECE (68 GtCO ₂ -eq/ano) (%)	Redução relativa ao B2 do RECE (49 GtCO ₂ -eq/ano) (%)
20	9-18	13-27	18-37
50	14-23	21-34	29-47
100	17-26	25-38	35-53

Figura 25- Potencial económico global de mitigação em 2030, estimado em base de estudos top-down Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC

3.3.6. Fugas de Carbono

Conforme referido no Terceiro Relatório de Avaliação do IPCC as acções tomadas pelos Países do Anexo I podem afectar as emissões globais de GEE e a economia global embora não haja ainda uma certeza na escala das fugas de carbono. As fugas de carbono são definidas pelo seguinte rácio:

$$\frac{\text{aumento das emissões de CO}_2 \text{ fora dos países com políticas de mitigação}}{\text{redução das emissões de CO}_2 \text{ dos países com políticas de mitigação}}$$

A maior parte dos modelos concorda que as fugas ao nível económico considerando as medidas do Protocolo de Quioto seriam na ordem dos 5% a 20%, podendo ser mais baixas se as tecnologias competitivas com baixas emissões fossem difundidas de forma eficaz. É referido também no AR3 do IPCC que as nações exportadoras de combustíveis fósseis poderão esperar uma procura e preços mais baixos e também um menor crescimento do PIB devido às políticas de mitigação. A extensão deste desvio (spill over) depende fortemente das suposições relativas às decisões políticas e condições de mercado do petróleo. O efeito spill over resultante de

políticas de mitigação de um ponto de vista sectorial e transversal referem-se aos efeitos das políticas de mitigação e medidas adoptadas por um país ou agrupamento de países nos sectores de outros países.

3.3.7. Contribuições para a Mitigação da Mudança do Clima

Novos investimentos em infra-estruturas na área da energia nos países em desenvolvimento, e a sua modernização nos países industrializados assim como políticas que promovam a segurança energética poderão criar oportunidades para que se alcancem reduções de emissões de gases GEE em relação aos cenários do RECE. Destacamos alguns exemplos de áreas onde será possível a redução de emissões GEE:

- ✓ Produção de energia a partir de energias renováveis:
 - Eólica;
 - Hídrica,
 - Biomassa;
 - Solar;
 - Energia das ondas;
 - Biogás;
 - Geotérmica.
- ✓ Produção de energia através de Centrais nucleares (centrais de nova geração com níveis de resíduos nucleares baixos);
- ✓ Renovação e optimização das Centrais térmicas:
 - Centrais de ciclo-combinado a gás natural;
 - Substituição dos combustíveis fósseis como o carvão e petróleo nas centrais térmicas por outros com menor índice de emissões GEE;
- ✓ Sistemas de transportes:
 - Aposta em sistemas de transporte privados com baixas emissões de GEE como é o caso respectivamente dos motores híbridos e no futuro próximo os motores eléctricos dos automóveis;
 - Nas redes de transporte opção por sistemas ferroviários com maior eficiência e baixas emissões de GEE, em detrimento de sistemas rodoviários com emissões de gases de efeito de estufa agregados;

- Aposta nos biocombustíveis no período em que coexistem veículos com motores de combustão interna;
 - Optimização dos motores dos aviões de forma a reduzir as emissões GEE;
- ✓ Sistemas Produtivos e Indústria:
- Renovação e optimização dos sistemas produtivos no sentido de diminuir ou anular as emissões GEE por substituição dos equipamentos produtivos por outros de tecnologia inovadora com emissões de GEE mais baixas ou nulas;
- ✓ Edifícios de Habitação e Serviços:
- À semelhança do que sucede nos equipamentos a certificação energética dos edifícios é hoje uma realidade e permitirá a redução de emissão GEE neste sector. Enquadrados na certificação estão os sistemas de climatização que se pretendem com níveis de eficiência máximos e com recursos a fontes de energia alternativa sempre que possível. Actualmente é também possível pensar em edifícios produtores de energia que supere o seu consumo.
- ✓ Agricultura e LULUCF (Land use, Land use change and Forestry):
- O uso da terra é muito importante pois envolve emissões GEE muito importantes. O carbono existente no solo é vulnerável à forma como se maneja a terra como à mudança do clima. É possível também reduzir a emissão de metano e óxido nitroso em função dos sistemas agrícolas utilizados. A produção de biomassa para efeitos energéticos é importante mas deverá haver sempre um cuidado especial para não por em risco a segurança alimentar.
 - O uso da Floresta é essencial para reduzir consideravelmente as emissões GEE e aumentar as remoções de CO₂. As actividades relacionadas com as florestas podem facilmente ser planeadas para criação de sinergias baseadas no desenvolvimento sustentável.
 - A reciclagem eficaz dos resíduos domésticos e industriais e o tratamento ambiental dos mesmos poderá contribuir para a mitigação do clima directamente por redução de emissões GEE e indirectamente pelos

benefícios ao nível da segurança e saúde públicas, protecção dos solos, diminuição da poluição, fonte de produção de energia e sua conservação e conservação de materiais.

3.3.8. Estabilização dos gases de efeito de estufa

A fim de estabilizar a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, as emissões precisariam atingir um valor máximo (pico) a partir do qual se verificaria uma inversão. Quanto mais cedo se atingir o valor de inversão, maior o esforço de mitigação. Os estudos avaliados contêm uma faixa de perfis de emissões para se alcançar a estabilização das concentrações de gases de efeito estufa. A Figura 30 sintetiza os níveis de emissões necessários para diferentes grupos de concentrações de estabilização e o respectivo aumento da temperatura global média de equilíbrio, usando-se a “melhor estimativa” da sensibilidade climática.

A sensibilidade climática de equilíbrio é uma medida da resposta do sistema climático ao forçamento radiativo sustentado. Não é uma projecção, mas é definida como o aquecimento global médio da superfície que se segue à duplicação das concentrações de dióxido de carbono (conforme o Quarto Relatório de Avaliação do Grupo de Trabalho I).

A estabilização poderá ser alcançada mais rapidamente ou não dependendo do uso e opção das tecnologias com maior índice de mitigação. A sua contribuição irá variar em função do tempo, região e nível de estabilização a atingir, onde os aspectos mais importantes a salientar são:

- Eficiência energética;
- Para níveis de estabilização mais baixa é essencial o uso de fontes energéticas com níveis baixos de carbono e fontes renováveis assim como a captação e armazenamento de carbono;
- Investimentos e criação de empregos em áreas com baixa emissão de GEE assim como a aposta da investigação neste campo;
- Incentivos e políticas governamentais de criação sinergias nestas áreas.

Categoria	Forçamento Radiativo (W/m ²)	Concentração de CO ₂ (ppm)	Concentração de CO ₂ -eq (ppm)	Aumento da temperatura global média acima dos níveis pré-industriais em equilíbrio, com o uso da "melhor estimativa" da sensibilidade climática (°C)	Ano de pico das emissões de CO ₂ (ano)	Mudança nas emissões globais de CO ₂ em 2050 (% das emissões de 2000) (%)	Número de cenários avaliados
AA (I)	2,5 – 3,0	350 – 400	445 – 490	2,0 – 2,4	2000 – 2015	-85 a -50	6
AB (II)	3,0 – 3,5	400 – 440	490 – 535	2,4 – 2,8	2000 – 2020	-60 a -30	18
B (III)	3,5 – 4,0	440 – 485	535 – 590	2,8 – 3,2	2010 – 2030	-30 a +5	21
C (IV)	4,0 – 5,0	485 – 570	590 – 710	3,2 – 4,0	2020 – 2060	+10 a +60	118
D (V)	5,0 – 6,0	570 – 660	710 – 855	4,0 – 4,9	2050 – 2080	+25 a +85	9
E (VI)	6,0 – 7,5	660 – 790	855 – 1130	4,9 – 6,1	2060 – 2090	+90 a +140	5
						Total	177

Ilustração 26 – Características dos cenários de estabilização pós-TRA. Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC

No quadro da figura 26 estão representados os custos macroeconômicos da mitigação de gases GEE, considerando a sua estabilização entre os 445 e 710 ppm CO₂-eq. Estes custos são estimados em cerca de 3% do PIB global. As taxas de câmbio do mercado são calculadas com base do PIB Global e o cálculo da redução da taxa de crescimento anual baseia-se na redução média durante o período até 2030 que provocaria a redução indicada do PIB em 2030.

Existe ampla concordância baseada na maioria dos estudos em que a redução do PIB Global aumenta de acordo com a severidade da meta estabilização.

Níveis de estabilização (ppm CO ₂ -eq)	Redução média do PIB (%)	Faixa de redução do PIB (%)	Redução das taxas anuais médias de crescimento do PIB (pontos percentuais)
590-710	0,2	-0,6 – 1,2	< 0,06
535-590	0,6	0,2 – 2,5	< 0,1
445-535	Não disponível	< 3	< 0,12

Figura 27- Custos macroeconômicos globais estimados em 2030 para trajetórias de menor custo visando diferentes níveis de estabilização a longo prazo. Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC

O Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC salienta os seguintes aspectos:

- ✓ Dependendo do sistema fiscal existente e dos gastos das receitas, outros modelos indicam que os custos podem ser substancialmente mais baixos se forem consideradas as receitas provenientes dos impostos de carbono ou licenças leiloadas no âmbito de um sistema de

comércio de emissões sejam usadas para promover tecnologias com baixo uso de carbono ou reformar os impostos existentes.

- ✓ Outros modelos que consideram a possibilidade de as políticas de mudança do clima induzirem uma maior mudança tecnológica também produzem custos mais baixos. No entanto, nesta situação, poderá haver necessidade de investimentos no início para obter reduções de custo posteriormente.
- ✓ Outros modelos demonstram o aumento do PIB, pois consideram que os actuais valores do PIB poderão ser otimizados e que as políticas de mitigação melhoram as eficiências de mercado. Por outro lado, mais mudança tecnológica pode ser induzida pelas políticas de mitigação.

Os custos de mitigação do clima poderão eles próprios também ser mitigados por acção dos seus benefícios.

Conforme referido no Quarto Relatório do IPCC é expectável a redução dos custos de Mitigação considerando os seguintes benefícios com a mitigação do clima:

- ✓ Co-benefícios para a saúde a curto prazo, resultantes da redução da poluição do ar, que poderão inclusive compensar os custos da mitigação;
- ✓ Redução da pressão nos ecossistemas naturais, aumento da produção agrícola, aumento da segurança energética, em razão com a redução das concentrações de ozono troposférico;
- ✓ Integração das medidas de mitigação do clima a nível global e transversal levando a uma maior eficiência nos resultados;

Em 2050, considerando os custos macroeconómicos globais médios para a mitigação do clima considerando a sua estabilização entre 710 e 445 CO₂-eq estão entre uma redução de 1% a 5,5% (conforme a figura 31).

Níveis de estabilização (ppm CO ₂ -eq)	Redução média do PIB (%)	Faixa de redução do PIB (%)	Redução das taxas anuais médias de crescimento do PIB (pontos percentuais)
590-710	0,5	-1 – 2	< 0,05
535-590	1,3	levemente negativa – 4	< 0,1
445-535 ⁴⁶	não disponível	< 5,5	< 0,12

Ilustração 28 – Custos macroeconómicos globais estimados em 2050. Fonte: Quarto Relatório de Avaliação do GT3 do IPCC

A tomada de decisão sobre o nível adequado de mitigação global ao longo do tempo envolve um processo de gestão de risco interactivo que envolva a mitigação e a adaptação considerando o danos reais e evitados da mudança do clima, os benefícios associados e a sustentabilidade. Os custos económicos terão de ser enquadrados nestas premissas e terá de ser encontrado o ponto ideal de cruzamento entre os custos da mitigação e os custos climáticos do seu atraso.

3.3.9. Políticas e instrumentos nacionais para criação de incentivos de mitigação

Existe uma ampla variedade de políticas e instrumentos nacionais para que os governos criem incentivos para as medidas de mitigação. Estas acções têm que estar enquadradas em tomadas de posição conjuntas entre grupos de Países e organismos acreditados para o efeito. As políticas para serem credíveis têm que apresentar eficácia ambiental, orçamental e institucional.

A criação do mercado do carbono poderá criar meios para que os produtores e consumidores invistam de forma significativa em produtos, tecnologias e processos com baixas emissões de GEE. Por outro lado as políticas deverão abranger instrumentos económicos, de financiamento e de regulamentação.

O futuro passará pelo desenvolvimento sustentável que é a forma mais correcta de mitigação da mudança do clima. Esta vontade implicará o uso de recursos não planeados inicialmente e o entendimento e concordância entre de todas as nações do planeta de contribuição e responsabilização das alterações climáticas.

3.3.10. Conferência das Partes – COP

Os países membros da CQNUAC reúnem-se periodicamente em reuniões designadas de COP – Conferências das Partes. Apresentamos alguns exemplos cronológicos destas reuniões desde do seu início:

- ✓ COP 1 – 1995 – Berlim – Firmado o mandato de Berlim em que os Países do Anexo I assumiram maiores compromissos com a estabilização da concentração de GEE;
- ✓ Protocolo de Quioto – 1997 – Aprovado o Protocolo de Quioto, conforme a directrizes do mandato de Berlim com maior ênfase nas metas quantitativas de forma a minimizar os

- custos de mitigação. Estabeleceu o MDL - Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, que viabiliza a diminuição de emissões GEE em países não Anexo I e a transferência de recursos dos países do Anexo I para os países em desenvolvimento;
- ✓ COP 6 – 2000 – Haia – Esta conferência destinava-se à definição das regras operacionais do Protocolo de Quioto, tendo sido suspensa por divergências entre os EUA e países Europeus. No início de 2001 os EUA anunciaram que não iriam participar das negociações de implementação do Protocolo de Quioto;
 - ✓ COP 6 BIS – Meados de 2001 – Bonn – Retomada a COP6 da qual saiu o Acordo de Bonn onde foi garantida a permanência de países como o Japão e a Federação Russa necessária para a entrada em vigor do Protocolo, em troca de algumas concessões. Este acordo introduziu diversas interpretações quanto a temas como LULUCF (Land use, Land use change and Forestry) por países que reviram as suas posições após a saída dos EUA e as concessões atribuídas a outros países;
 - ✓ COP 7 – Final de 2001 – Marraquexe – Acordo de Marraquexe, são definidas as regras LULUCF. Neste acordo fica claro que mesmo que as reduções previstas no Protocolo de Quioto sejam atingidas estas não serão suficientes para diminuir significativamente os factores antrópicos de alteração do clima. Esta conferência cria o comité executivo do MDL e elabora uma declaração onde salienta a relação entre desenvolvimento sustentável e mudanças climáticas definindo com prioridade a erradicação da pobreza nos países em desenvolvimento;
 - ✓ PQ - Protocolo de Quioto – 2005 – Entrada em vigor a 16 Fevereiro de 2005.
 - ✓ COP 15 – Final de 2009 – Copenhaga – O Acordo de Copenhaga foi uma desilusão uma vez que não consegue concordância nos pontos principais do seu texto como o estabelecimento do limite máximo para o aumento da temperatura de 2°C o que implicaria uma redução de emissão GEE de 50% até 2050, no entanto os compromissos estabelecidos representam uma redução de 16% com um aumento de 3°C. Não se prevê também a criação de um organismo internacional para verificação das medidas tomadas em cada país. São estabelecidos os valores para o financiamento dos países pobres para fazer face à desflorestação e ao aquecimento global sendo a maior parte do montante disponibilizado pela UE, Japão e EUA. Finalmente fica o encorajamento da comunidade internacional a concluir um tratado até ao final do ano seguinte. Actualmente as negociações estão focadas nas metas acordar para o período após 2012.

Os Países do Anexo I concordam em reduzir as suas emissões de GEE para os valores definidos (abaixo dos valores de 1990) e caso não o consigam terão de comprar créditos de carbono.

Os Países não Anexo I não têm metas estabelecidas mas terão de implementar programas nacionais de mitigação.

As COPs têm permitido uma resposta do Planeta ao problema das alterações climáticas através de estímulos à implementação de políticas de mitigação enquadradas no desenvolvimento sustentável a nível global e a criação do mercado internacional de carbono e mecanismos de flexibilidade de redução dos custos da mitigação.

3.3.11. Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto incide nas emissões de seis gases com efeito de estufa:

- Dióxido de carbono (CO₂).
- Metano (CH₄).
- Óxido nitroso (N₂O);
- Hidrocarbonetos fluorados (HFC);
- Hidrocarbonetos perfluorados (PFC).
- Hexafluoreto de enxofre (SF₆).

O Protocolo constitui um importante passo em frente na luta contra o aquecimento global, pois contém objectivos vinculativos e quantificados de limitação e redução dos gases com efeito de estufa. Globalmente, os Estados signatários do Anexo I da Conferência-Quadro comprometem-se a reduzir as suas emissões GEE em pelo menos 5% em relação aos níveis de 1990, durante o

período 2008-2012. O Anexo B do Protocolo apresenta os compromissos quantificados assumidos pelos Estados signatários.

Os Estados-Membros da União Europeia terão de reduzir, em conjunto, as suas emissões de gases com efeito de estufa em 8% entre 2008 e 2012.

O Protocolo de Quioto prevê, para além do desenvolvimento de políticas e medidas nacionais, três mecanismos de mercado para atingir o objectivo global de redução: o comércio internacional de emissões (CELE), a implementação conjunta e o mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL).

3.3.12. Carbono Equivalente - CO_{2E}

O Carbono equivalente é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas do GEE pelo seu potencial de aquecimento global. O potencial de aquecimento global do CO₂ foi estipulado como 1. O potencial de aquecimento global do gás metano é 21 vezes maior do que o potencial do CO₂, portanto o CO₂ equivalente do metano é igual a 21. Portanto, uma tonelada de metano reduzida corresponde a 21 créditos de carbono. Assim poder-se-á determinar o potencial dos GEE em relação ao CO₂ através das relações abaixo:

GEE	Ton	CO _{2E}	Potencial de Aquecimento global-PGA	RCE
CO ₂ - Dióxido de Carbono	1	1	1	1
CH ₄ – Metano	1	21	21	21
N ₂ O - Óxido nitroso	1	310	310	310
Gases fluorados				
HFCs - Hidrofluorcarbonetos	1	97 ~ 12000	97 ~ 12000	97 ~ 12000
PFCs - Perfluorcarbonetos	1	5700 ~ 11900	5700 ~ 11900	5700 ~ 11900
SF ₆ - Hexafluoreto de enxofre	1	22200	22200	22200

Retirado do Regulamento (CE) N.º 842/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de Maio de 2006 relativo a determinados gases fluorados com efeito de estufa descrevemos o método de cálculo do potencial de aquecimento global (PAG) de uma preparação.

O PAG total de uma preparação é uma média ponderada, obtida da soma das fracções do peso de cada substância multiplicada pelos respectivos PAG ou seja:

$$\Sigma (\text{Substância X \%} \times \text{PAG}) + (\text{Substância Y \%} \times \text{PAG}) + \dots (\text{Substância N \%} \times \text{PAG}), \text{ em que } \% \text{ é a contribuição por peso com uma tolerância de } \pm 1 \%$$

Por exemplo: aplicando a fórmula a uma mistura teórica de gases que contém 23 % de HFC-32, 25 % de HFC-125 e 52 % de HFC-134^a:

$$\Sigma (23\% \times 550) + (25 \% \times 3\,400) + (52 \% \times 1\,300) \rightarrow \text{PAG total} = 1\,652,5$$

Na figura abaixo retirada do regulamento CE nº 842/2006 representa os valores de PGA dos gases fluorados.

Gases fluorados com efeito de estufa a que se refere o n.º 1 do artigo 2º

Gás fluado com efeito de estufa	Fórmula química	Potencial de aquecimento global (PAG)
Hexafluoreto de enxofre	SF ₆	22 200
<i>Hidrofluorcarbonetos (HFC):</i>		
HFC-23	CHF ₃	12 000
HFC-32	CH ₂ F ₂	550
HFC-41	CHF	97
HFC-43-10mee	C ₃ H ₂ F ₁₀	1 500
HFC-125	C ₂ HF ₅	3 400
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	1 100
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1 300
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	120
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	330
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	4 300
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3 500
HFC-236cb	CH ₂ RCF ₂ CF ₃	1 300
HFC-236ea	CHF ₂ CHRCF ₃	1 200
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	9 400
HFC-245ca	C ₃ H ₂ F ₅	640
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	950
HFC-365mfc	CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃	890
<i>Perfluorocarbonetos (PFC):</i>		
Perfluorometano	CF ₄	5 700
Perfluoroetano	C ₂ F ₆	11 900
Perfluoropropano	C ₃ F ₈	8 600
Perfluorobutano	C ₄ F ₁₀	8 600
Perfluoropentano	C ₅ F ₁₂	8 900
Perfluorohexano	C ₆ F ₁₄	9 000
Perfluorociclobutano	c-C ₄ F ₈	10 000

Ilustração 29 – Fonte: Regulamento (CE) N.º 842/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de Maio de 2006

3.3.13. Rotulagem

No Regulamento CE N.º 1494/2007 da Comissão de 17 de Dezembro de 2007 que estabelece, nos termos do Regulamento (CE) n.º 842/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, o formato dos rótulos e os requisitos adicionais de rotulagem relativamente a produtos e equipamentos que contenham gases fluorados com efeito de estufa.

O presente regulamento define o formato dos rótulos a utilizar e as disposições adicionais em matéria de rotulagem, aplicáveis aos tipos de produtos e equipamento referidos no n.º 2 do artigo 7.º do Regulamento (CE) nº 842/2006.

Artigo 7.º

Rotulagem

1. Sem prejuízo do disposto nas Directivas 67/548/CEE⁽¹⁾ e 1999/45/CE⁽²⁾ em relação à rotulagem das substâncias e preparações perigosas, os produtos e equipamentos enumerados no n.º 2 que contenham gases fluorados com efeito de estufa não serão colocados no mercado a menos que os nomes químicos dos gases fluorados com efeito de estufa sejam identificados num rótulo que utilize a nomenclatura reconhecida pelo sector. Este rótulo deve indicar claramente que o produto ou o equipamento contém gases fluorados com efeito de estufa cobertos pelo Protocolo de Quioto e as respectivas quantidades, devendo essa informação ser clara e indelevelmente inscrita no produto ou equipamento, ao lado dos pontos de assistência técnica para carregamento ou recuperação do gás fluorado com efeito de estufa ou na parte do produto ou equipamento que contenha o gás fluorado com efeito de estufa. Os sistemas hermeticamente fechados devem ser rotulados como tal.

As informações sobre os gases fluorados com efeito de estufa, nomeadamente o seu potencial de aquecimento global, devem ser incluídas nos manuais de instruções destes produtos e equipamentos.

2. O n.º 1 é aplicável aos seguintes tipos de produtos e equipamentos:

- a) Produtos e equipamentos de refrigeração que contenham perfluorocarbonetos ou preparações que contenham perfluorocarbonetos;
- b) Produtos e equipamentos de refrigeração e ar condicionado (excepto os instalados em veículos a motor), bombas de calor, sistemas de protecção contra incêndios e extintores, se o respectivo tipo de produto ou equipamento contiver hidrofluorocarbonetos ou preparações que contenham hidrofluorocarbonetos;


c) Computadores que contenham hexafluoreto de enxofre ou preparações que contenham hexafluoreto de enxofre; e

d) Todos os recipientes de gases fluorados com efeito de estufa.

3. A forma do rótulo a utilizar é estabelecida nos termos do n.º 2 do artigo 12.º Se necessário, são estabelecidos requisitos adicionais de rotulagem, para além dos previstos no n.º 1, nos termos do n.º 2 do artigo 12.º Antes de apresentar uma proposta ao comité referido no n.º 1 do artigo 12.º, a Comissão deve ponderar a conveniência de incluir nos rótulos informação ambiental adicional, incluindo o potencial de aquecimento global, tomando na devida conta esquemas de rotulagem existentes já aplicáveis aos produtos e equipamentos referidos no n.º 2.

Figura 30- Fonte: Regulamento (CE) N.º 842/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 17 de Maio de 2006.

Na página seguinte apresentamos um tipo de etiquetagem utilizada pela Portugal Telecom.


 Contém gases fluorados com efeito de estufa abrangidos pelo Protocolo de Quioto.

Designação do equipamento: _____

Refrigerante: _____

Quantidade Gás (máquina)	Quantidade Gás (adicional)
_____ Kg	_____ Kg

Quantidade Gás Total

_____ Kg

Figura 31 – Etiqueta PT

3.3.14. Créditos de Carbono - RCE

Os Créditos de carbono ou Redução Certificada de Emissões (RCE) são certificados emitidos para um agente que reduziu a sua emissão de GEE.

Por convenção, uma tonelada de dióxido de carbono, CO₂, corresponde a um crédito de carbono, ou seja:

$$1 \text{ Ton CO}_2 = 1 \text{ RCE}$$

Este crédito pode ser negociado no mercado internacional. A redução da emissão de outros gases, igualmente geradores do efeito estufa, também pode ser convertida em créditos de carbono, utilizando-se o conceito de Carbono Equivalente.

Comprar créditos de carbono no mercado corresponde aproximadamente a comprar uma permissão para emitir GEE. O preço dessa permissão, negociado no mercado, deve ser necessariamente inferior ao da multa que o emissor deverá pagar ao poder público, por emitir GEE. Para o emissor, portanto, comprar créditos de carbono no mercado significa, na prática, obter um desconto sobre a multa devida.

Acordos internacionais como o Protocolo de Quioto determinam a cota máxima de GEE que os países desenvolvidos podem emitir. Os países, por sua vez, criam leis que restringem as emissões de GEE. Assim, aqueles países ou indústrias que não conseguem atingir as metas de reduções de

emissões, tornam-se compradores de créditos de carbono. Por outro lado, aquelas indústrias que conseguiram diminuir suas emissões abaixo das cotas determinadas, podem vender, a preços de mercado, o excedente de "redução de emissão" ou "permissão de emissão" no mercado nacional ou internacional.

Os países desenvolvidos podem estimular a redução da emissão de gases causadores do efeito estufa em países em desenvolvimento através do mercado de carbono, quando adquirem créditos de carbono provenientes destes últimos.

3.3.15. Mecanismos de Mitigação

Existe uma ampla variedade de políticas e instrumentos nacionais para que os governos criem incentivos para as medidas de mitigação. Estas acções têm que estar enquadradas em tomadas de posição conjuntas entre grupos de Países e organismos acreditados para o efeito. As políticas para serem credíveis têm que apresentar eficácia ambiental, orçamental e institucional.

A criação do mercado do carbono poderá criar meios para que os produtores e consumidores invistam de forma significativa em produtos, tecnologias e processos com baixas emissões de GEE. Por outro lado as políticas deverão abranger instrumentos económicos, de financiamento e de regulamentação.

As alterações climáticas representam um desafio ambiental e económico para a Humanidade. A Comunidade Internacional deu uma primeira resposta com a adopção, em 1992, da CQNUAC – Convenção Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas, tendo como objectivo a estabilização das concentrações na atmosfera de gases com efeito de estufa (GEE), em níveis que não representem uma interferência antropogénica perigosa no sistema climático. Em 1997, foi adoptado o Protocolo de Quioto, no âmbito do qual a Comunidade Europeia se comprometeu a reduzir as suas emissões de GEE (categoria na qual se inserem os gases fluorados).

PEAC - Programa Europeu para as Alterações Climáticas, foi instituído em Junho de 2000 para identificar as medidas adicionais, com uma boa relação custo-eficácia, que podiam ser adoptadas de forma a permitir o cumprimento do Protocolo de Quioto. Foram criados diversos grupos de trabalho sectoriais, incluindo um sobre gases fluorados. Concluiu-se que em 1995 a contribuição destes gases para o total de emissões de GEE na União Europeia foi de 65 milhões de toneladas equivalentes de CO₂ (cerca de 2% do total de emissões GEE).

Registou-se um amplo consenso a favor de um quadro legislativo a nível comunitário para melhorar o confinamento e o controlo desses gases e introduzir restrições de comercialização e utilização em relação a certas aplicações.

O futuro passará pelo desenvolvimento sustentável que é a forma mais correcta de mitigação da mudança do clima. Esta vontade implicará o uso de recursos não planeados inicialmente e o entendimento e concordância entre de todas as nações do planeta de contribuição e responsabilização das alterações climáticas.

3.3.16. CELE – (Diploma que regula o comércio europeu de licenças de emissão) - APA

No âmbito da sua estratégia de redução de emissões de GEE e como forma de garantir o cumprimento eficaz dos seus objectivos, a União Europeia aprovou a Directiva 2003/87/CE, de 13 de Outubro, que cria o mecanismo de Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE), entretanto transposta para a ordem jurídica interna pelo Decreto-Lei n.º 233/2004, de 14 de Dezembro, com a última redacção que lhe foi dada pelo Decreto-Lei n.º 72/2006, 24 de Março, habitualmente designado por Diploma CELE.

O CELE constitui o primeiro instrumento de mercado intracomunitário de regulação das emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE).

Nos termos deste Decreto-Lei, foi atribuído à Agência Portuguesa do Ambiente o papel de Autoridade Competente a nível nacional, com responsabilidades de coordenação geral do processo CELE.

O CELE, cujo segundo período de vigência teve início em 1 de Janeiro de 2008, abrange um conjunto de instalações às quais são limitadas as emissões de GEE, através da atribuição de um montante fixo de licenças de emissão. A base da atribuição das referidas licenças é definida pelo PNALE, que determina o montante total de licenças a atribuir, bem como o método de atribuição que servirá de base para o cálculo de licenças referente a cada instalação.

3.3.17. MDL -Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

Através deste mecanismo é facilitada em Países do Não Anexo I a implementação projectos que contribuam para o desenvolvimento sustentável e que apresentem uma redução ou captura de emissões de gases causadores do efeito estufa, obtendo a Reduções Certificadas de Emissões -

RCEs, ou na sigla em inglês, CERs. Os RCEs emitidos pelo Conselho Executivo do MDL, podem ser negociados no mercado global. Como os países industrializados (Partes Anexo I) possuem cotas de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa, estes podem adquirir os RCEs de patrocinadores de projectos em países em desenvolvimento para auxiliar no cumprimento de suas metas.

- O MDL visa ao alcance do desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento (país anfitrião), a partir da implantação de tecnologias mais limpas nestes países, e a contribuição para que os países do Anexo I cumpram suas reduções de emissão.
- Os projectos do MDL podem ser baseados em fontes renováveis e alternativas, eficiência e conservação de energia sendo validados e verificados por EOD's (entidades operacionais designadas), aprovados e registados pelo Conselho Executivo do MDL. Os projectos devem ser aprovados pelo governo do país anfitrião através da AND (Autoridade Nacional Designada), assim como pelo governo do país que comprará os RCEs.

3.3.18. Redução de Emissões GEE assumidas por Portugal

Como já referimos, no âmbito do Protocolo, a União Europeia ficou, como um todo, obrigada a reduzir as suas emissões face ao ano base (1990) em 8 %, tendo esta quantidade sido repartida por todos os Estados membros, através do compromisso comunitário de partilha de responsabilidades. Portugal assinou o Protocolo de Quioto em 31 de Maio de 1998 e ratificou-o em 31 de Maio de 2002, onde assumiu o compromisso de limitar o aumento das suas emissões de gases com efeito de estufa (GEE) em não mais que 27 %, no período de 2008-2012, relativamente aos valores do ano base.

O montante de emissões de GEE que Portugal não poderá exceder no período 2008-2012, ou seja, a Quantidade Atribuída (QA), está neste momento fixada em 1,556 milhões de toneladas (Mt) de CO₂ (índice 2) e/ano (0,901 Mt CO₂ (índice 2) e/ano associados ao sector da oferta da energia, com influência directa no universo PNALE e 0,655 Mt CO₂ (índice 2) e/ano associados ao sector dos transportes).

3.3.19. PNAC - O Programa Nacional para as Alterações Climáticas

O PNAC - O Programa Nacional para as Alterações Climáticas, define um conjunto de políticas e medidas internas que visam a redução de emissões de GEE por parte dos diversos sectores de actividade.

As principais acções do PNAC são:

- Obtenção de créditos de emissão de gases com efeito de estufa, a preços competitivos, através do investimento em fundos geridos por terceiros ou outros instrumentos do mercado de carbono;
- Apoio a projectos em Portugal que conduzam a reduções de emissões GEE, nomeadamente na área da eficiência energética, energias renováveis, sumidouros de carbono, captação e sequestração geológica de CO₂, e adopção de novas tecnologias, quando o retorno em termos de emissões evitadas assim o recomende;
- Promoção da participação de entidades públicas e privadas nos mecanismos de flexibilidade do PQ.

- Os projectos poderão abranger áreas dos transportes e mobilidade, eficiência energética; gestão de resíduos e efluentes, processos industriais, uso do solo, alteração do uso do solo e florestas, ou outros desde que identificados no Inventário Nacional de Emissões como fontes de gases com efeito de estufa, e cumpram os critérios de elegibilidade previstos no Regulamento. Abaixo estão discriminados alguns tipos de projectos:
 - ✓ Substituição de combustíveis, designadamente de carvão ou fuel para gás natural;
 - ✓ Recuperação de calor residual em processos industriais;
 - ✓ Redução de emissões de HFCs em sistemas de refrigeração e aquecimento;
 - ✓ Recuperação e tratamento de biogás, sem aproveitamento eléctrico, do tratamento de efluentes ou de resíduos;
 - ✓ Sistemas de gestão de tráfego;
 - ✓ Florestação e reflorestação;
 - ✓ Redução de emissões de N₂O em instalações industriais.

- Dever-se-á considerar o cenário de referência baseado no histórico e a evolução previsível das emissões de gases com efeito de estufa visadas por um projecto, se esse projecto não se concretizar. A determinação do cenário de referência deverá ser coerente com o Inventário Nacional de Emissões e a metodologia usada deverá ser justificada.
- O projecto terá de demonstrar a sua adicionalidade no resultado da redução das emissões GEE ou seja, o projecto tem que conduzir a uma redução de emissões diferente da prevista para o cenário de referência, a qual não teria lugar sem o projecto; no segundo caso, o projecto não decorre do simples cumprimento de obrigações legais ou regulamentares; no terceiro caso, tem de ser demonstrado de que o apoio financeiro contribui significativamente para a viabilidade do projecto.

3.3.20. – PNALE/PNALE II – Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão

O PNALE - Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão, foi aplicável a um conjunto de instalações fortemente emissoras de GEE, e como tal incluídas no Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE) 2005 a 2007. O PNALE II que vigorará de 2008 a 2012. O PNALE II abrangerá apenas as emissões de CO₂ e das instalações pertencentes ao CELE. Foi estabelecido, para efeitos do PNALE II, atribuir gratuitamente às instalações a totalidade das licenças de emissão que lhes sejam consignadas. O montante global de licenças de emissão anual a atribuir às instalações para o período 2008-2012 é de 34,81 Mt CO₂. Deste montante global uma parte (30,5 Mt CO₂) corresponde às instalações existentes, ficando a parte remanescente (4,3 Mt CO₂) destinada à constituição de uma reserva para novas instalações. Tal como os restantes instrumentos nacionais de combate às alterações climáticas, cujo objectivo consiste na limitação ou redução das emissões nacionais de GEE, o PNALE II traduz um esforço de redução para as instalações abrangidas pelo CELE, uma vez que o valor atribuído anualmente para o período 2008-2012 para as instalações existentes (30,5 Mt CO₂) é inferior às emissões verificadas nestas instalações em 2006 (33,1 Mt CO₂) e o montante destinado à reserva para novas instalações (4,3 Mt CO₂) será cancelado caso não seja utilizado.

3.3.21. FPC - Fundo Português de Carbono

O FPC - Fundo Português de Carbono foi criado pelo Decreto-Lei n.º 71/2006, de 24 de Março, que visa o desenvolvimento de actividades para a obtenção de créditos de emissão de GEE, designadamente através do investimento em mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto. A Agência Portuguesa do Ambiente tutela o Fundo Português do Carbono que é um instrumento financeiro do Estado Português que visa garantir o cumprimento dos objectivos nacionais em matéria de alterações climáticas. O FPC investe em créditos de carbono no âmbito do Protocolo de Quioto e, em Portugal, em reduções de emissões ou remoções por sumidouros. O défice remanescente da diferença entre a quantidade atribuída de emissões (QA) e as projecções de emissões é de de 2,97 Mt CO₂e/ano. A Comissão Europeia reiterou ainda que a aquisição pelo estado português de créditos através do Fundo Português de Carbono constitui uma medida fundamental para o cumprimento por Portugal do seu objectivo de Quioto e que a quantidade máxima de licenças aprovada pela Comissão se baseou numa análise aprofundada da intenção de Portugal de instituir um fundo específico para o carbono e investir, no mínimo, 348 milhões de euros, a partir de 2007, para a aquisição dos referidos créditos.

3.3.21.1. Cumprir Quioto

O Sistema de Informação *CumprirQuioto.pt* permite antever o cumprimento nacional do Protocolo de Quioto, e apoiar a decisão em matéria de políticas públicas de mitigação de gases com efeito de estufa em Portugal. Em Setembro de 2010 os indicadores nacionais retirados deste sistema de informação revelam:

- Indicador de Cumprimento de Quioto - Actualmente, estima-se que, no período de cumprimento do **Protocolo de Quioto**: 2008-2012, Portugal esteja **3%** acima da quantidade que lhe foi atribuída, o que equivale a emitir mais **9,87** Mt CO₂e do que o tecto de emissões de gases com efeito de estufa estabelecido.
- Taxa de execução do conjunto das Políticas e Medidas enquadradas pelo PNAC - representa um impacte de menos **7,14** Mt CO₂e na eficácia ambiental esperada com a execução integral de todas as Políticas e Medias, o que equivale a um aumento das emissões de gases com efeito de estufa.

- Taxa de execução do Fundo Português de Carbono, no período de cumprimento do **Protocolo de Quioto: 2008-2012**, é de **89%**, o que representa um desvio de **1,41 Mt CO_{2e}**, face à Meta estabelecida para a aquisição de Unidades de Cumprimento.

3.3.22. NIR – Relatório do Inventário das emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008

As informações relatadas abaixo foram retiradas do relatório do inventário das emissões GEE em Portugal, 1990-2008 – NIR (National Inventory Report) APA 15/04/2010.

3.3.22.1. Total de Emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008

Em 2008, o total de emissões GEE não considerando LULUCF, foram estimadas em cerca de 78 Mt CO_{2e}, o que representou um aumento de 30% comparativamente ao ano base (1990).

No PQ Portugal comprometeu-se a reduzir as emissões GEE em 27% relativamente a 1990, pelo que considerando o valor registado em 2008, verifica-se um desvio de 6% em relação à curva acordada no Protocolo de Quioto (Figura32).

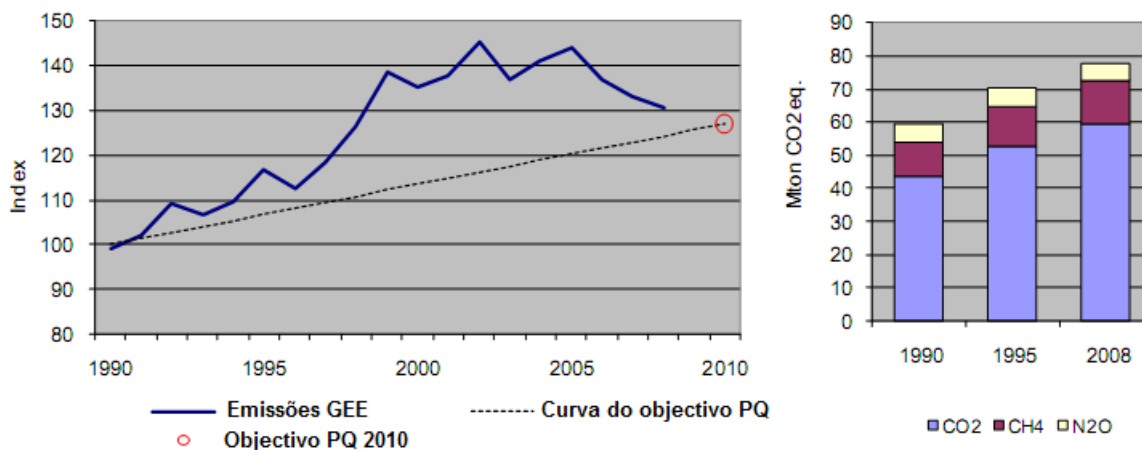


Figura 32 - Emissões GEE (sem LULUCF) em Portugal

Como se observa na Figura assistiu-se a um crescimento contínuo de emissões GEE durante a década de 90, tendo o mesmo apresentado posteriormente uma evolução mais moderada seguida de um decréscimo nos últimos anos. Esta evolução deve-se à implementação de algumas medidas como:

- ✓ Introdução do projecto de gás natural em 1997;

- ✓ Instalação de centrais termoeléctricas de ciclo combinado (1999);
- ✓ Instalação progressiva de unidades de co-geração;
- ✓ Optimização da eficiência energética e tecnológica nos processos industriais;
- ✓ Melhoramento da eficiência dos motores dos automóveis e qualidade do fuel;
- ✓ Desenvolvimento expressivo nos últimos anos na instalação de equipamentos para o uso de fontes de energias alternativas como mais ênfase na energia eólica (aerogeradores). A capacidade de produção de energia eléctrica a partir de fontes renováveis cresceu de 8,28 MW em 1995 para 8151 MW em 2008. No sector da energia eólica a capacidade instalada em 2008 era cerca de 2800 MW distribuído por 175 parques e 1526 aerogeradores. A produção de energia eólica tem aumentado o seu peso na produção total de energia eléctrica representando 38% da produção total em 2008.

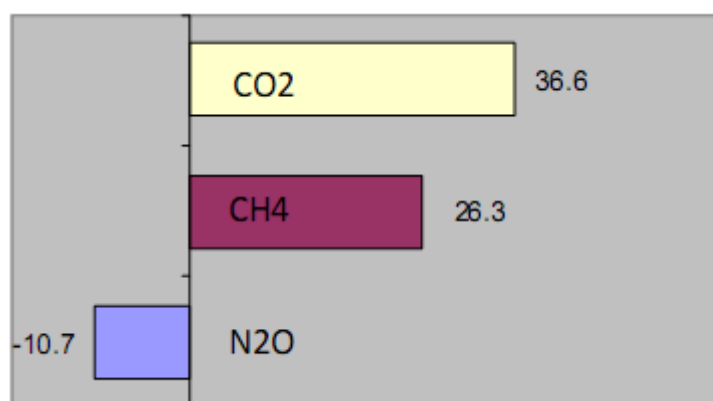


Figura 33 – Aumento das emissões GEE no período 1990-2008 (%)

Na figura 32 não estão especificados os gases Fluorados pois representam um valor muito baixo no total das emissões - 1,3% em 2008.

Durante o período analisado verificou-se que Portugal atingiu pouco mais que o dobro das emissões GEE fruto do crescimento económico com maior incisão nos últimos anos. O decréscimo da intensidade de carbono (Emissões GEE por unidade de PIB) observado nos últimos anos está directamente relacionado com a implementação de importantes medidas que tiveram efeito positivo nos níveis de emissões GEE como foi o caso da introdução do gás natural em 1997, a instalação de centrais térmicas de ciclo combinado a gás natural (1999), a progressiva instalação de unidades de co-geração, a melhoria da eficiência energética nos processos industriais e tecnologias associadas, o melhoramento da qualidade do fuel e o desenvolvimento do parque automóvel com motores de combustão interna mais eficientes.



Figura 34 – Emissões GEE per Capita, por unidade de PIB e por consumo de energia. Fonte: Relatório do inventário das emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008 – NIR

Observando a figura 34 a média anual de crescimento de emissões GEE no período especificado foi cerca de 2%. Verificam-se também 3 períodos diferentes que permitem analisar a evolução desta média:

- 1990 a 1995 – 3,7%
- 1995 a 1999 – 4,7 %
- 1999 a 2008 – ligeiro crescimento seguido de decréscimo

3.3.22.2. Fontes de Emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008

A fonte principal de emissões GEE em Portugal em 2008 foi o sector da energia. O gás com maior emissão é o CO₂ representando cerca de 76% do total de emissões GEE. A maioria das emissões de CO₂ têm origem em actividades relacionadas com o sector da energia e representam cerca de 90,5% do total das emissões. Esta situação deve-se ao tipo de fontes energéticas utilizadas em Portugal. Durante o período de 1990-2008, 84% da energia primária consumida foi produzida a partir de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) representando as energias renováveis os restantes 16%.

Nos anos mais recentes esta situação tem-se alterado com o progressivo crescimento nas fontes de energias alternativas como é o caso da eólica.

De acordo com as directivas da UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change as emissões estimadas devem ser divididas por 6 grandes sectores: Processos industriais, Uso dos Solventes, Agricultura, LULUCF (Land-Use Change and Forestry) e Desperdício.

As emissões GEE têm origem em diversas fontes. O Relatório do inventário das emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008 – NIR, da Agência Portuguesa do Ambiente apresenta-as conforme as categorias IPCC:

- ✓ CFR 1 – Energia
- ✓ CFR2 – Processos Industriais
- ✓ CFR 3 – Solventes e outros produtos equivalentes
- ✓ CFR 4 – Agricultura
- ✓ CFR 5 – LULUCF
- ✓ CFR 6 – Lixo

No quadro abaixo estão discriminadas e sintetizadas as diversas fontes e respectivos gases.

Fontes de GEE	Categorias IPCC	Meio	Gases
CFR1 – ENERGIA – Combustão a Fuel	Produção de electricidade e aquecimento Público: – CRF 1 A1 – Energia para a Indústria - CRF 1 A2 – Produção e Construção	*	CO ₂
	Fuga de emissões de combustíveis fósseis – CRF 1 B	Carvão mineral	Metano
	Outros Sectores: áreas residenciais, comerciais/institucionais, agricultura, floresta e pesca – CRF 1 A4	Equipamentos de Combustão interna: caldeiras, equipamentos de co-geração	CO ₂

	Transportes – CRF 1 A3	Aviação civil; Transporte rodoviários terrestres; Transporte ferroviário (nos troços de rede ainda não electrificada); Transportes marítimos (Madeira e Açores)	Gases derivados de jet-fuel, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
	Outros Sectores – CRF 1 4A		CO ₂
CFR2 – PROCESSOS INDUSTRIAIS	Indústria Mineral / Cimento – CRF 2A		CO ₂
	Indústria Química CRF 2B		CO ₂ , NH ₃ , COVNM
	Produção de Metal – CRF 2C		CO ₂
	Outros Produtos – CRF 2D		CO ₂
	Consumo de CFC,HCFC, HFC, PFC, SF ₆ – CRF 2F	Equipamentos frigoríficos (Frio Industrial e AVAC), aerossóis, equipamentos eléctricos.	CFC,HCFC, HFC, PFC, SF ₆
CFR3 - SOLVENTES	Tintas Produtos de limpeza de matérias insolventes com a água		Compostos orgânicos voláteis não metânicos COVNM, NH ₃ ,NO

	Produtos químicos		
	Medicina (Anestesia)		N ₂ O
CFR4- AGRICULTURA			CH ₄ , N ₂ O, NH ₃
CFR5-LULUCF – Uso do Solo, Alteração do Uso do Solo e Floresta			Todos os gases
CFR6 - LIXO	CRF 6A – Lixo sólido disposto na terra		CH ₄ , NO _x ,CO ₂ ,N ₂ O,COVNM
	CRF 6B – Águas Residuais Sujas		CH ₄ , N ₂ O,COVNM
	CRF 6C – Lixo Incinerado		CH ₄ , NO _x ,CO ₂ ,N ₂ O,COVNM

Na figura 35 estão representados a Emissões GEE por fonte, no período de 1990 a 2008.

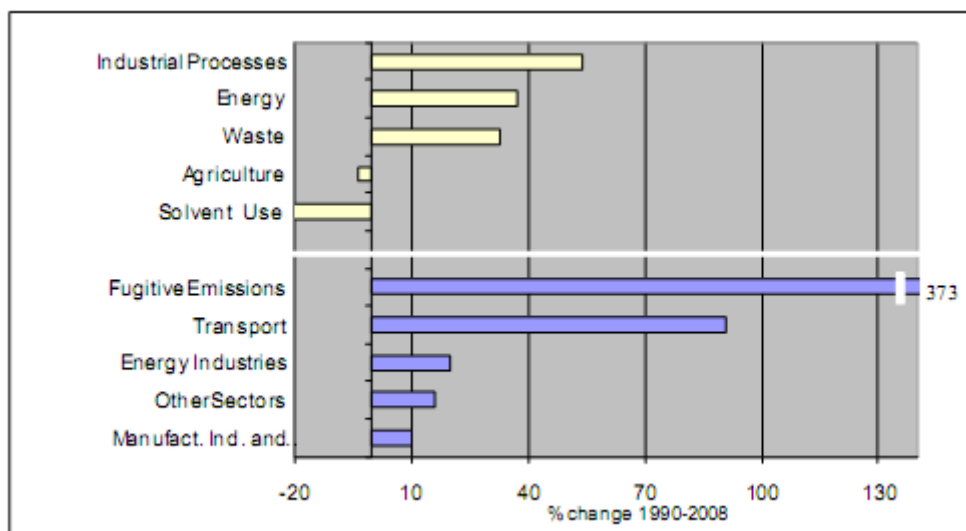


Figura 35 – Percentagem de Emissões GEE (1990-2008)por fonte (LULUCF excluído). Fonte: Relatório do inventário das emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008 – NIR

3.3.22.3. Historial do fornecimento de energia em Portugal (segundo EDP)

Em Portugal existem diversas centrais de produção de energia alimentadas a fontes emissoras de GEE e a energias alternativas (barragens, eólica, solar e geotérmica). No que se refere às centrais com fontes emissoras de gases de efeito de estufa fazemos um pequeno resumo da sua história.

Até 1950 a produção de energia eléctrica em Portugal era baseada em pequenas unidades termo eléctricas alimentadas a carvão mineral. Na década de 50 do Séc. XX. com o aumento da necessidade de fornecimento de energia eléctrica principalmente solicitado por parte da indústria, Portugal inicia o programa de desenvolvimento das centrais hidroeléctricas a par com a construção da central termoeléctrica TAPADA DO OUTEIRO que usa um tipo de carvão mineral (lignite) extraído em Minas Portuguesas.

Na década de 60 do mesmo século os produtos derivados do petróleo surgem com principal fonte de energia e são construídas nesse período também 3 novas centrais termoeléctricas: CARREGADO, BARREIRO e SETÚBAL. As crises do petróleo em 1973/74 e 1979/81 determinaram uma mudança na fonte a usar tendo-se optado pelo carvão mineral importado. Em 1985 surge a Central de Sines e em 1993 a Central do Pêgo utilizando o carvão mineral como fonte.

Mais recentemente optou-se pelo gás natural tendo entrado em funcionamento a TER (Termoeléctrica do Carregado) em 2004 e a central Turbo Eléctrica do Carriço em 2006. Nas Ilha da Madeira e no Arquipélago dos Açores devido à descontinuidade do território optou-se por unidades pequenas por ilha alimentadas a fuel ou a diesel.

Central	Localização	Início	Situação	Fuel	Potência MW	Observações
Tapada do Outeiro	Gondomar	1959	Desactivada	Lignite + Fuel	150/100/47	O uso de lignite terminou m 1997
Portgen (nova Tapada do Outeiro)	Gondomar	1998	Activa	Gás Natural+Diesel	990 (2*330)	Ciclo combinado
Soporgen	Lavos	2001	Activa	Gás Natural	67	Co-geração e ciclo combinado
Energim	Alhandra	2002	Activa	Gás Natural	43,7	Co-geração e ciclo combinado
Mortágua	Mortágua	1999	Activa	Desperdícios de Madeira + Gás Natural	9	
Pêgo	Abrantes	1993	Activa	Carvão + Fuel	615,2	
Carregado	Alenquer	1968	Activa	Fuel + Gás Natural	710 (250*2)	Gás natural (introduzido em 1997)
TER	Alenquer	2004	Activa	Gás Natural	1176	Ciclo combinado
Cariço	Sines	2006	Activa	Gás Natural	487	Co-geração
Alto da Mira	Amadora	1975	Desactivada	Diesel	132	Turbina a gás
Barreiro	Lavradio	1978	Activa	Fuel	56	Co-geração
Setúbal	Setúbal	1979	Activa	Fuel	946	
Sines	Sines	1985	Activa	Carvão + Fuel	1192	
Tunes	Tunes	1973	Activa	Diesel	197	Turbina a gás

3.3.22.4. Medidas do PNAC no Sector Energético – CFR1

O anexo I da Resolução de Concelho de Ministros 1/2008 aprova as novas metas de 2007 do PNAC 2006 onde se inclui o sector da oferta de energia. No quadro abaixo estão discriminadas estas metas conforme texto do Anexo I.

FONTE	META
1 - Energias renováveis – E-FRE	Aumentar a meta de geração de electricidade de 39% de consumo bruto de electricidade em 2010 para 45%. Para se atingir este objectivo estão previstas novas metas para a energia eólica, hídrica, biomassa (incluindo a substituição de carvão nas centrais de Sines e do Pego), solar, energia das ondas e para a micro-geração.
2 – Entrada em funcionamento de novas centrais de ciclo combinado a gás natural (CCGN) Co- combustão de biomassa equivalente	Aumentar a meta de 2160 MW em 2006 para 5360 MW até 2010. Esta medida induz o encerramento das centrais a Fuelóleo no seguinte calendário: <ul style="list-style-type: none">• i – até 2008: 2 grupos da antiga central do Carregado• ii – durante 2008: Grupos 3 e 4 da Central de Tunes• iii – Até 2010: Encerramento das restantes Centrais a Fuelóleo. Introduzir biomassa equivalente a 5% e 10% do consumo total de combustível (equivalência energética) em substituição do carvão para queima nas Centrais de Sines e Pego a partir de 2010.
3 – Energia eólica	Aumento da capacidade instalada por parte de upgrade dos equipamentos: 5100 MW em

	2012 (aumento de 1950 MW)
4 – Energia hídrica	Aumento do potencial hídrico através de reforço da capacidade de produção das Barragens do Picote, Bemposta e Alqueva – aumento de em 575 MW de forma a ser atingido um total de 5775 MW de capacidade instalada em 2010. Plano Nacional de Barragens
4 – Biomassa	Ampliação em 100 MW o objectivo de capacidade instalada em 2010 (aumento de 67%). Rede de Centrais descentralizadas de produção de energia a partir de biomassa com capacidade para 250 MW
5 – Energia Solar	Assegurar articulação com as políticas e metas de micro-geração
6 – Energia das Ondas	Potencial de exploração até 250 MW em projectos experimentais na zona piloto de São Pedro de Moel – aumento da capacidade instalada em 200 MW.
7 - Biogás	Produção de 100 MW até 2010 através da criação de mais unidades de tratamento anaeróbio de resíduos (actual 200 MW em 15 unidades)
8 – Microgeração	Programa para instalação de 50 000 sistemas até 2010 com incentivo à instalação de água quente solar em casas existentes
9 – Novas Centrais de Ciclo Combinado a gás natural	2160 MW em 2006 passarão para 5360 MW em 2010
10 - Descomissionamento	2008 — 400 MW (aprox.) de dois grupos da antiga central do Carregado e dos grupos 3 e 4 da Central de Tunes

A construção de novas barragens permitirá elevar o aproveitamento hidrológico para 70% das capacidades do País e aumentar a capacidade hídrica em 57% no mercado ibérico (Fonte: EDP). No mapa abaixo está descrito o Plano Nacional de Barragens (novas Barragens e Reforços de Potência).

Novas Barragens	Ano Construção	Entrada em Serviço	Potência a Instalar (MW)
Baixo Sabor	2008	2013	171
Ribeiradio Ermida	2010	2013	77
Foz Tua	2011	2015	251
Fridão	2011	2016	238
Alvito	2011	2015	225
Reforços de Potência			
Picote II	2007	2011	246
Bemposta II	2008	2011	191
Alqueva II	2008	2012	256
Venda Nova III	2009	2015	736
Salamonde II	2010	2015	204
Paradela II	2011	2017	318

Portugal, no âmbito destas novas directrizes da UE, comprometeu-se a aumentar o peso das energias renováveis de 20,5%, em 2005, para 31% em 2020.

Fixou o 5º objectivo mais ambicioso entre os países membros. Trata-se de uma meta de aplicação transversal, abrangendo os sectores dos transportes, sistemas de

aquecimento/arrefecimento e produção de electricidade. É, no entanto, este último que terá de fazer o maior esforço de incorporação de fontes de energia renováveis. (Fonte EDP).

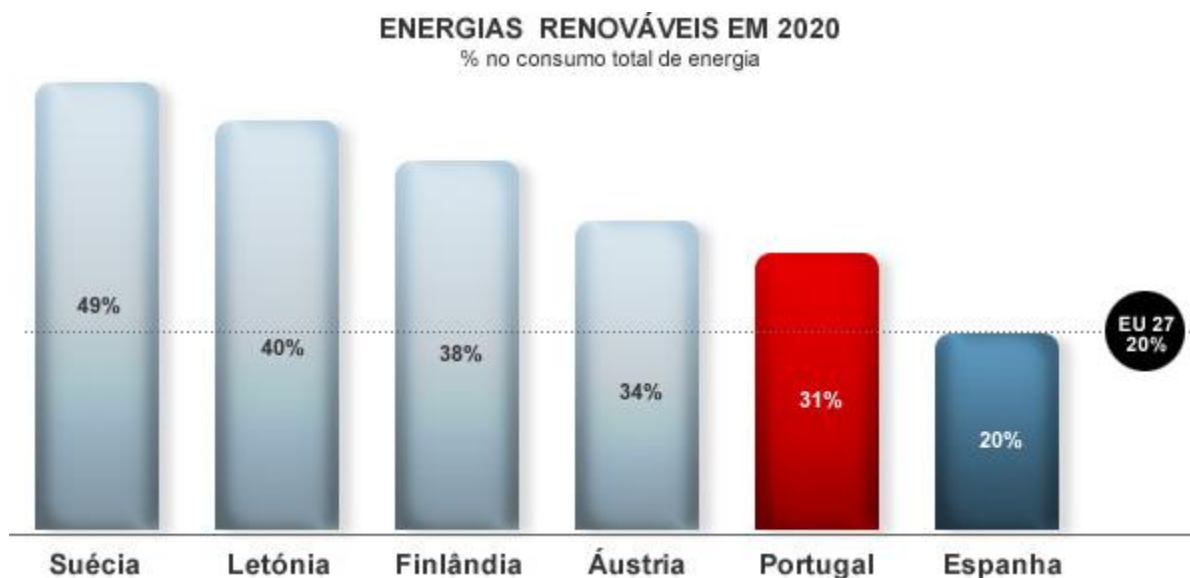


Figura 36 –Fonte EDP

Em 2020, cerca de 60% da electricidade consumida em Portugal terá de ser produzida a partir das várias fontes renováveis: hídrica, eólica, solar, ondas, biomassa. Para 2010, esse objectivo é de 45%. A multiplicação de parques eólicos pelo país é já resultado desse posicionamento de Portugal. Em Dezembro de 2008, existiam 2.858MW de capacidade eólica instalada. No final da próxima década, as eólicas poderão atingir os 8.500MW, de acordo com as previsões do Estado Português.

O aumento da capacidade de produção de hidroelectricidade, com o reforço de potência e construção de novas barragens, é também reflexo da mesma política energética.

3.3.22.5. Procura de Energia em Portugal, 1990 – 2008

Conforme explicado no NIR o sector que mais contribuiu para o aumento das emissões GEE foi o sector da energia que representou cerca de 70,8% do total das emissões em 2008 e teve um crescimento de 37,4% no período de 1990-2008. Neste sector a indústria e os transportes são as áreas mais importantes seguidas da produção de electricidade e aquecimento que representam respectivamente 24.5% e 21%.

Estes valores reflectem a forte dependência do país nos combustíveis fósseis para fornecimento de electricidade e transporte.

Durante a 1ª década do Séc. XXI estes valores aumentaram devido à crescente procura no sectores residencial/comercial e da mobilidade até meados da década tendo-se assistido a uma estabilização e decréscimo destas tendências.

Na figura abaixo está representada a evolução do consumo de energia pelos principais sectores: Indústria, Transportes, Doméstico e Serviços. É visível a mudança no consumo do sector industrial que representava em 1990, 35% da energia final e foi decrescendo até 29% em 2008.

Por outro lado no sector dos transportes assistiu-se a um crescimento de 31% em 1990 até 38% em 2005 mantendo-se estável até 2008. O consumo de energia na área dos serviços e doméstico entre 1990 e 2008 representou 29% do total de energia consumida.

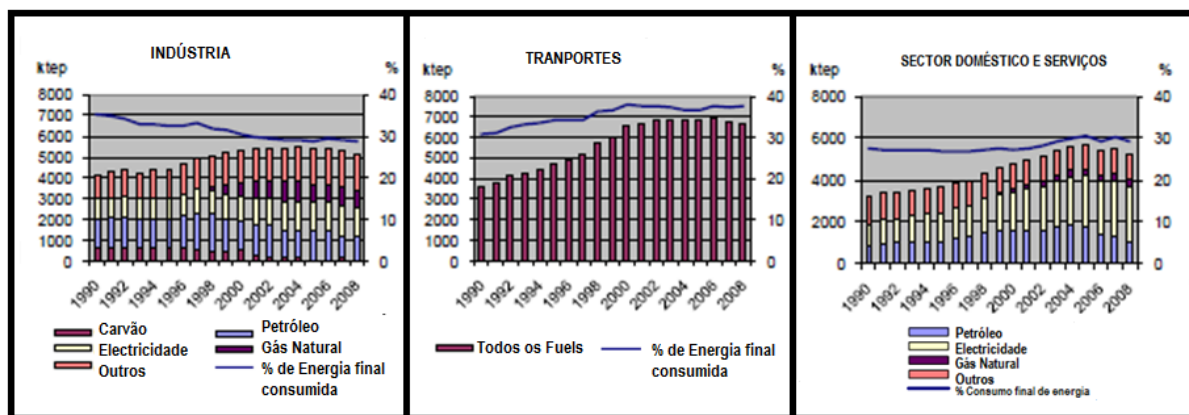


Figura 37 . Consumo final de energia pelo sectores principais e por Ktep (Ktonelada equivalente de petróleo). Fonte: Relatório do inventário das emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008 – NIR

O gráfico da figura da DGEG (Direcção Geral de Energia e Geologia) relativo ao consumo final por sector em 2007 dá-nos valores de tendências semelhantes.

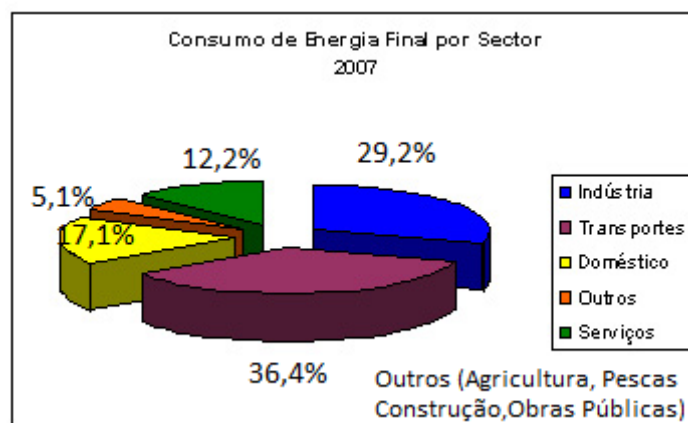


Figura 38 . Consumo final de energia pelo sectores principais em %. Fonte: DGEG

3.3.22.6. Energia Final; Energia Primária e Energia Útil

Definimos alguns termos apresentados para melhor compreensão do que é abordado. Estas definições foram retiradas da DGEG.

Energia final: é a energia tal como ela é disponibilizada, nas suas várias formas (electricidade, combustíveis, gás, etc.), às actividades económicas e às famílias, contrariamente à **energia primária**, que é a energia tal como entra no sistema energético.

Energia primária: É a energia primária sofre transformações para dar origem à energia final (por exemplo, o carvão – energia primária - pode produzir electricidade – energia final). Como essas transformações têm sempre rendimento inferior à unidade, a energia primária é sempre maior que a energia final que lhe corresponde.

Por exemplo, se uma central eléctrica tiver um **rendimento** de 40%, isso significa que por cada 100 unidades de energia primária entrada na central (por exemplo carvão), apenas se obtêm 40 unidades de energia final (energia eléctrica). Este mesmo raciocínio é também aplicável às transformações que sofre a energia final no utilizador, para que este disponha da energia de que carece (**energia útil**) sob a forma, por exemplo, de calor, energia motriz, iluminação.

Definição de tep: Tonelada Equivalente de Petróleo. Para efeitos de contabilidade energética é necessário converter para a mesma unidade os consumos e/ou produções de todas as formas de energia. A unidade usualmente utilizada para o efeito é a tonelada equivalente de petróleo que, como o nome indica, é o conteúdo energético de uma tonelada de petróleo indiferenciado. A unidade de energia no Sistema Internacional de Unidades é o Joule (J). A relação entre as duas unidades é:

$$1 \text{ tep} = 41,86 \times 10^9 \text{ J}$$

No caso da energia eléctrica, usualmente contabilizada em "kilowatt hora" (kWh), a relação entre as duas unidades é a seguinte:

$$1 \text{ tep} = 11.628 \text{ kWh}$$

3.3.22.7. Gases Fluorados

A fatia de cada tipo de gás utilizado nos equipamentos de refrigeração para o período de 1990 a 2008 está definida na figura 38. Estes valores referem-se a cerca de 60% de total do mercado nacional (conforme determinado pelos fornecedores nacionais) tendo sido assumidos como valores representativos da situação. Verifica-se que os CFC deixaram de ser fornecidos em 2001 tendo sido substituídos por gases com menor potencial de aquecimento global (PGA) como é o caso dos HCFC.

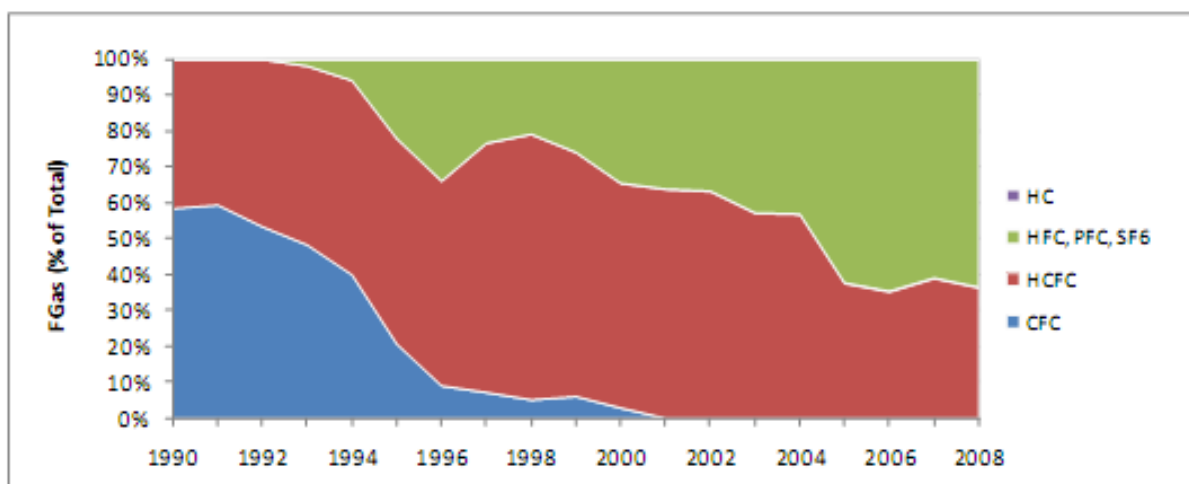


Figura 39 – Percentagem de gases Fluorados em Portugal por tipo. Fonte: Relatório do inventário das emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008 – NIR

As figuras 40a e 40b representam o nº de equipamentos domésticos e industriais de ar condicionado que utilizam gases fluorados no período de 1993 a 2008. Como observado temos vindo a assistir a um crescimento contínuo neste sector nos períodos assinalados.

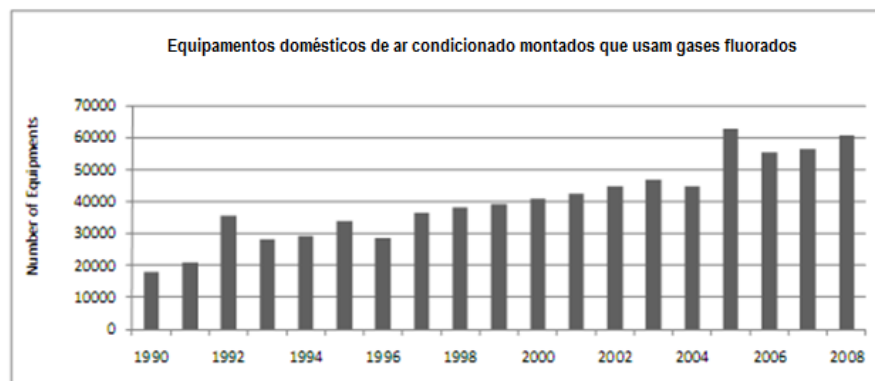


Figura 40 a– Nº de equipamentos domésticos instalados que usam gases fluorados no período de 1990 a 2008 e 1992 a 2008 respectivamente. Fonte: Fonte: Relatório do inventário das emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008 – NIR

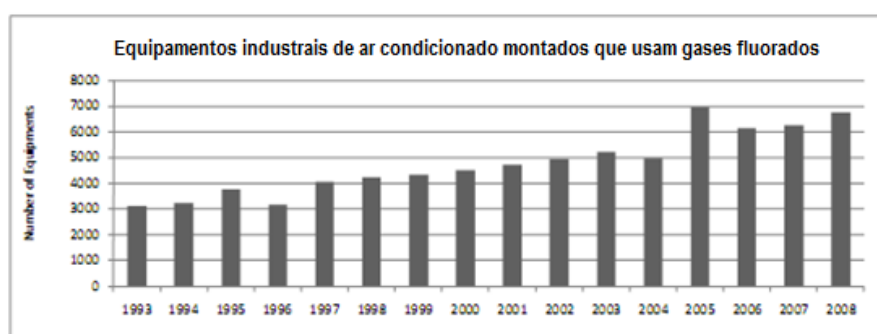


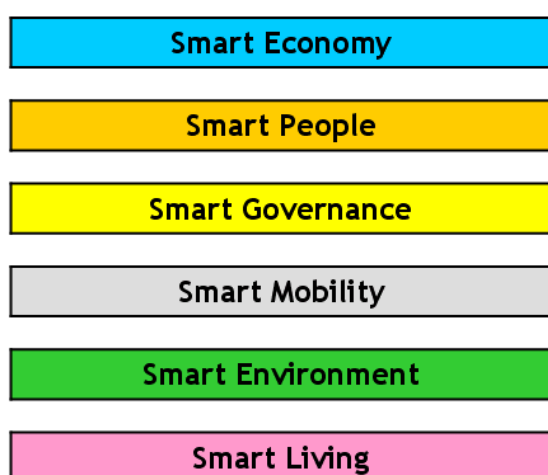
Figura 40 b– Nº de equipamentos industriais instalados que usam gases fluorados no período de 1990 a 2008 e 1992 a 2008 respectivamente. Fonte: Fonte: Relatório do inventário das emissões GEE em Portugal, 1990 – 2008 – NIR

4. CIDADES INTELIGENTES

O relatório de 2007, intitulado “Smart cities Ranking of European medium-sized cities” elaborado pelo “Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology “, dá-nos

uma ideia do como poderão ser as cidades de média dimensão enquadradas nas bases do desenvolvimento sustentável.

“Smartcities”, em português cidades inteligentes, são cidades que articulam todas as suas valências de forma a obterem as melhores condições de vida no seu meio ambiente. Imaginemos uma cidade como uma entidade viva, que precisa de sobreviver, e deseja como qualquer ser vivo neste planeta, qualidade de vida. No entanto, o seu desejo não pode estar desenquadrado do seu meio ambiente, e terá de ser atingindo, sabendo também que deve contribuir para a manutenção



dos recursos que ainda tem disponíveis, para que ela e outras sobrevivam. Ou seja, o seu desejo de qualidade de vida deve estar mensurando nas premissas do desenvolvimento sustentável, para que consiga garantir a sua sobrevivência. O relatório considerou as seguintes áreas onde se deve investir para atingir este objectivo: Economia, Pessoas, Governação, Mobilidade, Ambiente, Qualidade de Vida.

Figura 41 – Fonte: Smart cities Ranking of European medium-sized cities Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology - October 2007.

Cada área deverá abranger as seguintes sub-áreas, para se atingir uma cidade mais inteligente:

- ✓ Economia Inteligente (competitividade):
 - Espírito inovador
 - Empreendedorismo
 - Solidez económica e imagem de marca
 - Produtividade
 - Mercado de trabalho
 - Inserção internacional
 - Capacidade de transformação

- ✓ Pessoas Inteligentes (capital social e humano):
 - Nível de qualificação elevado
 - Formação contínua

- Pluralidade social e étnica
- Flexibilidade
- Criatividade
- Pessoas com mentes abertas e cosmopolitas
- Participação na vida pública
- ✓ Governação Inteligente
 - Participação nas tomadas de decisão
 - Serviços públicos e sociais
 - Governação transparente
 - Estratégias políticas e perspectivas
- ✓ Mobilidade Inteligente (Transportes e ICT (Information Communication Technology))
 - Acessibilidade local
 - Acessibilidade (Inter) - Nacional
 - Disponibilidade de infra-estruturas ICT
 - Sustentabilidade, inovação e segurança
 - Redes de transportes
- ✓ Ambiente Inteligente (recursos naturais)
 - Condições ambientais atractivas
 - Controlo da Poluição
 - Protecção ambiental
 - Gestão sustentável dos Recursos
- ✓ Vida Inteligente (qualidade de vida)
 - Actividades culturais
 - Condições de saúde
 - Segurança individual
 - Qualidade de habitação
 - Escolas
 - Atractividade turística
 - Coesão social

Os pontos que referimos, permitem classificar as cidades e quantificar quais as áreas onde é necessários investir para as transformar em cidades inteligentes ou sustentáveis.

No estudo que referimos várias cidades de média dimensão foram analisadas tendo sido Coimbra a cidade Portuguesa escolhida a incluir neste estudo.

No quadro seguinte retirado do relatório mencionado está definida a posição obtida por Coimbra.

Smart cities - Ranking of European medium-sized cities

Tab. 4: Final results and performance in characteristics

cc	city	Smart Economy	Smart People	Smart Governance	Smart Mobility	Smart Environment	Smart Living	total	cc	city	Smart Economy	Smart People	Smart Governance	Smart Mobility	Smart Environment	Smart Living	total
LU	LUXEMBOURG	1	2	13	6	25	6	1	UK	LEICESTER	3	42	49	32	64	40	37
DK	AARHUS	4	1	6	9	20	12	2	UK	PORTSMOUTH	7	38	47	35	63	43	38
FI	TURKU	16	8	2	21	11	9	3	UK	ABERDEEN	10	28	42	42	67	35	39
DK	AALBORG	17	4	4	11	26	11	4	EE	TARTU	40	15	30	47	49	60	40
DK	ODENSE	15	3	5	5	50	17	5	ES	PAMPLONA	22	48	39	51	32	41	41
FI	TAMPERE	29	7	1	27	12	8	6	CZ	PLZEN	43	49	61	30	54	28	42
FI	OULU	25	6	3	28	14	19	7	ES	VALLADOLID	44	53	34	54	24	46	43
NL	EINDHOVEN	6	13	18	2	39	18	8	CZ	USTI HAD LABEM	54	51	55	23	55	36	44
AT	LINZ	5	25	11	14	28	7	9	IT	TORINO	20	57	24	65	30	48	49
AT	SALZBURG	27	30	8	15	29	1	10	PT	COIMBRA	52	63	54	49	16	37	46
FR	MONTPELLIER	30	23	33	24	1	16	11	SK	BRATISLAVA	62	46	51	52	19	44	47
AT	INNSBRUCK	28	35	9	8	40	3	12	PL	RZESZOW	69	19	53	41	56	50	48
AT	GRAZ	18	32	12	17	31	5	13	IT	TRIESTE	12	61	40	67	45	57	49
NL	NUMEGEN	24	14	14	3	51	24	14	ES	OVIEDO	37	55	38	44	68	34	50
NL	GRONINGEN	14	9	15	20	37	13	15	IT	ANCONA	35	59	36	68	34	49	51
BE	GENT	19	16	31	7	48	4	16	IT	PERUGIA	42	54	41	66	42	51	52
SI	LJUBLJANA	8	11	43	31	3	29	17	PL	BIALYSTOK	67	22	59	56	47	35	53
NL	MAASTRICHT	26	18	17	1	43	14	18	SK	KOSICE	66	43	50	48	53	52	54
SE	JOENKOPING	36	10	7	34	22	26	19	RO	TIMISOARA	50	64	64	62	4	59	55
BE	BRUGGE	23	20	29	18	44	2	20	SK	BANSKA BYSTRICA	70	41	52	53	58	47	56
NL	ENSCHDEDE	31	17	16	4	35	23	21	PL	BYDGOSZCZ	68	27	57	46	52	61	57
DE	GOETTINGEN	11	34	20	12	15	31	22	GR	PATRAI	59	58	46	60	5	67	58
SE	UMEAA	39	5	10	36	46	10	23	LT	KALINAS	55	36	66	55	27	65	59
DE	REGENSBURG	9	40	27	19	38	22	24	GR	LARISA	61	60	45	63	6	66	60
FR	DIJON	38	29	22	26	9	25	25	HU	GYOR	46	68	62	37	41	63	61
FR	NANCY	41	31	23	25	10	20	26	PL	SZCZECIN	65	52	58	43	59	56	62
DE	TRIER	21	44	19	10	18	33	27	RO	SIBIU	57	65	60	64	13	62	63
FR	CLERMONT-FERRAND	33	33	26	29	7	27	28	PL	KIELCE	63	56	56	57	62	54	64
FR	POITIERS	48	37	28	33	8	15	29	HU	PECS	56	62	65	58	65	53	65
SI	MARIBOR	49	21	37	40	2	32	30	LV	LIEPAJA	60	12	63	61	61	70	66
IE	CORK	2	26	25	45	66	21	31	HU	MISKOLC	58	67	67	50	70	58	67
DE	ERFURT	32	47	21	13	21	45	32	RO	CRAIOVA	64	66	68	70	33	64	68
DE	MAGDEBURG	47	50	25	22	17	39	33	BG	PLEVEN	51	70	69	69	57	69	69
DE	KIEL	45	45	48	16	23	38	34	BG	RUSE	53	69	70	59	69	68	70
HR	ZAGREB	34	24	32	39	36	42	35									
UK	CARDIFF	13	39	44	38	60	30	36									

Figura 42 – Fonte: Smart cities Ranking of European medium-sized cities Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology - October 2007.

Uma das áreas que a cidade de Coimbra está neste momento a desenvolver é um sistema de metro ligeiro para melhorar a sua mobilidade, o Metro Mondego. Esta aposta a instalar em diversas fases de construção, será sem dúvida uma contribuição para uma melhor classificação neste ranking.

O desenvolvimento sustentável não se aplica apenas a cidades de média dimensão, no entanto iniciar a sua implementação em cidades mais pequenas poderá ser um meio de estudo e de melhoramento de acções a aplicar em cidades de maior dimensão.

A qualidade da habitação é um dos sectores importantes a apostar para se atingir uma qualidade de vida sustentada nas cidades. É possível desenhar edifícios eficientes e de baixo consumo de energia ou até mesmo com capacidade de produção de energia autonomamente. Basta criarem-se as condições para que isso seja possível. Numa cidade inteligente os edifícios terão de ser igualmente inteligentes e oferecer qualidade de vida a quem reside ou trabalha neles.

5. Arquitectura Bioclimática para os Edifícios em Portugal

No capítulo 3 percebemos a importância da mitigação do clima e a consequente necessidade de redução GEE. O Planeta de uma forma global aceita partilhar a responsabilidade da mitigação embora ainda faltem limar muitas arestas até se atingir um entendimento total. No entanto, caminha-se nesse sentido e a comprová-lo temos assistido às COP - Conferências das Partes onde importantes medidas têm sido tomadas. No que respeita a Portugal, o país tem que cumprir as metas acordadas no protocolo de Quioto até 2012 e é obrigado a emitir relatórios de emissão GEE que serão devidamente analisados e aceites pelos organismos credenciados. No caso de Portugal ultrapassar as metas acordadas poderá emitir RCE's e vendê-las no mercado de carbono. No entanto, se Portugal não cumprir os objectivos traçados terá de adquirir créditos de carbono no mercado de Carbono no valor do desvio. Acredita-se que o Mercado de Carbono seja um meio, uma ferramenta e um incentivo do desenvolvimento sustentável.

Vimos também que uma das áreas responsáveis por uma grande parte de emissões GEE é o sector dos Edifícios. A diminuição do consumo de energia é neste momento imprescindível pelo que todos os meios ao nosso dispor terão de ser considerados. Um deles enquadra os factores bioclimáticos como a exposição solar, os recursos naturais, o clima que caracterizam o local onde será construído o edifício e poderão desde que correctamente aproveitados reduzir muito as suas necessidades energéticas.

Assim, quando falamos de Arquitectura Bioclimática falamos no desenho de edifícios tendo em consideração o clima local, aproveitando os recursos naturais disponíveis (Sol, vento, vegetação) com o objectivo de obter conforto térmico nos edifícios reduzindo os consumos de energia.

5.1. Factores Bioclimáticos

Os edifícios são influenciados pela temperatura do ar exterior e pela radiação solar. A temperatura do ar, variável indutora das trocas de calor através da envolvente do edifício, determina o estabelecimento de fluxos energéticos do interior para o exterior e vice-versa. No Inverno os fluxos que ocorrem fundamentalmente são do interior para o exterior, tratando-se

neste caso de perdas térmicas, enquanto que no Verão o sentido do fluxo é tendencialmente do exterior para o interior e está-se numa situação de ganhos térmicos.

As perdas térmicas no Inverno e os ganhos térmicos no Verão constituem um dos factores a acautelar quando se define um edifício, pois influenciam directamente e negativamente o seu conforto térmico.

5.1.1. Temperatura do Ar Exterior

Para compreender a influência da temperatura do ar exterior referimos sucintamente o processo de transferência de calor. A energia térmica corresponde à fracção da energia interna de um corpo que é transferida devido a uma diferença de temperaturas. Esta fracção é composta pelas formas de energia microscópicas de energia sensível e energia latente.

- *Calor Sensível*: Por exemplo, um corpo colocado num meio a uma temperatura diferente da que possui, recebe ou perde energia, aumentando ou diminuindo a sua energia térmica (ou interna, armazenada). Esta energia térmica transferida para o” ou “do” corpo é vulgarmente designada por “Calor” e o processo é designado por Transferência de Calor. Não ocorrendo mudança de estado físico, a variação de energia interna sofrida por um corpo, de massa m , é igual ao calor transferido (Q) e pode ser estimada pela variação de temperatura ocorrida (ΔT), conhecido o seu calor específico, c_p , como transcrito na equação abaixo.

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (J)$$

- *Calor Latente*: Havendo mudança de estado, a temperatura mantém-se constante, por exemplo na evaporação de uma massa m de um líquido, e o calor associado é calculado com recurso à eq. 2, onde ΔH_{vap} é a entalpia específica de vaporização (obtida por subtracção da entalpia do líquido à entalpia do gás).

$$Q = m \cdot \Delta H_{vap} \quad (J)$$

Existindo regiões no espaço a diferentes temperaturas ocorrerá a transferência de calor no sentido das zonas onde a temperatura é mais baixa. Essa transferência pode ocorrer pelo

mecanismo da condução, convecção e/ou radiação dependendo se ela se efectua através de sólidos ou de fluidos, entre sólidos separados por fluidos, entre fluidos separados por uma superfície sólida ou ainda entre superfícies sólidas entre as quais não existe matéria (vácuo absoluto).

- Condução de Calor:** O mecanismo da condução de calor está associado à transferência de calor efectuada ao nível molecular, por transferência de energia sensível. As partículas mais energéticas (que se encontram em locais onde se regista uma maior temperatura) transferem parte da sua energia vibracional, rotacional e translacional por contacto com outras partículas contíguas menos energéticas (que se encontram a uma menor temperatura) as quais recebem essa energia. Essa transferência é efectuada, portanto, no sentido das temperaturas menores, ou seja, no sentido do gradiente (dT/dx) negativo. Ocorre em gases, líquidos ou sólidos. Nos fluidos (especialmente nos gases, onde existem menores forças de coesão) surgem ainda colisões entre as partículas. Nos sólidos metálicos os electrões livres favorecem esse processo. A lei fundamental que descreve a condução térmica é a lei de Fourier. O calor transferido por unidade de tempo, ou a velocidade de transferência de calor, na direcção x (\dot{Q}_x, W) é proporcional à área de transferência perpendicular ao fluxo de calor ($A=W \times H, m^2$), e ao gradiente de temperaturas (dT/dx). A constante de proporcionalidade é uma propriedade física do material designada condutividade térmica k_T ($W.m^{-1}.K^{-1}$). O sinal negativo é necessário sempre que o gradiente seja negativo para que o calor, por convenção, tome um valor positivo. A expressão R refere-se à resistência térmica da superfície.

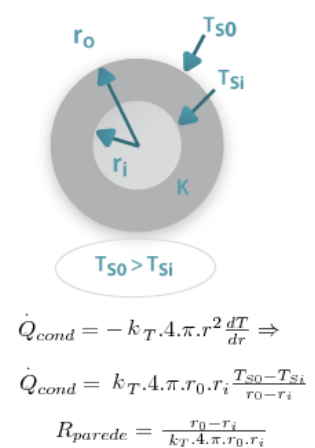
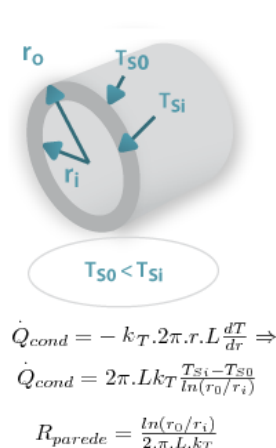
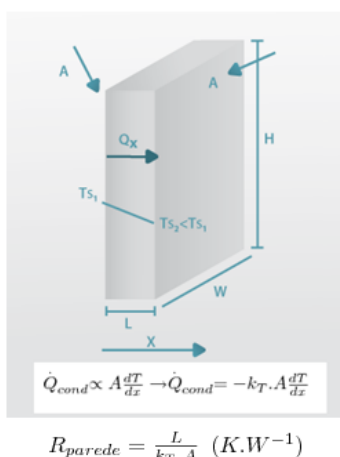


Figura 43 – Processo de transferência de calor por condução (por exemplo através de uma parede, superfície cilíndrica ou esférica). Fonte: Portal de Laboratórios Virtuais de Processos Químicos

- *Convecção de Calor*: A existência de um fluido em movimento (líquido ou gás), acelera o processo de transferência de calor se um fluido mais frio (T_{∞}), ficar em contacto com uma superfície mais quente (T_S) como mostra a Figura. Esta transferência dá-se em simultâneo com a transferência de calor ao nível molecular (por condução) sendo, no entanto, mais eficaz. A completa compreensão deste fenómeno requer o conhecimento da dinâmica do escoamento de fluidos, especialmente quando em contacto com superfícies. O movimento pode ser provocado por agentes externos, como por exemplo pela actuação de um ventilador ou de um agitador ou de uma bomba centrífuga, ou por diferenças de densidade resultantes do próprio aquecimento do fluido. No primeiro caso diz-se que a transferência de calor se processa por convecção forçada, enquanto no segundo por convecção natural ou livre. Assim, mesmo que um fluido se encontre em repouso (do ponto de vista macroscópico), a diferença de temperaturas gera diferenças de densidade no seio do fluido que poderão ser suficientes para induzir um movimento ascendente do fluido mais quente (sob a acção da gravidade). Em geral, a convecção de calor é definida de uma forma mais abrangente, associando-se o fenómeno da condução e o da transferência de calor em presença de movimento macroscópico do fluido. Apesar da complexidade matemática acrescida pelo movimento do fluido, especialmente quando esse movimento é aleatório, foi desenvolvido um modelo simples descrito pela equação para o cálculo da velocidade de transferência de calor que traduz o resultado conjunto destes dois fenómenos. Quando a velocidade do fluido diminui e tende para zero, a contribuição do movimento macroscópico do fluido perde importância face ao processo da condução sendo h o coeficiente de transferência de calor ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$), A , a área de transferência de calor perpendicular ao fluxo de calor e ΔT a causa para ocorrer a transferência de calor (p.e. pode ser $(T_S - T_{\infty})$ em que T_S é a temperatura de uma superfície e T_{∞} é a temperatura do fluido que a envolve, estando este mais frio. Esta equação é conhecida pela lei de Newton para o arrefecimento mas mais não é do que a equação de definição do coeficiente de transferência de calor. Este coeficiente não é uma propriedade física como a condutividade térmica na lei de Fourier e depende de algumas propriedades físicas do fluido, do tipo de movimento do fluido e da geometria da superfície que o

fluido percorre. Por exemplo, se a agitação do fluido for elevada, o valor de h também será elevado e a resistência do fluido à transferência de calor (R) será muito pequena (diz-se que o fluido não oferece resistência à transmissão de calor sendo $T_S \approx T_\infty$).

Como se pode ver na Tabela 2, o coeficiente de transferência de calor toma valores mais elevados quando ocorre mudança de fase e mais baixos no caso de convecção natural em gases, devido simultaneamente aos valores baixos da velocidade e da condutividade térmica do fluido. Este coeficiente pode ser determinado por métodos analíticos (em situações muito simples) ou através de correlações empíricas.

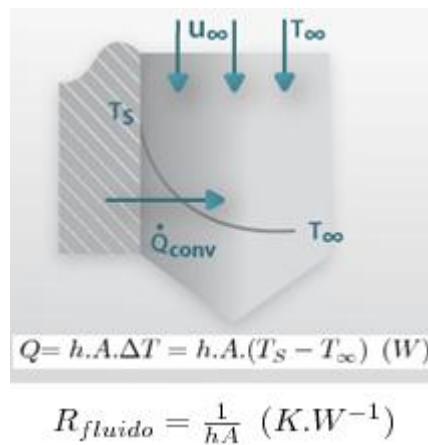


Figura 44 – Processo de transferência de calor por convecção. Fonte: Portal de Laboratórios Virtuais de Processos Químicos

- Radiação: Processo descrito no capítulo 2.

5.1.2. Geometria Solar

Conhecer a geometria solar permite-nos a resolução de problemas de insolação e sombreamento quando se projecta um edifício. É possível determinar os efeitos de palas e sombreamentos do próprio edifício, assim como os efeitos sombreadores devidos aos edifícios vizinhos, a árvores, vegetação e à forma urbana do espaço circundante. Conhecer a trajectória do sol ao longo do ano tem uma grande importância, no que respeita à definição da localização das fachadas envidraçadas num edifício, a sua dimensão e o tipo de vidro que se escolhe. Por outro lado é possível compreender quais as orientações de fachadas dos edifícios que recebem mais o menos

insolação em função do local onde estes estão implantados. Em Portugal verifica-se por exemplo que uma fachada envidraçada orientada a Sul, receberá um maior nível de radiação solar do que fachadas noutras orientações, sendo que no Verão deverá ser a fachada mais protegida dessa mesma radiação.

Transparência da Atmosfera: A Transparência da Atmosfera tem um papel importante na quantidade de radiação que atinge a superfície terrestre. Diferentes constituintes atmosféricos absorvem ou reflectem energia de diversas formas e em diversas quantidades.

Transparência da atmosfera refere-se à quantidade de radiação que atravessa a atmosfera e atinge a superfície do planeta. Como já referimos no capítulo 2 parte da radiação recebida na atmosfera é reflectida pelo topo das nuvens e pela superfície terrestre e outra parte é absorvida por moléculas e nuvens, pelo que nem toda a radiação disponível no topo da atmosfera atinge, efectivamente, a superfície terrestre. Por outro lado o ângulo de incidência dos raios solares ou seja o ângulo segundo o qual os raios solares atingem a superfície terrestre varia consideravelmente com a latitude.

Uma superfície relativamente perpendicular a um feixe vertical de raios solares recebe a quantidade máxima de radiação. Portanto, áreas nas quais os raios solares são oblíquos, estão sujeitas a menor insolação porque os raios oblíquos são forçados a atravessar uma camada mais espessa de uma atmosfera que reflecte e absorve energia e porque a energia é espalhada por uma área maior (Figura). Ou seja, nas médias e altas latitudes os raios solares são obrigados a atravessar uma camada mais espessa do que nas regiões tropicais Este efeito varia com as estações sendo maior no Inverno (Hemisfério Norte), quando o eixo terrestre apresenta o maior declive relativamente ao Sol, fazendo com que os raios solares no horizonte estejam baixos. Nesta situação, o percurso atmosférico que a radiação tem que atravessar, assinalado AB, é superior ao percurso equivalente no Verão.

O mesmo princípio se aplica aos ângulos de emissão dos raios solares: ao meio-dia solar, a intensidade de insolação é maior; nas horas da manhã ou da tarde, quando o Sol está num ângulo baixo, a quantidade de insolação diminui.

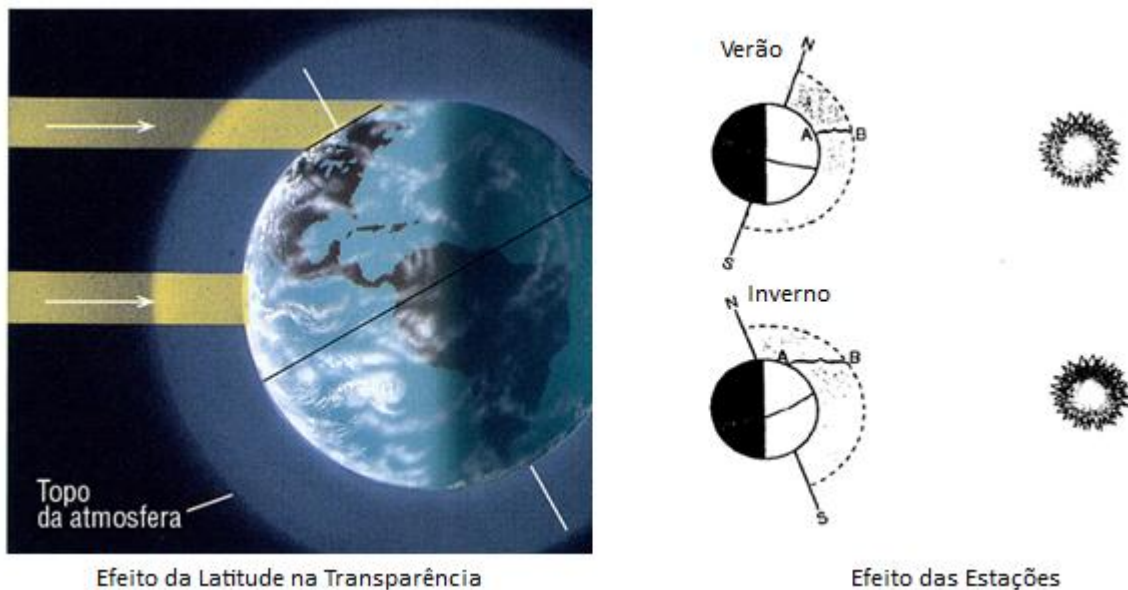


Figura 45 – Adaptado da Meteorology Today, C.Donald Ahrens. Fonte Proclira

As Estações do Ano : A duração do dia varia com a latitude e com as estações. No Equador, dia e noite têm a mesma duração. Nas regiões polares, a duração do dia atinge um máximo de 24 h no Solstício de Verão e um mínimo de 0 h no Solstício de Inverno. Num local específico ao longo do dia o Sol apresenta uma trajetória em que os raios solares vão variando o seu ângulo com a superfície apresentando diversos níveis de intensidade de insolação. Na figura estão exemplificados três exemplos de percursos solares onde é possível observar o posicionamento dos raios solares ao longo do dia. É possível definir com exactidão a trajetória do Sol ao longo do dia e do ano em cada ponto do planeta através das coordenadas solares. As coordenadas solares de um determinado ponto do planeta são definidas da seguinte forma:

- Latitude – Ângulo medido entre o equador e o paralelo que passa pelo local;
- Longitude – Ângulo medido entre o semimeridiano de Greenwich e o semimeridiano que passa pelo local;
- Azimute (A) – Ângulo formado pelo plano vertical passando pelo sol e a direcção do Norte geográfico do local, contando positivamente no sentido N→E;
- Altura Solar (h) – Ângulo formado pela direcção do Sol e o plano horizontal do local;
- Declinação (d) – Ângulo formado pelo plano da elíptica com o plano do equador;
- Ângulo horário (H) – Ângulo formado pelo plano meridiano passando pelo Sol e o planomeridiano do local.

A compreensão da geografia solar permite definir as estações do ano:

- Solstício de Inverno – 21 de Dezembro – o dia com menor insolação que define o início do Inverno;
- Solstício de Verão – 21 de Junho – o dia com maior insolação que define o início do Verão horas de luz solar;
- Equinócio – 21 de Março – dia com igual nº de horas com luz solar e sem luz solar - início da Primavera;
- Equinócio – 21 de Setembro – dia com igual nº de horas com luz solar e sem luz solar - início do Outono;
- A declinação varia entre $-23^{\circ},26'$ em 21 de Dezembro (Solstício de Inverno), 0° em 21 de Setembro e 21 de Março (Equinócio de Outono e Primavera respectivamente) e $23^{\circ},26'$ em 21 de Junho (Solstício de Verão);
- O ângulo horário é nulo quando for meio-dia em tempo solar verdadeiro, ou seja $H=0$.

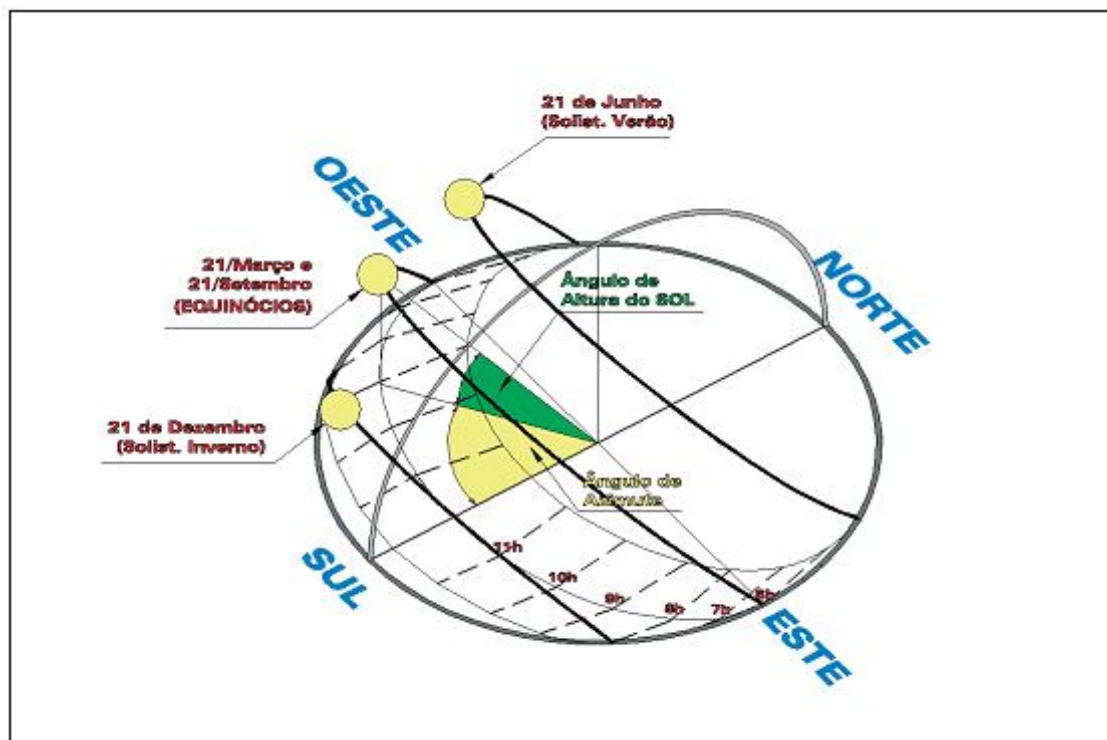


Figura46 – Percurso do Sol ao longo do dia. Fonte: Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal (Helder Gonçalves e João Mariz Graça)

Carta Solar: A projecção aparente do Sol no plano horizontal do lugar é designada por diagrama de trajectória solar. Quando as trajectórias são representadas para vários dias do ano, numa dada latitude, obtém-se uma carta solar. As cartas solares contêm, para a mesma latitude, a mesma informação dada pelas coordenadas solares. Na carta solar estão representados o Azimute variando de 0° a 360°, a altura solar variando de 0° a 90°, as trajectórias solares aparentes de alguns dias do ano, ao longo do dia. As cartas solares são uma ferramenta muito útil na resolução de problemas de insolação e sombreamento quando se projecta um edifício.

5.1.3. Clima

O Clima define alguns dos factores bioclimáticos que influenciam os edifícios, como por exemplo a temperatura do ar exterior, temperatura média radiante, humidade relativa e velocidade do ar. Já referimos a influência da temperatura exterior e radiante. Outro dos factores importantes será também o controlo da humidade. A ventilação natural deve também ser alvo de controlo pois se no Verão pode contribuir para o arrefecimento do edifício no Inverno deverá ser limitada aos níveis de garantia de qualidade do ar interior.

O clima também influencia as espécies autóctones do local. No que se refere à vegetação, esta também é importante na arquitectura bioclimática do edifício podendo por exemplo ser meio de sombreamento.

5.2. Envoltente dos Edifícios

Após a abordagem dos factores bioclimáticos percebemos que será importante adaptar o desenho dos edifícios aos mesmos, com o objectivo de retirarmos vantagens energéticas de forma a contribuir para o seu o conforto térmico. Neste capítulo resumimos alguns dos métodos mais importantes.

5.2.1. Efeitos da Radiação nas Fachadas dos Edifícios

As fachadas dos edifícios e suas superfícies envidraçadas têm várias orientações solares. Quando pensamos o edifício devemos antes de mais conhecer as suas cartas solares. Estas permitem

saber quais fachadas mais vulneráveis à insolação, qual o ângulo de incidência solar, quais as horas de radiação solar.

Tomando como exemplo Lisboa, observando a figura verifica-se que a orientação que recebe um leque mais abrangente de radiação solar com intensidade solar mais elevada é a orientação a Sul. Neste caso os Edifícios deverão prever fachadas com superfícies envidraçadas que no Inverno aproveitem esta energia para o aquecimento e acautelar sistemas de sombreamento para evitar os ganhos solares no Verão.

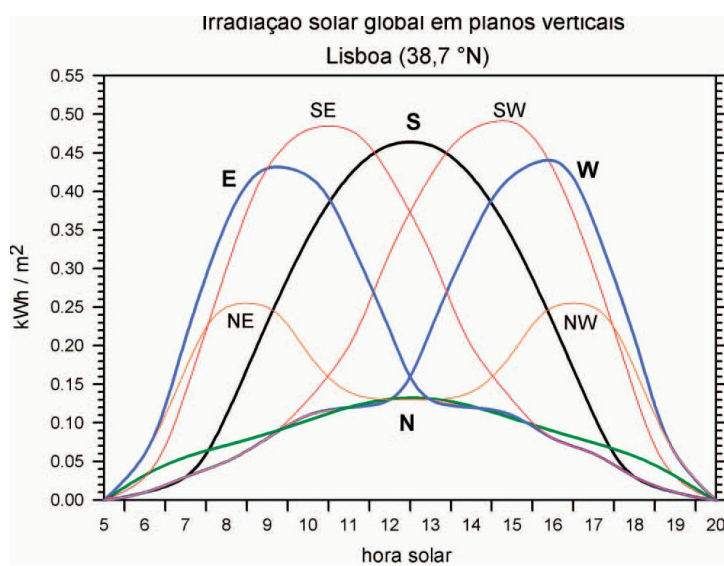
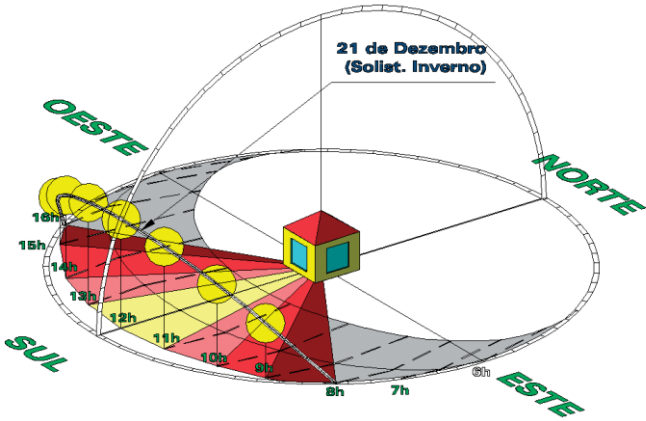
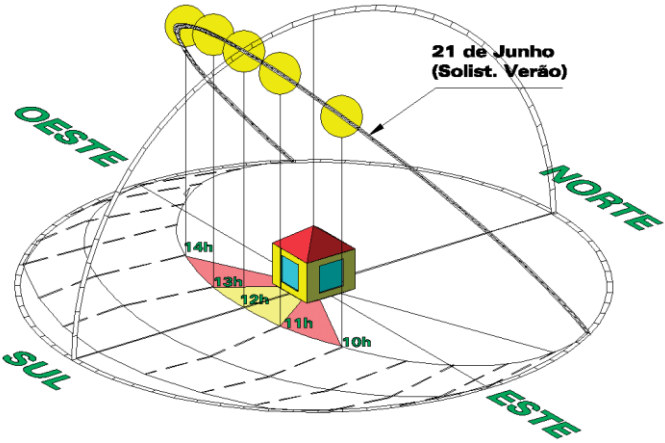
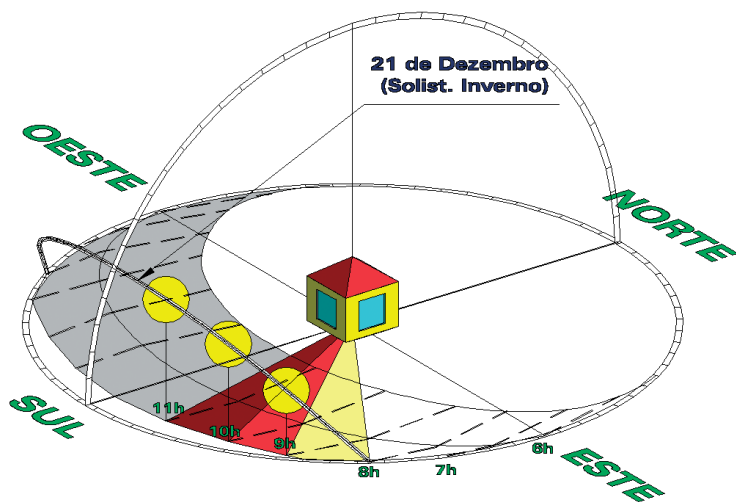


Figura 47 – Radiação solar ao longo do ano por orientação para Lisboa. Fonte: Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal (Helder Gonçalves e João Mariz Graça)

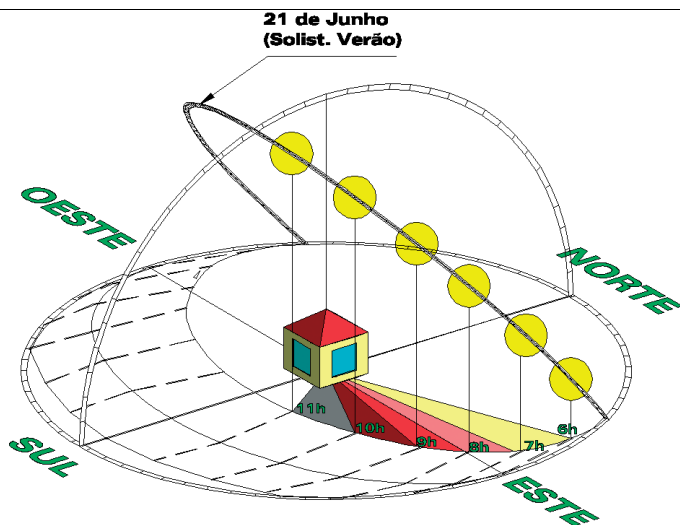
No quadro abaixo damos alguns exemplos de cartas solares para um determinado edifício em função da orientação e indicamos as acções respectivas mais correctas para beneficiar/mitigar o efeito da radiação solar.

CARTA SOLAR	DESCRIÇÃO
 <p>The diagram shows a hemispherical solar chart for December 21st (Winter Solstice). The sun's path is a low arc in the southern sky. Yellow circles represent the sun at various times: 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 11h, 12h, 13h, 14h, 15h, and 16h. Red and yellow shadows are cast from a central building model onto the southern facade, indicating low-angle solar radiation.</p> <p>Fonte: Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal (Helder Gonçalves e João Mariz Graça)</p>	<p>FACHADA SUL NO INVERNO</p> <p>Considerando a carta solar para o Inverno na fachada Sul observamos que esta recebe grandes ganhos de radiação solar com um ângulo de incidência baixo, praticamente perpendicular à superfície envidraçada durante o período da manhã e princípio da tarde. A colocação de áreas envidraçadas na fachada Sul otimiza os ganhos solares no Inverno sendo uma maior valia para o Edifício.</p>
 <p>The diagram shows a hemispherical solar chart for June 21st (Summer Solstice). The sun's path is a high arc in the southern sky. Yellow circles represent the sun at various times: 10h, 11h, 12h, 13h, and 14h. Red shadows are cast from a central building model onto the southern facade, indicating high-angle solar radiation.</p> <p>Fonte: Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal (Helder Gonçalves e João Mariz Graça)</p>	<p>FACHADA SUL NO VERÃO</p> <p>Considerando a carta solar para o Verão na fachada Sul para o mesmo edifício, observamos que este recebe a radiação com um ângulo de incidência alto, praticamente vertical à superfície envidraçada conferindo pequenos ganhos solares durante parte do período da manhã e princípio da tarde. Devido ao ângulo de incidência dos raios solares bastará a colocação de uma pequena pala ou outro dispositivo de sombreamento com acção idêntica que não prejudicará os ganhos que se pretendem no Inverno.</p>



Fonte: Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal (Helder Gonçalves e João Mariz Graça)

FACHADA ESTE NO INVERNO
 Considerando a carta solar para o Inverno na fachada Este observamos que esta recebe grandes ganhos de radiação solar com um ângulo de incidência baixo, praticamente perpendicular à superfície envidraçada com orientação Sudeste durante parte do período da manhã. Verifica-se que os ganhos solares pelos envidraçados nesta orientação são baixos devido à orientação dos raios solares.



Fonte: Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal (Helder Gonçalves e João Mariz Graça)

FACHADA ESTE NO VERÃO
 Considerando a carta solar para o Verão na fachada Este observamos que esta recebe grandes ganhos de radiação solar no período da manhã com um ângulo de incidência variável (baixo no início e alto no final), sendo os ganhos solares importantes. Deverão ser colocados dispositivos de sombreamento. Não é vantajoso optar por grandes áreas envidraçadas nesta orientação devidos aos baixos ganhos no Inverno e grandes ganhos no Verão.

FACHADA OESTE	A carta solar para a fachada Oeste é simétrica à da fachada Este. Assim no Inverno recebe durante poucas horas a radiação solar no período da tarde com raios de incidência elevados o que se traduz em baixos ganhos de energia. Ao contrário no Verão, a incidência solar dá-se durante toda a tarde com grandes ganhos solares. A aplicação de dispositivos de sombreamento são obrigatórios. Resumindo, os envidraçados nesta fachada conferem pequenos ganhos solares no Inverno e grandes ganhos solares no Verão.
FACHADA NORTE	A fachada Norte é a que menos recebe radiação solar. No Verão recebe uma pequena radiação directa no início da manhã e final da tarde. No Inverno não recebe radiação solar directa, apenas difusa.

5.2.2.Efeito da Transferência de Calor na Envolvente dos Edifícios

O processo de transferência de calor por condução através da envolvente do edifício influencia negativamente o seu comportamento térmico. A envolvente recebe ganhos de energia térmica no Verão e perde calor no Inverno, ou seja, actua como meio de desequilíbrio do seu conforto interior. Neste caso, a única solução será o isolamento da envolvente de forma a diminuir drasticamente a transferência de calor.

A envolvente opaca (paredes, coberturas e pavimentos) deverá considerar-se a colocação de isolamentos térmicos, como exemplo a cortiça, o poliestireno expandido, o poliuretano e as lãs minerais.

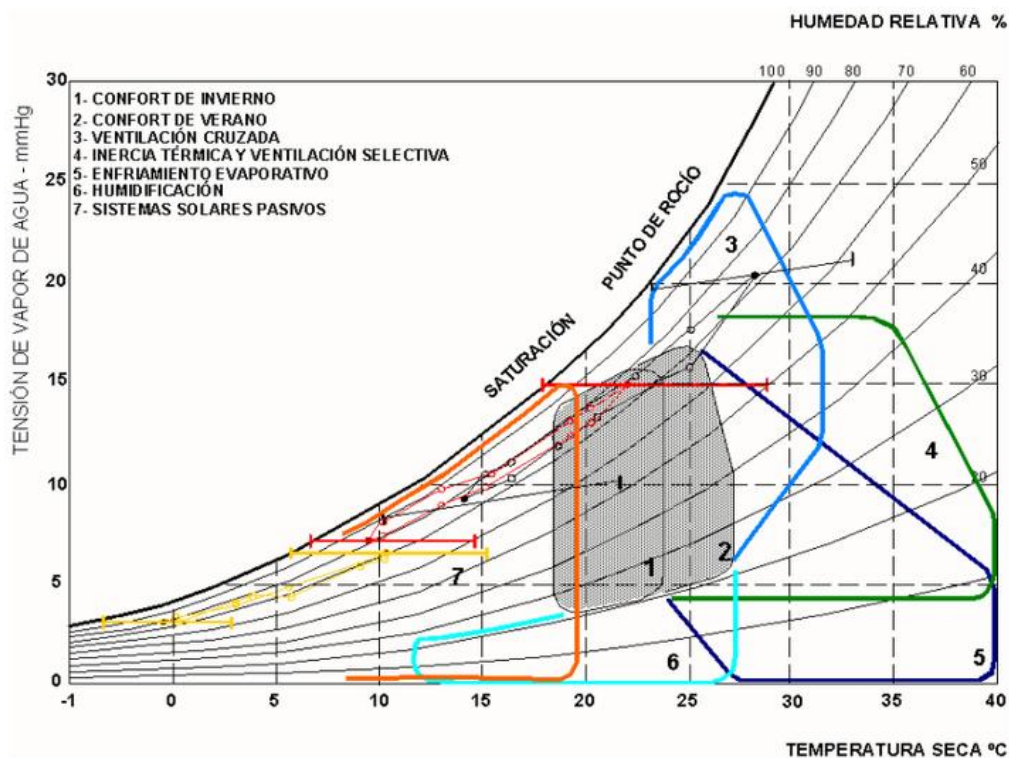
A envolvente envidraçada deverá ser criteriosamente seleccionada no sentido de garantir valores de resistência térmica mais elevados, ao nível de todos os elementos que a compõem: vidro, caixilho, estore ou outro tipo de protecção.

5.3. Estratégias Bioclimáticas

As estratégias Bioclimáticas são identificadas em função do tipo de clima do local onde se pretende construir o edifício. Ou seja, são um conjunto de acções que interagem no desenho deste e que o prepara adequadamente ao clima onde se encontra de forma a garantir um conforto interior constante tanto no Inverno como no Verão.

O projecto bioclimático enquadra estratégias passivas o que significa que não consomem energia e conseqüentemente não emitem GEE, daí este tipo de projecto ser conhecido também como projecto Solar Passivo.

Baruch Givoni, arquitecto israelita, construiu sobre um diagrama psicométrico, um climograma, que dispõe de uma área que caracteriza a mancha de valores de temperatura e humidade exterior próxima dos valores de conforto humano. Definiu igualmente outras áreas onde as estratégias de intervenção nos edifícios são passivas para se atingir o conforto. Finalmente identifica áreas onde as acções bioclimáticas não serão suficientes e terão de se adoptar sistemas activos de climatização. Com esta ferramenta é possível um arquitecto ou engenheiro civil desenhar um edifício em qualquer parte do mundo pois conhecendo a tipologia da zona climática onde este se enquadra poderá definir o seu projecto solar passivo.



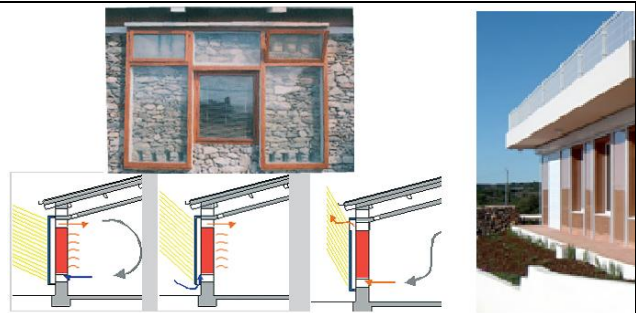
Climograma - Fonte Wikipédia

5.3.1. Sistemas Passivos de climatização

De forma a compreender melhor como actuam os sistemas passivos, fazemos uma pequena abordagem ao tipo de sistemas passivos para aquecimento e arrefecimento de edifícios existentes. Os exemplos abaixo discriminados foram retirados do documento “Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal de Hélder Gonçalves e João Mariz Graça”.

AQUECIMENTO PASSIVO	EXEMPLO
<p>Ganho directo de energia: Obtém-se através dos vãos envidraçados por efeito da radiação solar. No exemplo que colocamos a forma de restringir os ganhos térmicos indesejáveis no Verão é colocando o sombreamento exterior adequado.</p>	<div data-bbox="906 1563 1297 1787" data-label="Image"> </div> <p>Imagem de uma casa de baixo consumo energético em Portugal (Casas Janas). O ganho directo de energia é feito a partir das superfícies envidraçadas orientadas a Sul.</p>

Ganho indirecto de energia: O ganho de energia não é directamente colocado no espaço a aquecer sendo a massa térmica colocada numa área intermédia e posteriormente enviada para o ambiente. Exemplo: Parede de Armazenamento (esta parede tem uma inércia maior que a da fachada onde está inserida podendo ser ventilada - Trombe ou sem ventilação - armazenamento, Colunas de água: Funcionam da mesma forma que uma parede de armazenamento sendo o meio de transferência de calor água em contentores.



Na figura da Esquerda: Casa Shäffer, Porto Santo (Com Paredes de Trombe) Arqº. Günther Ludewig. No esquema vê-se o funcionamento para o Inverno, Outono/Primavera e Verão.

Na figura da Direita: Casa Óasis - Engº Cândido de Sousa e Engº António Santos. Exemplo de uma Parede de Armazenamento.

As paredes de armazenamento têm uma cor mais escura para absorver melhor a radiação e deverão ter um sombreamento adequado para acautelar os ganhos no Verão.

Ganho isolado (Estufa ou colector de ar): Neste caso a captação de ganhos solares é feito numa área não ocupada do edifício, como por exemplo uma estufa, sendo o ar aquecido enviado ao espaço a aquecer por condução ou por convecção. Outra solução utilizada será o sistema de conduta.

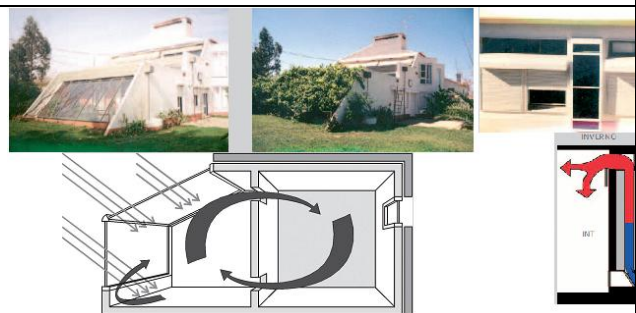
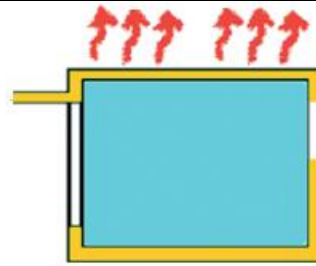


Figura da Esquerda: Moradia Unifamiliar com Estufa – Vale do Rosal Inverno Arq. Fausto Simões. No inverno o ar é aquecido na estufa por radiação sendo posteriormente colocado no local, no Verão a estufa está coberta de vegetação. Figura da Direita: Sistema de

	<p>Condução de ar. No Inverno o ar é pré- aquecido antes de entrar no espaço, no Verão o ar quente do interior poderá ser extraído por este método.</p>
<p>ARREFECIMENTO PASSIVO</p>	<p>EXEMPLO</p>
<p>Ventilação Natural: A ventilação natural permite a diminuição da temperatura interior pela circulação do ar e remover o calor sensível armazenado na massa térmica. É também um efeito de conforto para os ocupantes do edifício pois permite que estes percam calor por convecção e evaporação.</p>	<div data-bbox="861 459 1348 772" data-label="Image"> </div> <p>Na imagem do lado esquerdo temos uma chaminé solar que permite fazer a exaustão do ar quente devendo esta ter uma altura superior à cobertura. Na imagem da direita apresentamos um exemplo de Ventilação Transversal.</p>
<p>Arrefecimento pelo solo (Geotérmico): A temperatura no solo a pouca profundidade está mais fria que no exterior pelo é possível aproveitar esta energia para arrefecer o ambiente interior.</p>	<div data-bbox="949 1064 1252 1332" data-label="Image"> </div> <p>Exemplo de arrefecimento Geotérmico.</p>
<p>Arrefecimento evaporativo: A diminuição de temperatura é obtida através da mudança de fase da água do estado líquido para o estado gasoso. O ar exterior é arrefecido por evaporação da água antes de entrar no edifício.</p>	<div data-bbox="909 1411 1284 1657" data-label="Image"> </div> <p>Exemplo de arrefecimento Evaporativo.</p>

Arrefecimento Radiativo: O edifício emite radiação através da sua envolvente sendo esta mais expressiva durante a noite. Este efeito é vocacionado para as coberturas pois é normalmente o elemento da envolvente mais exposto ao exterior. Esta estratégia poderá ficar comprometida porque as coberturas são normalmente isoladas. A solução será a colocação de um isolamento móvel.

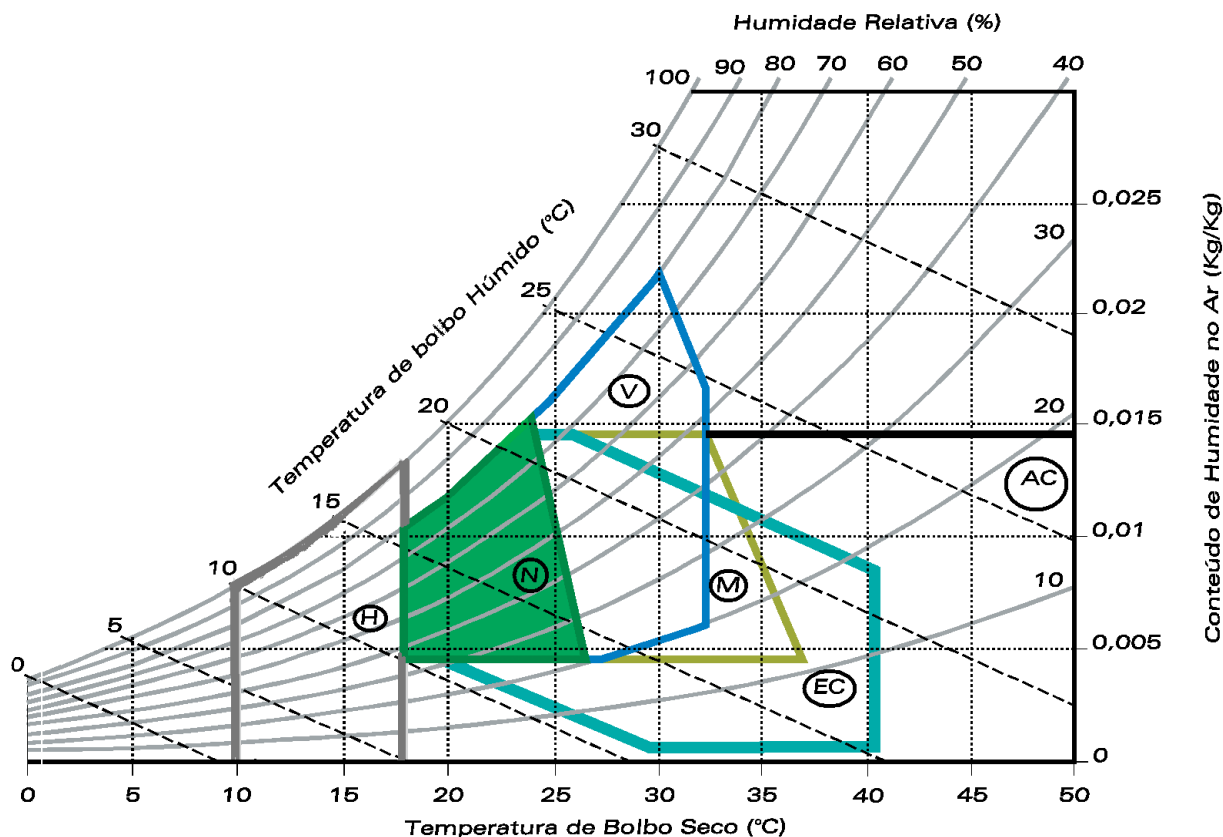


Exemplo de arrefecimento Radiativo

5.3.2. Carta Bioclimática de Baruch Givoni

No quadro abaixo está apresentando o climograma com as zonas bioclimáticas de Baruch Givoni, a sua definição e as respectivas estratégias bioclimáticas.

CARTA BIOCLIMÁTICA DE BARUCH GIVONI



Fonte: “Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal de Hélder Gonçalves e João Mariz Graça”

ZONAS	ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS (PASSIVAS)
<p>Zonas H – Zonas caracterizadas por Climas de Inverno agressivo;</p>	<p>Nesta situação dever-se-á apostar em estratégias de aquecimento do edifício, como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bom isolamento da envolvente do edifício (paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados); • Restringir as perdas por infiltração e restringir o efeito da acção do vento no exterior do edifício através de vedações ou vegetação; • Promoção dos ganhos solares através de superfícies envidraçadas a Sul

<p>Zonas V – Estas zonas caracterizam climas de tipo tropical e equatorial, ou climas temperado de influência marítima. Ex: Regiões Tropicais</p> <p>Zonas EC e M – Correspondem a climas temperados secos, e climas de regiões desérticas áridas e muito secos. Ex: Médio Oriente</p> <p>Zonas M - Corresponde a todos os climas quentes de influência continental de elevadas amplitudes térmicas. Ex: Sul da Europa, Alentejo e Algarve</p> <p>Zona N - Também chamada zona Neutra, apresenta condições próximas de conforto para o ser humano.</p> <p>Zonas AC – Com estas condições não é possível atingir estados de conforto térmico por meio de estratégias bioclimáticas por si só.</p>	<p>Neste caso a estratégia correcta será a integração da ventilação natural no edifício para o arrefecimento. Os ganhos solares devem ser restringidos. Edifício com inércia fraca.</p> <p>A estratégia mais adequada será o arrefecimento evaporativo.</p> <p>A estratégia mais adequada será o arrefecimento radiativo.</p> <p>Neste caso dever-se-á evitar ganhos solares excessivos, evitar a transferência de calor por condução e infiltrações de ar excessivos.</p> <p>Será necessária a utilização de meios activos de climatização.</p>
---	--

5.3.3. Zonas climáticas definidas no regulamento das características do RCCTE (Regulamento das características de comportamento térmico dos Edifícios) e suas estratégias Bioclimáticas

Estão definidos no RCCTE as zonas climáticas conforme a Carta Bioclimática de Baruch Givoni. As zonas climáticas estão definidas conforme a carta bioclimática e respectivas estratégias. A título de exemplo destacamos uma das zonas com a respectiva carta e estratégias bioclimáticas. No documento do INETI “Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal de Hélder Gonçalves e João Mariz Graça” estão definidas de forma pormenorizada cada uma das zonas climáticas do país sendo uma importante ferramenta de trabalho para definir o projecto de um edifício.

IIV1

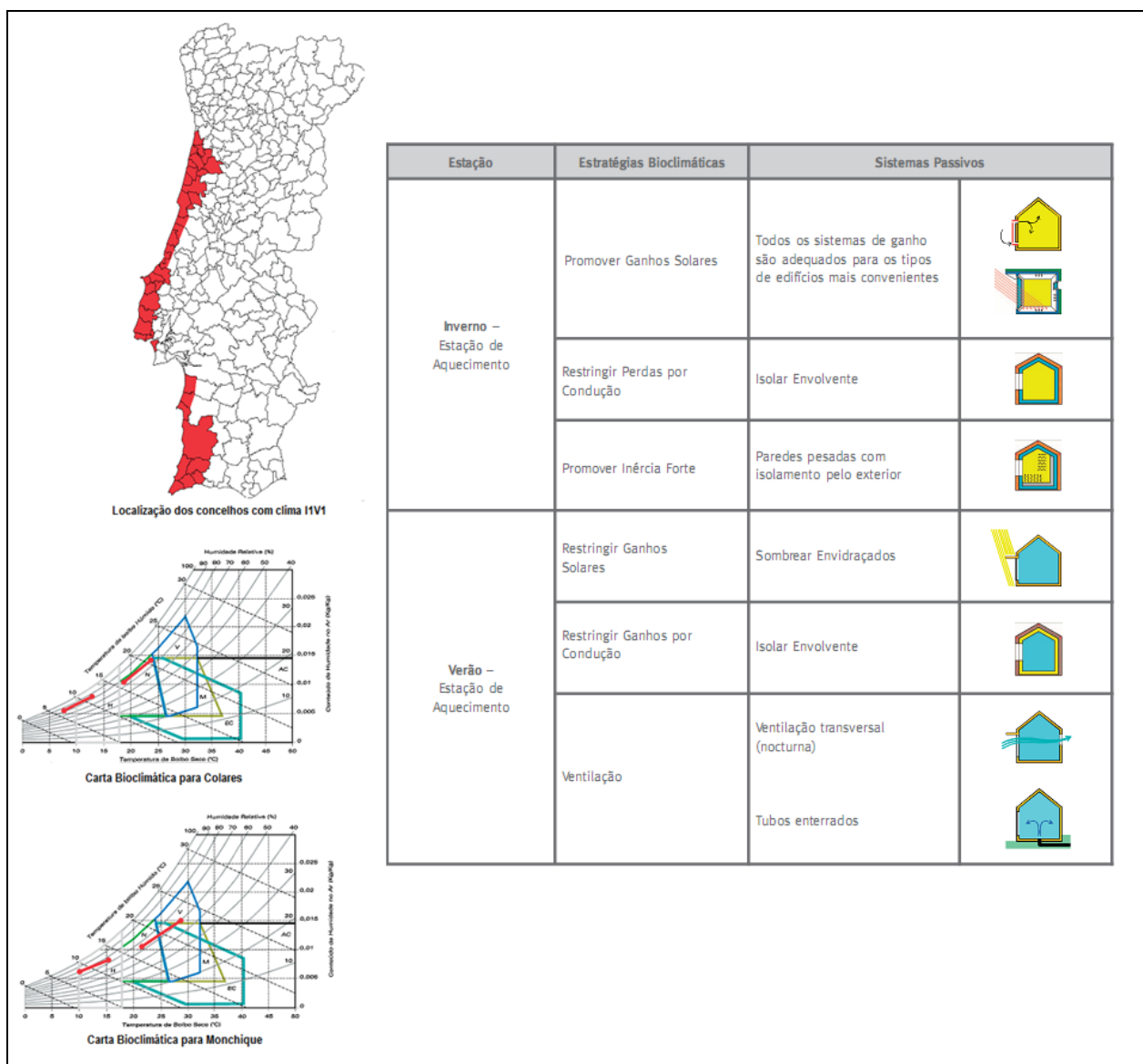


Figura 48-Fonte: Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal de Hélder Gonçalves e João Mariz Graça

Os climas com I1-V1 são climas caracterizados por serem os mais amenos do território continental, facto que é reflectido numa menor exigência das condições regulamentares. Os Graus dias de Aquecimento variam entre 1500 (Caldas da Rainha) e 940 (Portimão).

No Verão, devido e à preponderância da influência estabilizadora marítima, verificam-se amplitudes térmicas diárias menores.

As estratégias bioclimáticas são as seguintes:

Inverno (ZONA H) – Restringir condução; promover os ganhos solares no quadrante Sul.

Verão (ZONAS N, EC e M, V) – Restringir condução; restringir ganhos solares dotando os envidraçados de sobreamentos eficazes. Em virtude da proximidade marítima, a ventilação afigura-se mais conveniente que o arrefecimento evaporativo.

Como exemplo de uma construção que aplica os conceitos bioclimáticos para esta região são as antigas casas dos pastores, na Serra do Caldeirão, caracterizadas pelas construções circulares feitas em pedra solta e terra, com telhados de colmo, que em tempos serviram de casa aos seus proprietários. Ainda é possível observar estas construções na aldeia da Mealha, em Monchique. A forma circular é interpretada como uma optimização da relação “área/Volume” para redução das perdas por condução.



Figura 49 - “Casas Circulares” Fotos de Rui Cunha. Fonte: <http://www.cp.pt>

Na Figura 49 apresentamos a síntese das zonas climáticas e respectivas estratégias a propor em Portugal Continental. Na estação do Inverno existem três zonas climáticas (I1, I2, I3). As estratégias destas zonas são comuns podendo haver diferenças na exigência dos materiais construtivos, como por exemplo, o isolamento vai aumentado de espessura proporcionalmente com a severidade do clima, correspondendo o valor maior à zona I3. Além desta estratégia é necessário salvaguardar excessos de infiltrações de ar frio exterior e também promover os ganhos solares através de diversos tipo de soluções que já referimos.

No Verão, as três zonas climáticas (V1, V2, V3) também apresentam características comuns, ainda que com severidades diferentes.

É necessário restringir os ganhos solares mediante adopção de soluções eficazes de sombreamento dos vãos envidraçados, promover a ventilação natural transversal durante períodos em que a temperatura exterior seja favorável (noite) podendo ser evaporativa (áreas quentes e secas) dependendo de cada zona e de cada tipo de edifício.

Outra estratégia é considerar na construção do edifício soluções de inércia elevada, para que possa haver estabilidade da temperatura interior e portanto, minimizar situações de sobreaquecimento, sendo que no Inverno é também garantia do correcto aproveitamento dos ganhos solares. O mesmo se passa com os sistemas de arrefecimento pelo solo (energia geotérmica) que poderão ser potencialmente utilizados em todas as zonas climáticas do país, dependendo das condições locais de implantação do edifício.

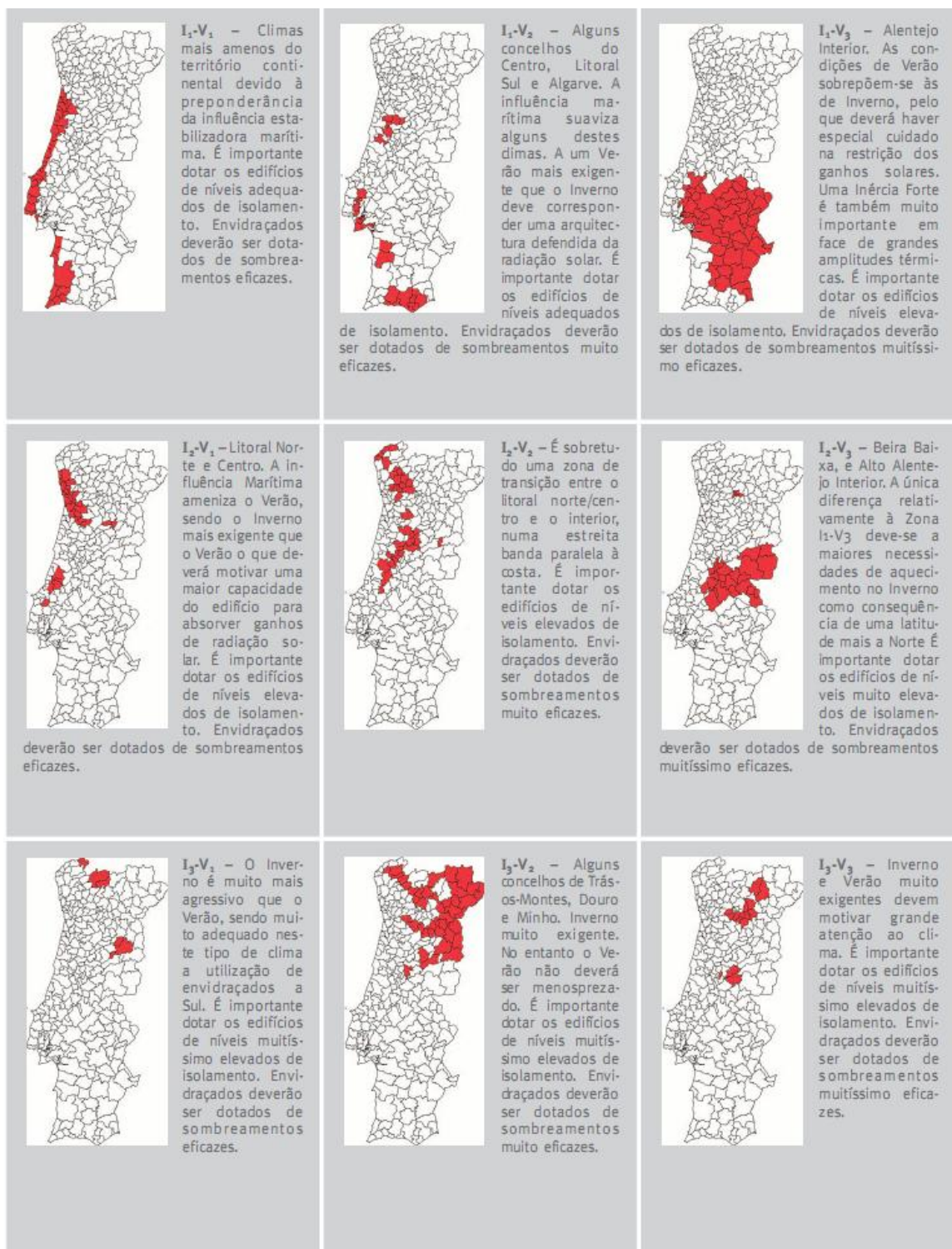


Figura 50-Fonte: Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal de Hélder Gonçalves e João Mariz Graça

Fazendo uma correcta aplicação destes métodos é possível desenhar um edifício com quase nulas necessidades de aquecimento no Inverno e baixas necessidades de arrefecimento no Verão

reduzindo em muito a fatia de consumo de energia que este sector solicita. Falamos no próximo ponto do Projecto Passive- On Portugal e exemplificamos alguns casos de edifícios demonstrativos do que acabámos de descrever.

5.3.4. Projecto Passive-On Portugal

O Projecto Passive-On Portugal é parte do projecto ('Casas Passivas com potencial de Mercado com Conforto de Inverno e de Verão' EIE/04/091/S07.38644, 2004-07) financiado pela União Europeia constituído pelo consórcio dos seguintes países: Itália, França, Alemanha, Portugal, Reino Unido e Espanha. Em Portugal os parceiros do projecto são a Natural Works e o INETI (Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação). Este projecto é vocacionado para o sector doméstico: habitação. Antes de desenvolvermos este tema fazemos uma pequena abordagem à Norma Passivhaus.



Em 1991, Wolfgang Feist e Bo Adamson aplicaram o desenho passivo a uma casa em Darmstadt, com o objectivo de criar um edifício demonstrativo de baixo consumo energético a um custo razoável para o clima Alemão. O desenho provou ser um sucesso em termos de consumo energético e de conforto de modo que os mesmos sistemas passivos foram aplicados uma segunda vez em 1995 em GroßUmstadt. Em 1995, baseado na experiência dos primeiros empreendimentos Feist codificou o desenho passivo das casas de Darmstadt e GroßUmstadt na norma Passivhaus. A norma obriga ao cumprimento de um limite de consumo energético por m² de área, de um requisito mínimo de qualidade e da aplicação economicamente viável dos sistemas passivos necessários e suficientes para se cumprirem os anteriores requisitos. Na Alemanha o termo casa passiva está associado a uma casa cuja norma Passivhaus foi aplicada.

O Instituto Passivhaus desenvolveu um software de cálculo que permite quantificar os valores envolvidos numa casa passiva – PHPP (Free Demo Version Passive House Planning). Apresentamos no quadro abaixo alguns dados do projecto da casa passiva de Darmstadt (1991). Alertamos que naturalmente haverá uma versão mais actualizada mas que à qual não tivemos acesso. No entanto, exemplificar este caso é importante pois permite-nos perceber quais as áreas que devem estar envolvidas num projecto deste tipo.

Passive House Verification - FREE DEMO VERSION



Building:	End-of-Terrace Passive House Kranichstein	
Location and Climate:	Darmstadt Kranichstein	Standard Germany
Street:		
Postcode/City:	D-64289 Darmstadt	
Country:	Germany/Hesse	
Building Type:	Terraced House/Dwelling	
Home Owner(s) / Client(s):	Bauherrengemeinschaft Passivhaus	
Street:		
Postcode/City:	D-64289 Darmstadt	
Architect:	Prof. Bott/Ridder/Westermeyer	
Street:	Jahnstr. 8	
Postcode/City:	D-64285 Darmstadt	
Mechanical System:	öeb Dipl.-Ing. Norbert Stärz	
Street:	Bahnhofstr. 49	
Postcode/City:	D-64319 Pfungstadt	
Year of Construction:	1991	
Number of Dwelling Units:	1	Interior Temperature: 20,0 °C
Enclosed Volume V_e :	665,0 m ³	Internal Heat Gains: 2,1 W/m ²
Number of Occupants:	4,0	

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area			
Treated Floor Area: 156,0 m ²			
	Applied:	Monthly Method	PH Certificate:
Specific Space Heat Demand:	13	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
Pressurization Test Result:	0,2	h ⁻¹	0,6 h ⁻¹
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	65	kWh/(m ² a)	120 kWh/(m ² a)
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	37	kWh/(m ² a)	
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:		kWh/(m ² a)	
Heating Load:	10	W/m ²	
Frequency of Overheating:	3	%	over 25 °C
Specific Useful Cooling Energy Demand:		kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)
Cooling Load:	9	W/m ²	
			Fulfilled?
			Yes
			Yes
			Yes

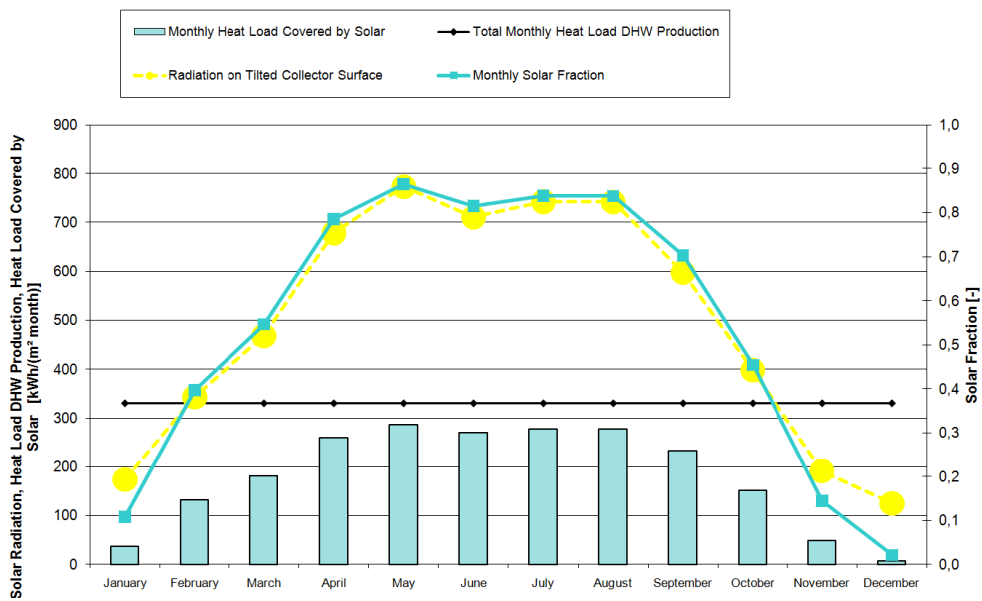
Esta é a primeira folha do projecto de certificação passivo. Este quadro descreve o edifício e a sua legenda técnica e dá-nos o sumário dos resultados. Trata-se de uma casa de 1991 com as seguintes condições:

- ✓ A área útil de pavimento = 156 m²
- ✓ Volume = 665 m³
- ✓ N° de ocupantes = 4
- ✓ Temp_{int} = 20 °C
- ✓ q_i (Ganhos térmicos internos) = 2,1 W/m²

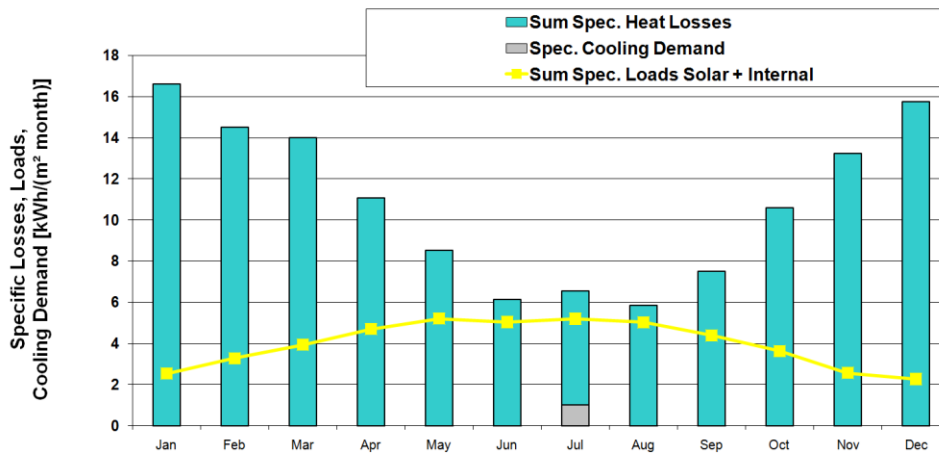
Destacamos os seguintes resultados:

- ✓ Necessidades anuais de aquecimento do Edifício (N_{ic}) = 13 Kwh/m²_a;
- ✓ RPH = 0,2 h⁻¹;
- ✓ Necessidades anuais de Energia Eléctrica = 65 Kwh/m²_a (incluí necessidades para apoio

Quadro previsão de produção solar para AQS por mês



Quadro previsão de necessidades de arrefecimento por mês.



Verifica-se que apenas em Julho se espera uma necessidade de arrefecimento de aprox. 1 kwh/m²mês.

Available Solar Heat Gains Q_s		Total	1474		kWh/(m ² a)	9,5						
Internal Heat Gains Q_i	0,024	* Length Heat. Period d/a	78	* Spec. Power q_i W/m ²	2,1	* A_{FFA} m ²	156,0	=	613	kWh/a	kWh/(m ² a)	3,9
Sum Heat Loads Q_F									$Q_s + Q_i$	kWh/a	kWh/(m ² a)	2088
									Ratio of Losses to Free Heat Gains	Q_L / Q_F		1,07
									Utilisation Factor Heat Losses η_G			86%
Useful Heat Losses $Q_{V,n}$									$\eta_G * Q_L$	kWh/a	kWh/(m ² a)	1918
Useful Cooling Demand Q_K									$Q_F - Q_{V,n}$	kWh/a	kWh/(m ² a)	170
Limiting Value										kWh/(m ² a)		15
									Requirement met?	(Yes/No)		Yes

Aquecimento (o apoio é garantido por uma caldeira eléctrica)

Unidade de ventilação com recuperação de Calor

Effective Heat Recovery Efficiency of the Ventilation System with Heat Recovery

Central unit within the thermal envelope.
 Central unit outside of the thermal envelope.

Efficiency of Heat Recovery η_{HR}		0,83	Heat Recovery Unit	
Transmittance Ambient Air Duct Ψ	W/(mK)	0,166	Calculation see Secondary Calculation	
Length Ambient Air Duct	m	1,1		
Transmittance Exhaust Air Duct Ψ	W/(mK)	0,228	Calculation see Secondary Calculation	
Length Exhaust Air Duct	m	1,5		
Temperature of Mechanical Services Room	°C	11	Room Temperature (°C)	20
(Enter only if the central unit is outside of the thermal envelope.)			Av. Ambient Temp. Heating P. (°C)	4,0
			Av. Ground Temp (°C)	10,0

Effective Heat Recovery Efficiency $\eta_{HR,eff}$ **82,0%**

Effective Heat Recovery Efficiency Subsoil Heat Exchanger

SHX Efficiency	η_{SHX}	93%
Heat Recovery Efficiency SHX	η_{SHX}	35%

A recuperação de calor é obtida através de energia geotérmica.

Arrefecimento

Ventilação Cruzada

SUMMER VENTILATION

Single-Sided Ventilation 1 - Airflow Volume	145	145	18	0	0	0	m ² /h
Single-Sided Ventilation 2 - Airflow Volume	0	0	18	0	0	0	m ² /h
Cross Ventilation Airflow Volume	145	145	35	0	0	0	m ² /h
Contribution to Air Change Rate	0,05	0,19	0,09	0,00	0,00	0,00	1/h

No verão para arrefecimento é utilizada um sistema de ventilação cruzada.

PRODUÇÃO DE AQS SOLAR (o apoio é garantido pela caldeira eléctrica)

HOT WATER PROVIDED BY SOLAR

Demo version: Orientation and shading calculation not available.

Building: **End-of-Terrace Passive House Kranichstein** Building Type/Use: **Terraced House/Dwelling**
 Location: **Darmstadt Kranichstein** Treated Floor Area A_{TFA}: **156,0** m²

Solar Fraction with DHW Demand including Washing and Dish-Washing

Heat Demand DHW	Q _{gDHW}	3972	kWh/a	from DHW+Distribution worksheet
Latitude:		51,3	°	from Climate Data worksheet
Selection of collector from list (see below):		7	Selection:	<input type="text" value="7 Improved Flat Plate Collector"/>
Solar Collector Area		5,30	m ²	
Deviation from North		180	°	
Angle of Inclination from the Horizontal		45	°	
Height of the Collector Field		1	m	
Height of Horizon	h _{Horiz}		m	
Horizontal Distance	a _{Horiz}		m	
Additional Reduction Factor Shading	f _{Other}		%	
Occupancy		4,0	Persons	
Specific Collector Area		1,3	m ² /Pers	

Estimated Solar Fraction of DHW Production	54%	
Solar Contribution to Useful Heat	2156 kWh/a	14 kWh/(m ² a)

São utilizados 7 colectores solares planos com área unitária de 5,3 m². O E_{solar} é 2156 kwh/a

Este projecto foi o 1º. Actualmente muitos dos projectos passivos neste país enquadram a produção de energia eléctrica fotovoltaica que iguala o consumo e eventualmente o supera. No Anexo I incorporamos a totalidade das folhas de cálculo deste projecto para uma análise mais aprofundada.

A norma Passivhaus está organizada de forma semelhante às folhas de cálculo para a certificação energética dos edifícios em Portugal do Sistema Nacional de Certificação energética e da Qualidade de Ar Interior nos Edifícios- SCE. Por essa razão foi bem sucedida a sua aplicação nos Países que a subscreveram (Alemanha, Áustria, Suécia e Suíça) e demonstrou ser uma ferramenta que os arquitectos, engenheiros, promotores e proprietários entenderam bem.

Em termos de qualidade o projecto passivo confere às habitações qualidade elevada de ar interior e conforto sendo sem dúvida mais saudável que um projecto não Passivo. Em 2005, mais de 6.000 casas cumprindo a norma Passivhaus foram construídas na Europa, 4.000 das quais na Alemanha. Um importante estímulo ao desenvolvimento de Passivhaus foi dado pelo projecto Europeu com financiamento THERMIE intitulado CEPHEUS (1998-2001) que contemplou o desenvolvimento de 221 casas em quatro países Alemanha, Áustria, Suécia e Suíça). Actualmente a construção de Passivhaus na Alemanha é na ordem das várias centenas

por ano com uma previsão de 20% da cota do mercado no ano 2010.

A norma Passivhaus está bem adequada a este tipo de climas do Norte da Europa onde as necessidades de arrefecimento no Verão são muito baixas. Nos Países do Sul da Europa onde Portugal está incluído esta norma terá de ser adaptada. Um dos aspectos considerado menor na norma Passivhaus é o arrefecimento no Verão, pois facilmente uma casa nas regiões do Norte da Europa prescinde de sistemas activos de climatização.

O projecto Passive-On demonstrou que as soluções propostas para arrefecimento pela norma podem servir de base efectiva para proporcionar casas frescas no verão, com algumas modificações para reduzir o impacto da radiação solar.

Por outro lado, verificam-se que alguns dos requisitos explícitos e implícitos da norma Passivhaus podem ser demasiado exagerados para o sul da Europa. Por exemplo, a norma Passivhaus obriga um requisito explícito do limite da permeabilidade da envolvente do edifício ($n50 \leq 0.6h^{-1}$) o que torna implícito a necessidade de um sistema activo para ventilação. Contudo a experiência, por exemplo em Espanha e em Portugal, mostra que podem ser construídas casas efectivamente de baixo consumo energético sem a necessidade de um sistema de ventilação activo e com critérios menos exigentes para envolvente dos edifícios.

As principais alterações que procuram tornar a norma Passivhaus relevante no Mediterrâneo ou seja a sua adaptação aos Climas do Sul da Europa e Mediterrâneo são:

- ✓ Introdução explícita de um limite de necessidades de arrefecimento para o verão (15 kWh/m² .ano);
- ✓ Definição de requisitos mínimos de conforto no verão, ou seja, as temperaturas interiores de verão não devem exceder as temperaturas do Conforto Adaptativo como definidas na norma EN 15251. Utilizando modelo de Conforto Adaptativo garantem-se temperaturas confortáveis compatíveis com o Desenho Passivo (normalmente mais elevadas no Verão e mais baixas no Inverno);
- ✓ Atenuação do limite da estanquidade do ar da envolvente do edifício para $n50 \leq 1 h^{-1}$ o que possibilita uma casa Passiva poder cumprir a norma Passivhaus sem a necessidade de um sistema de ventilação activo.

A Passivhaus disponibiliza diversas soluções que se adaptam aos desenhos contemporâneos de casas não exigindo desenhos especiais. A sua construção pela experiência até ao momento demonstrou o custo máximo superior a 10% ao de uma casa que não enquadra a norma.

De igual forma a análise efectuada no projecto Passive-On indica que os custos de construção de casas Passivas em cinco países parceiros do projecto são na ordem de 3 a 10% mais elevados que as alternativas típicas (ver Tabela 1).

	Custos específicos de Construção		% Aumento
	Casa de referência	Casa Passiva	
	<i>[Euro/m2]</i>	<i>[Euro/m2]</i>	
<i>Alemanha</i>	1,400	1,494	6.71%
<i>Itália (Milão)</i>	1,200	1,284	7.00%
<i>França</i>	940	1034	10%
<i>Espanha (Sevilha)</i>	720	740	2.85%
<i>Portugal</i>	N/a	N/a	N/a
<i>Reino Unido</i>	881	930	5.54%

Figura 51 – Fonte: Projecto Passive-On

Conforme o Passive – On, os custos do projecto passivo poderão ser amortizados (entre 4 a 20 anos) tendo em consideração os custos com o consumo de electricidade. Apresentamos uma tabela com valores comparativos entre o consumo de uma casa referência e uma casa Passivhaus. Verifica-se uma diferença de menor consumo de electricidade entre 15% a 20%.

	Necessidade de Aquecimento		Necessidade de arrefecimento	
	Referência	<i>Passivhaus</i>	Referência	<i>Passivhaus</i>
	[kWh/m ² .a]	[kWh/m ² .a]	[kWh/m ² .a]	[kWh/m ² .a]
Alemanha	90	15	0	0
Itália	83	10.5	4.63	3
França	69.6	17.4	n/a	5
Espanha	59	8.7	23.1	7.9
Reino Unido	59	15	0	0

Figura 52 – Fonte: Projecto Passive-On

Em Portugal até há pouco tempo, o termo Casa Passiva significava casa que enquadra uma das soluções de uma casa Passiva (por exemplo: aplicação de um sistema solar térmico, ou isolamento com coeficientes de U mais baixo, etc...). Mas esta medida ou medidas por si só não transformam um projecto no mesmo passivo. Actualmente existe uma mudança de mentalidade no que toca ao significado deste termo ou seja, a aplicação de um projecto de casa passiva significa casa de baixo consumo energético ou até mesmo nulo.

Como pode ser nulo o consumo de energia de uma habitação em Portugal?

Terá de ser um projecto que considera as várias vertentes que compõem o edifício, como por ex:

- ✓ Conforto térmico
 - Considerar todas as estratégias bioclimáticas possíveis para o local de implantação do edifício;
 - Aplicar meios de climatização passivos (ex: utilizando energia solar, geotérmica) e finalmente se os anteriores não forem suficientes colocar meios de climatização activos de alta eficiência energética;
- ✓ Iluminação
 - Desenhar o edifício de forma a dotá-lo de iluminação natural, aplicar sistemas de condução de iluminação natural (fibra óptica);

- Apoiar a iluminação com equipamentos de baixo consumo: lâmpadas fluorescentes com balastro electrónico, lâmpadas de leds;

- ✓ Os electrodomésticos e outros equipamentos terão de ter características de elevada eficiência energética.

Mas e a energia consumida pelos electrodomésticos, iluminação e sistemas activos de climatização?

A resposta passará pela produção de energia suficiente para colmatar este défice através por exemplo de sistemas solares fotovoltaicos e eólicos. Ou seja, cada edifício produz a energia suficiente para alimentar os seus sistemas activos. O clima em que se insere o edifício fará com que a sua produção seja mais significativa ou ainda, possibilitará a produção excedentária de energia: *o edifício produzirá mais do aquilo que consome.*

A observação fria deste projecto apresenta de imediato o efeito custo como uma barreira para a implementação do mesmo. Mas hoje, sabemos que os estados estão já a suportar os custos de emissão GEE e é essencial reduzir a sua emissão em todos os sectores. É possível reduzir esta barreira inicial através de várias acções conjuntas:

- ✓ Implementação da Certificação energética de edifícios contemplando o projecto Passivo;
- ✓ Implementação de mecanismos de financiamento público, ou seja, o sector público pode trabalhar com as instituições privadas no desenvolvimento de mecanismos de financiamento do custo extra de compra de casas Passivas. Por exemplo, empréstimos bancários que podem contemplar o aumento da liquidez dos proprietários de casas passivas devido às reduzidas despesas mensais com as mesmas;
- ✓ Informação e ou formação dos intervenientes neste processo: decisores políticos; arquitectos, engenheiros, promotores e utilizadores;
- ✓ Aposta na reabilitação dos parques habitacionais nas cidades através de mecanismos de incentivo com pendôr para projectos Passivos; é hoje uma das áreas essenciais a investir;

- ✓ Redução a breve prazo dos custos dos materiais e equipamentos que poderão encarecer a construção de uma casa passiva como o tipo de vãos envidraçados, isolamentos, sistemas passivos de climatização, produção de água quente, energia eléctrica e outros, pois à medida que estes forem mais solicitados incentivará uma maior produção pelas indústrias respectivas, baixando o seu custo (economia de escala).

Na Alemanha foram necessários 15 anos para que o ritmo da construção tenha atingido hoje as várias centenas de unidades Passivhaus por ano. Uma *Passivhaus* consome cerca de menos de 80% de aquecimento que uma alternativa nova de referência, sendo que as 4.000 *Passivhauses* equivalem a uma redução anual das emissões de CO_{2eq} de 9.600 toneladas/ano. O próximo passo, passará pela obrigatoriedade das novas construções serem Passivhouses e a seguir a reabilitação de casas existentes considerando o desenho passivo. No entanto, a 1ª Passivhouse surgiu em 1991! Nesta altura para o cidadão comum, expressões como o aquecimento global, o desenvolvimento sustentável, a redução de emissões GEE eram algo que se ouvia pouco. O ceticismo era maior no que tocava aos efeitos adversos no planeta do aquecimento global, o efeito das acções do homem na alteração do clima era muitas vezes posto em dúvida. Hoje temos na nossa memória a destruição provocada pelo fenómeno El Nino, do Katrina (furacão de nível 5), o aumento da subida do nível da água do mar observada aquando das marés vivas, ou através do derretimento das calotes polares (recentemente foi noticiado um iceberg do tamanho da Bélgica). Outro exemplo é a observação de temperaturas do ar mais elevadas no Verão durante maiores períodos de tempo tendo como uma das consequências nefastas os incêndios em áreas florestais de longa duração com níveis de destruição muito elevados (o exemplo mais emblemático foram os recentes incêndios na Rússia onde normalmente as temperaturas não atingiam estes níveis). A nível global já vimos no capítulo 3 a compreensão da maior parte dos países do planeta na necessidade de mitigação das alterações climáticas, na necessidade de implementação do desenvolvimento sustentável. Em Portugal o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios, iniciou em 2006 a certificação energética dos edifícios, a par com a formação de peritos qualificados. Temos assistido à construção de diversos edifícios passivos em Portugal e à tomada de consciência dos arquitectos da importância do desenho bioclimático ou o também chamado Eco-Desig.

Penso que neste momento, estão criadas as condições para ser possível enquadrar o desenho passivo de edifícios em Portugal como uma realidade futura.

6. Directiva 2002/91/CE - EPBD Energy Performance in Buildings Directive

6.1. Introdução

Em 2001 a Comissão Europeia avança com a Directiva sobre o Desempenho Energético dos Edifícios, aprovada rapidamente, surgindo a EPBD- Directiva 2002/91/CE, de 16 de Dezembro 2002. Em Portugal a transposição da Directiva 2002/91/CE dá origem a 3 Decreto – Lei:

- ✓ SCE - DL 78/2006 - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios;
- ✓ RCCTE - DL80/2006 - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;
- ✓ RCESE – DL79/2006 - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;

Estes Decreto-Lei só entram em vigor a partir de 2006. O Faseamento foi o seguinte:

- ✓ 3 de Julho de 2006 - Início da aplicação dos novos regulamentos (RCCTE e RSECE);
- ✓ 1 de Julho de 2007 - Início da aplicação do SCE a novos grandes edifícios (> 1000 m²)
¹que peçam licença ou autorização de construção após esta data;
- ✓ 1 de Julho de 2008 - Início da aplicação do SCE a novos pequenos edifícios (< 1000 m²)
que peçam licença ou autorização de construção após esta data;
- ✓ 1 de Janeiro de 2009 - Início da aplicação do SCE a todos os restantes edifícios, incluindo os existentes.

¹ Edifício com mais de 1000 m²: conjunto das fracções autónomas cuja soma das respectivas áreas úteis seja superior a 1000 m²

6.2. Descrição

A Certificação Energética pretende classificar um edifício na base de um desempenho integrado que considere o aquecimento, o arrefecimento e a preparação das águas quentes sanitárias (AQS). O somatório das necessidades energéticas do edifício para climatização e AQS é convertido em unidades de Energia Primária - $Kgep/m^2.ano$. Sabendo este valor sabemos também o valor da emissão anual do edifício de GEE - toneladas de CO_2 equivalentes por ano. A classificação energética de um edifício é dado pelo rácio entre N_{tc} e N_t .

Classe energética	$R = N_{tc}/N_t$
A+	$R \leq 0,25$
A	$0,25 < R \leq 0,50$
B	$0,50 < R \leq 0,75$
B-	$0,75 < R \leq 1,00$
C	$1,00 < R \leq 1,50$
D	$1,50 < R \leq 2,00$
E	$2,00 < R \leq 2,50$
F	$2,50 < R \leq 3,00$
G	$3,00 < R$

%

N_{tc} Necessidades anuais globais estimadas de energia primária para climatização e águas quentes ($Kgep/m^2.ano$)

N_t Valor limite máximo regulamentar para as necessidades anuais globais de energia primária para climatização e águas quentes (limite inferior da classe E) ($kgep/m^2.ano$)

CO_2EQ Emissões anuais de gases de efeito de estufa associadas à en. primária para climatização e águas quentes (toneladas de CO_2 equivalentes por ano)

A classe de eficiência energética é definida por A^+ que corresponde à melhor classificação energética e a pior à G . Conforme o regulamento em vigor os edifícios existentes poderão ser classificados com qualquer tipo de classificação, no caso dos edifícios novos a classificação mínima é B^- . Cada edifício novo terá um registo DCR/CE, ou seja terá uma Declaração de Conformidade Regulamentar - (DCR) elaborada quando o edifício está em construção, e o Certificado Energético e da Qualidade do Ar Interior

(CE) que é emitido quando o edifício está em condições de ser habitado, ou quando se trata de

um edifício existente. Estão previstos três tipos de modelo de certificados energéticos (CE) e de declarações de conformidade regulamentar (DCR):

- ✓ Modelo de CE/DCR para edifícios abrangidos pelo RCCTE (edifícios de habitação e pequenos serviços sem sistemas de climatização) – TIPO A;
- ✓ Modelo CE/DCR para edifícios de serviços (pequenos com climatização e grandes, abrangido pelo RSECE) – TIPO B;
- ✓ Modelo de CE/DCR para edifícios de habitação com sistemas de climatização abrangidos pelo RSECE – TIPO C

No quadro da página seguinte estão definidos os tipos de modelos CE/DCR.

CE/ DCR	Tipo de Edifício	Descrição
TIPO A	Habitação sem Climatização.	Edifícios de habitação no âmbito do RCCTE que não disponham de sistemas de climatização ou que disponham de sistemas de climatização de potência igual ou inferior a 25 kW.
	Pequeno edifício de serviços sem Climatização	Edifícios de serviços no âmbito do RCCTE, de área igual ou inferior a 1000 m ² , que não disponham de sistemas de climatização ou que disponham de sistemas de climatização de potência igual ou inferior a 25 kW.
TIPO B	Pequeno edifício de serviços com Climatização.	Edifícios de serviços no âmbito do RSECE, de área igual ou inferior 1000m ² , que disponham de sistemas de climatização de potência superior a 25 kW.
	Grande edifício de Serviços	Edifícios de serviços no âmbito do RSECE, de área superior a 1000 m ² , ou 500 m ² no caso de centros comerciais, supermercados, hipermercados e piscinas aquecidas cobertas.
TIPO C	Habitação com Climatização	Edifícios de habitação no âmbito do RSECE que disponham de sistemas de climatização de potência superior a 25 kW.

Em Portugal, a certificação energética entrou em vigor em 2006. A partir dessa data e de forma faseada todos os edifícios foram sendo alvo de certificação energética. Actualmente todos os edifícios têm que ser certificados. O actual RCCTE obriga à colocação de apoio solar térmico para produção de AQS (desde que o edifício tenha as condições definidas no regulamento para a colocação deste sistema). Nos edifícios novos são impostos valores máximos de U para a

envolvente e vãos envidraçados, são igualmente impostos valores máximos para as necessidades anuais de energia para aquecimento, AQS e arrefecimento. É igualmente obrigatório considerar um valor mínimo para a renovação do ar interior do edifício em estudo. Estas premissas permitem dotar os edifícios de materiais com maior isolamento térmico, sistemas passivos como o solar térmico para AQS e como opção colocar um sistema de produção de energia eléctrica através por exemplo de sistemas fotovoltaicos ou eólicos. Quando o edifício está em construção é possível ainda optimizá-lo por melhorias propostas na sua DCR com a possibilidade de obter uma classificação melhor, sendo estas opcionais.

No RSECE são focalizados os Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios. No quadro da página seguinte estão sintetizados os procedimentos do RSECE.

Tipologia dos Edifícios		Limites RSECE
Novos	Serviços Grandes	IEE \leq IEE Max (regulamentar)
	Residenciais	Nic $<$ 0,80% Ni, RCCTE Nvc \leq 80% Nv, RCCTE
	Serviços Pequenos	Nic $<$ 0,80% Ni, RCCTE Nvc \leq 80% Nv, RCCTE IEE \leq IEE Max (regulamentar)
Existentes	Serviços Grandes	Se IEE $>$ IEE _{ref} \Rightarrow PRE (Plano de Racionalização de energia)
	Serviços Grandes Reabilitados	IEE \leq IEE Max (regulamentar)
	Serviços Pequenos Reabilitados	Nic $<$ 0,80% Ni, RCCTE Nvc \leq 80% Nv, RCCTE IEE \leq IEE Max (regulamentar)
IEE - Indicador de Eficiência Energética - Kgep/m ² .ano		

O RSECE obriga nos edifícios novos, desde que estes se enquadrem em condições regulamentadas, a utilização de:

- ✓ Equipamentos de climatização e AQS que utilizem fontes de energia renováveis como o solar térmico, aproveitamento de biomassa ou resíduos, energia geotérmica e sistemas autónomos de produção de energia eléctrica (solar térmico/fotovoltaico, solar fotovoltaico, eólico, etc);
- ✓ À ligação dos sistemas de climatização a redes urbanas de distribuição de calor e frio, caso existam;
- ✓ Instalação de sistemas de co-geração;
- ✓ Meios de registo de consumo de sistemas de climatização;
- ✓ Sistemas de Monitorização e Gestão de Energia

6.3. Estatística

Apresentamos neste capítulo alguns dos dados estatísticos disponibilizados pela ADENE – Agência para a Energia, organismo que gere o SCE. Segundo informação da agência foram até agora efectuados cerca de 15000 registos sendo que cerca de 70% se referem a edifícios existentes.

Na figura 53 estão quantificadas em percentagem as classificações dos registos efectuados. Observamos que nos edifícios novos a classificação com mais predominância é a A, enquanto que nos edifícios existentes é a C.

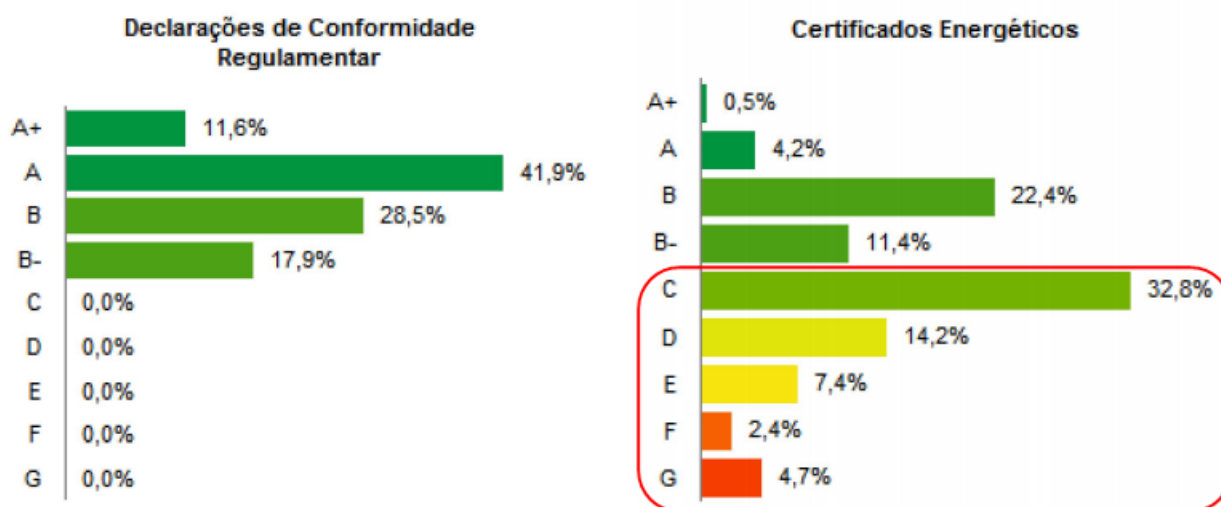


Figura 53 – Registos SCE. Fonte: Adene

A implantação do solar térmico no mercado representa a quase totalidade dos edifícios novos (94%) enquanto nos edifícios existentes a sua predominância é oposta (5%).

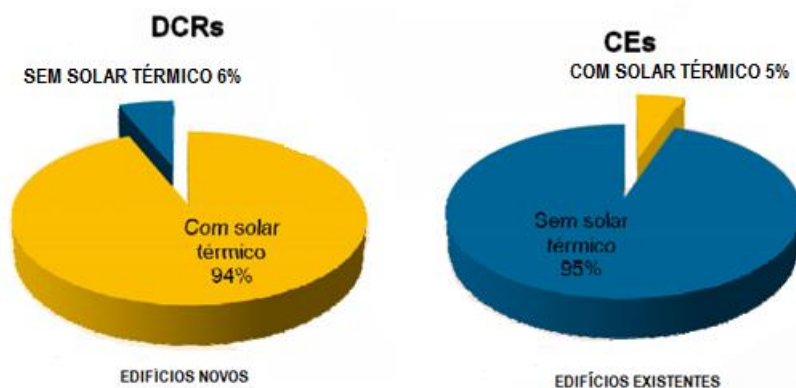


Figura 54 – Implantação do Solar Térmico. Fonte: Adene

Nos gráficos abaixo estão representadas algumas das características dos edifícios retiradas das DCR's. Os valores de U são cerca de 50% dos valores máximos admissíveis à exceção das coberturas da Zona Climática I2. As necessidades nominais para aquecimento estão ainda muito próximas do valor máximo regulamentar, no entanto no caso do arrefecimento e da AQS verificam-se valores abaixo de 50% em relação ao valor máximo regulamentar.

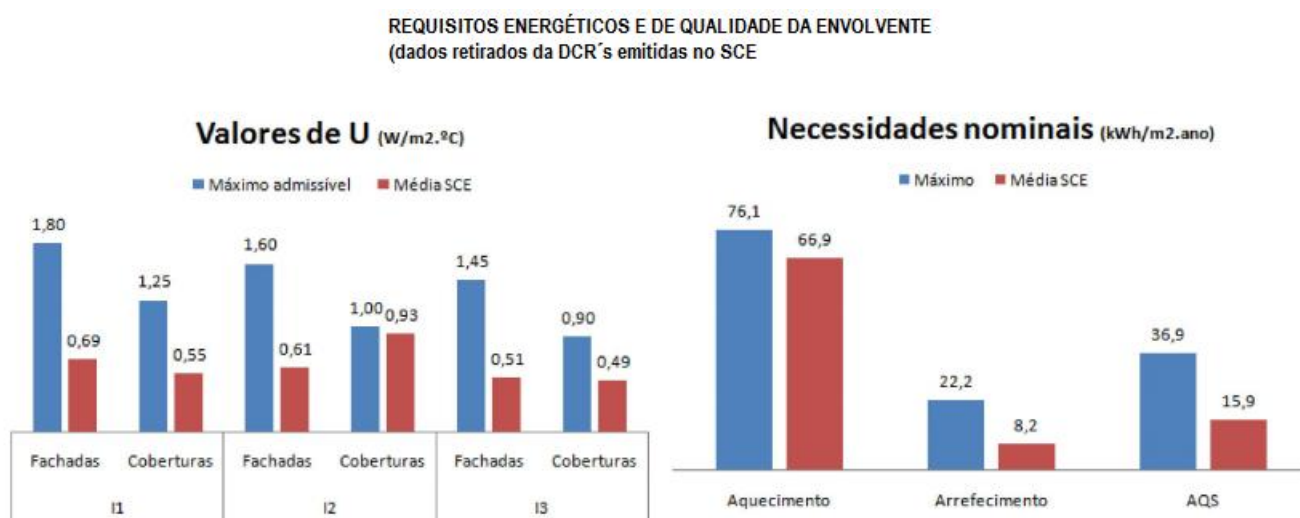


Figura 55 – Valores de U e Necessidades Nominais. Fonte: Adene

6.4. Revisão da Directiva 2002/81/CE - Energy Performance in Buildings Directive

A revisão da directiva 2002/91/CE iniciou-se em 2010 e prevê-se que seja aprovada em 2011. Conforme divulgado pela ADENE perspectivam-se algumas alterações à actual directiva que passamos a destacar:

- ✓ Apresentação da Classe Energética na publicidade;
- ✓ Os requisitos mínimos previstos nos regulamentos devem ser baseados também em critérios de viabilidade económica ao longo do ciclo de vida;
- ✓ Os sistemas técnicos dos edifícios deverão ter requisitos mínimos impostos;
- ✓ A partir de 2020, os novos edifícios deverão estar preparados para consumos de energia quase zero – NZEB (Net Zero Energy Building);
- ✓ Aposta na recuperação do parque de edifícios existente e definir as respectivas metas e planos de recuperação;
- ✓ Prever auditorias periódicas para edifícios com mais de 500 m² a partir de 2012 e com mais de 250 m² a partir de 2017;

A Adene define ainda as principais linhas orientadoras da revisão da directiva, que passamos a descrever:

- ✓ Adaptação às novas exigências introduzidas pela revisão da EPBD;
- ✓ Coerência com outros instrumentos de política europeia;
- ✓ Integração com outros programas, planos e estratégias nacionais;
- ✓ Coerência com a restante legislação e regulamentação nacional;
- ✓ Harmonização dos diplomas legais;
- ✓ Utilização de Normas e outras referências nacionais e internacionais;
- ✓ Evolução planeada dos requisitos e regras regulamentares;
- ✓ Incorporação da informação complementar produzida pelo SCE;
- ✓ Formalização de mecanismos expeditos para clarificação técnica;
- ✓ Utilização da informação do SCE como suporte à decisão;
- ✓ Ter em conta os aspectos patrimoniais e arquitectónicos na reabilitação;
- ✓ Capacidade e formação dos agentes envolvidos;

- ✓ Clarificação das excepções de edifícios à aplicação da legislação;
- ✓ Revisão do actual quadro sancionatório;
- ✓ Envolvimento dos principais parceiros e agentes de mercado;
- ✓ Valorização do conforto nos edifícios, da garantia da qualidade de ar interior e da prevenção da saúde humana.

6.5. NZEB – Edifícios de consumo próximo de zero

Uma das motivações para a reformulação da Directiva 2002/91/CE na comunidade europeia foi a necessidade de relançar o desafio da eficiência energética dos edifícios e definir uma paridade entre os estados membros, de forma a se atingirem metas comuns. Assim foi pré-acordado em 14 de Abril de 2010, que a partir de 2020 todos os edifícios novos terão de ser NZEB - “Near Zero Energy Building”, e a partir de 2018 para os novos edifícios públicos.

Pela leitura dos capítulos anteriores, percebemos que é possível alcançar em Portugal o desenho de edifícios com consumos energéticos perto do zero ou zero. Recordamos algumas das opções:

- ✓ Estratégias bioclimáticas – Optimização dos ganhos solares no Inverno, meios adequados de sombreamento no Verão, uso das características bioclimáticas do local (vegetação, vento, radiação solar,..);
- ✓ Dotação dos edifícios com sistemas passivos de arrefecimento e aquecimento (ventilação natural, geotermia, energia solar térmica para AQS;...);
- ✓ Envolvente isolada;
- ✓ Dotação do edifício com sistemas de iluminação natural;
- ✓ Caso seja necessário os meios activos de climatização deverão ter características de eficiência energética muito elevadas;
- ✓ Equipamentos de aplicação doméstica e outros sistemas deverão ter igualmente eficiência energética muito elevada;
- ✓ Dotação do edifício com meios de produção própria de energia eléctrica (solar fotovoltaico, energia eólica, ...)

No que se refere à climatização e AQS dos edifícios nos Países do Norte da Europa é possível utilizando as estratégias bioclimáticas e sistemas passivos de aquecimento atingirem-se valores quase nulos de necessidades de energia para aquecimento e AQS.

Em Portugal, torna-se mais difícil devido às necessidades de arrefecimento elevadas no Verão. O desenho bioclimático não é suficiente para suprir as necessidades energéticas dos edifícios sem que se considerem sistemas activos de climatização, mas contribuí para diminuir drasticamente para a redução do seu consumo.

Se considerarmos este projecto associado a produção de energia eléctrica pelo edifício será possível atingir o balanço nulo de energia.

No que se refere à implementação desta ideia e sua aceitação pelos diversos sectores envolvidos, está explicado no gráfico da figura 56. Existe por parte do estado a imposição regulamentar que transporta os projectos para um valor máximo de fornecimento de energia. Para chegar desde deste ponto até ao valor zero (origem) será necessário o esforço voluntário por parte dos promotores e projectistas através da aposta em medidas de eficiência energética.

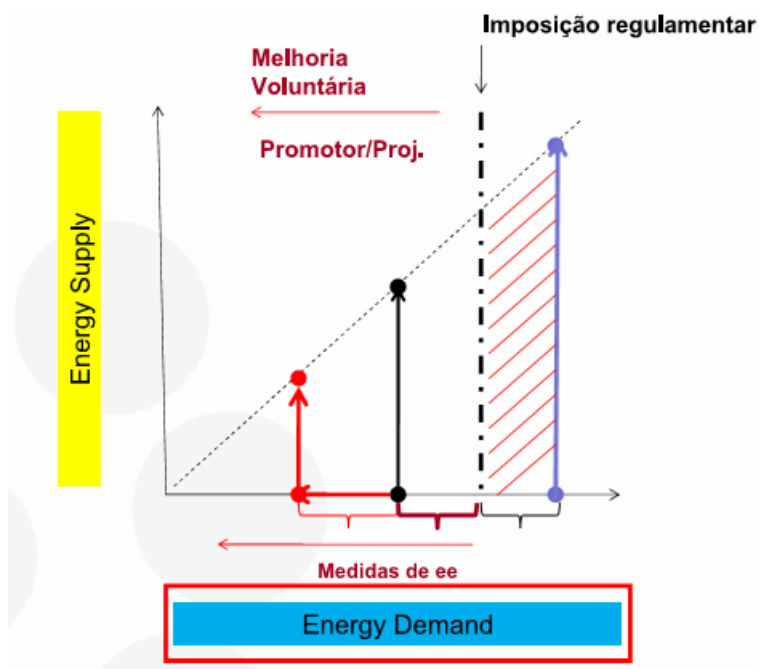


Figura 56 – Fonte LNEG

6.6. EDIFÍCIOS VERDES

A iniciativa “Green Building” é um programa voluntário da Comunidade Europeia e destina-se a edifícios públicos e privados não-residenciais. Esta iniciativa premeia as empresas ou entidades que reduzam o consumo de energia do seu edifício e consequentemente diminuam as emissões de GEE para a atmosfera.

Os Edifícios premiados recebem os prémios em Frankfurt a 13 e 14 de Abril durante a edição da Conferência “Melhoria da Eficiência Energética em Edifícios Comerciais”. As decisões de atribuição dos prémios baseiam-se nas poupanças de energia, nas tecnologias utilizadas e no sector a que pertencem. Os prémios são divulgados em sites europeus e nacionais e as empresas e entidades são publicitadas pelo esforço do investimento. Os prémios Green Building foram lançados em 2005 na sequência do êxito da medida da GreenLight, que se dedica a sistemas de iluminação. A percentagem média de poupança dos edifícios participantes é cerca de 41% de energia primária. A poupança de energia resulta da combinação de várias medidas entre elas a colocação de sistemas mais eficientes de climatização, melhor isolamento da envolvente, iluminação mais eficiente, opção por sistemas passivos como sistemas a energia solar e geotérmica. Nos edifícios novos o investimento em medidas de eficiência energética têm-se fixado em valores não superiores a 10% do investimento total. A maioria dos projectos permitiu realizar poupanças superiores às inicialmente previstas.

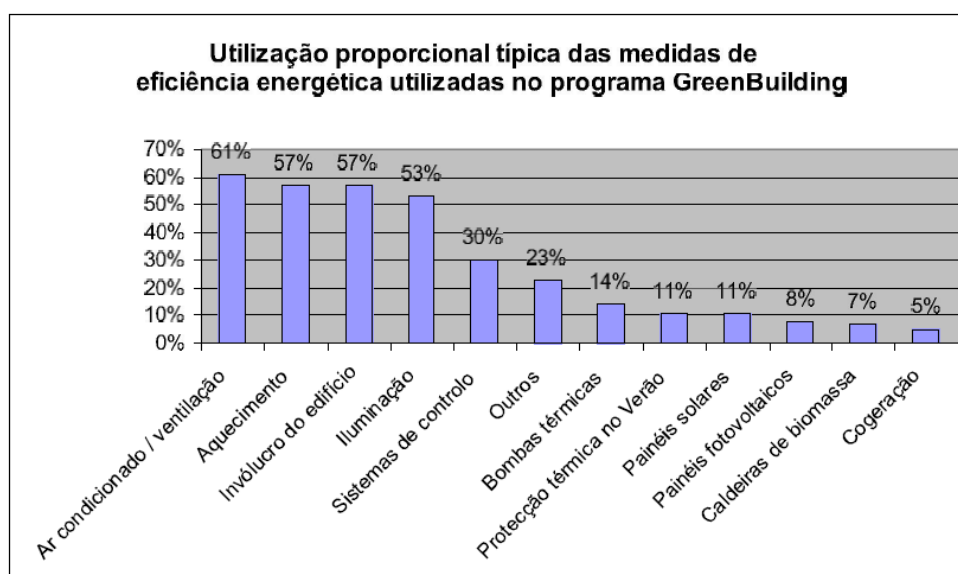


Figura 57 – Fonte: <http://re.irc.ec.europa.eu>

7. Exemplo de Arquitectura Bioclimática em Portugal

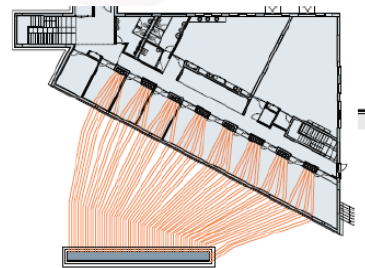
Destacamos neste capítulo um exemplo de Projecto Passivo em Portugal Fonte: LNEG - Helder Gonçalves.



DIFÍCIO SOLAR XXI

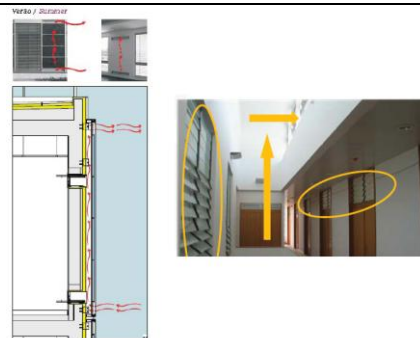
Estratégia de Arrefecimento:

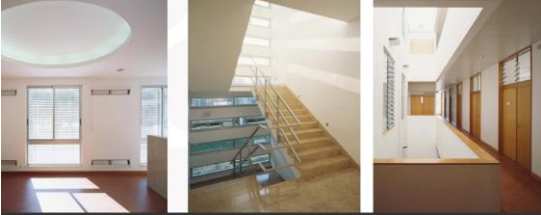
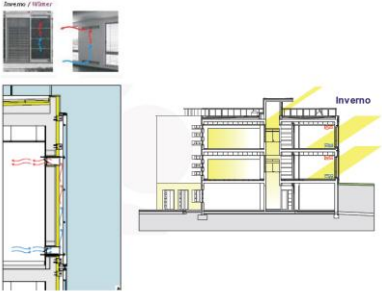

- Sistemas de arrefecimento passivo (permutador de 32 tubos a ar)



Estratégia de Arrefecimento:

- Ventilação Natural transversal e com efeito de chaminé pelo hall central



<ul style="list-style-type: none"> • Iluminação natural através de clarabóia central comum aos 3 Pisos, Vãos distribuídos 	
<p>Estratégia de Aquecimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Recuperação de Calor dos Painéis Fotovoltaicos 	
<p>Integração das Energias Renováveis:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fachada Fotovoltaica no Edifício: 96 m² 12 kwp • Parque de Estacionamento: 6 kwp • Colectores solares para aquecimento auxiliar <p>O sistema fotovoltaico produz 80% da energia consumida pelo edifício, representando cerca de 8 Ton de CO_{2eq} não emitidos para a atmosfera</p> <p>IEE - Indicador de Eficiência Energética – 2.8 Kgep/m².ano -</p>	

Existem já muitos outros exemplos de edifícios passivos em Portugal. Cada vez mais entidades envolvidas na construção e promoção dos edifícios, demonstram conhecer o desenho bioclimático ou eco-design, como o futuro próximo e avançam com soluções que se aproximam de edifícios NZEB.

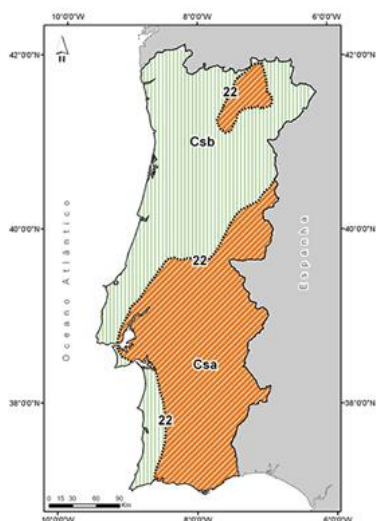
8. EDIFÍCIOS PASSIVOS EM PORTUGAL

Neste capítulo pretendo descrever as estratégias bioclimáticas a aplicar em casas passivas em Portugal e quais as diferenças em relação a uma casa passiva na Europa Central.

Apresento também a otimização do isolamento exterior a aplicar num edifício de habitação e demonstrar qual a sua maior valia na classificação energética do mesmo utilizando o RCCTE.

8.1 Clima

Como já referi no capítulo 5, o clima é determinante no sucesso de um projecto passivo aplicado a um edifício pelo que para explicar estas diferenças há que compreender quais os tipos de clima que caracterizam estas regiões.



O clima em Portugal é caracterizado por ser do tipo *Temperado Mediterrânico com Inverno Suave-Csb* e *Mediterrânico Quente-Csa*, com influência continental.

Nestes climas as estações estão bem definidas. O verão é caracterizado por ser seco e quente no Sul do país e um pouco mais suave e húmido no Centro e Norte.

Os Invernos apresentam-se húmidos e com temperaturas com poucas ocorrências negativas sendo estas mais predominantes no Norte e no Centro do país.

(Na imagem ao lado retirada do IM descreve o Clima de Portugal Continental segundo a classificação de Koppen)

Na Europa Central surgem dois tipos principais de clima: o Clima Temperado Atlântico (Cfb) e o Clima Temperado Frio Continental (Dfb). Estes climas apresentam estações do ano igualmente bem definidas. Nas regiões Cfb as chuvas são abundantes e bem distribuídas ao longo de todo o ano, sendo o Verão bastante fresco e húmido, nas regiões Dfb são caracterizadas por um Inverno rigoroso e seco com temperaturas mais baixas e Verões brandos.

Em relação a Portugal na Europa Central as temperaturas são mais baixas ao longo de todo o ano, com Invernos mais rigorosos e Verões com grande ocorrência de temperaturas próximas do conforto humano.

8.2 Determinação da temperatura interior de conforto

A temperatura interior de conforto é muito importante para determinar as necessidades de arrefecimento e aquecimento de um edifício. As temperaturas interiores de conforto mais baixas no Verão e mais elevadas no Inverno determinam maiores necessidades térmicas num edifício enquanto que as temperaturas interiores de conforto mais elevadas no Verão e mais baixas no Inverno determinam menores necessidades térmicas.

Existem dois tipos de modelos actualmente em uso para a definição destas temperaturas: o modelo de Fanger e o modelo de conforto adaptativo.

8.2.1 Modelo de Fanger – Norma ISO 7730

O modelo de Fanger considera que a definição da temperatura de conforto depende de vários factores podendo classificar-se em dois grandes grupos:

- Factores individuais: metabolismo, tipo de actividade física, vestuário;
- Factores ambientais: temperatura do ar, humidade do ar, temperatura média radiante.

Foram compiladas as opiniões de um grande nº de pessoas (cerca de 1300), em ambiente fechado controlado.

Para a definição da temperatura de conforto a metodologia de cálculo considerou:

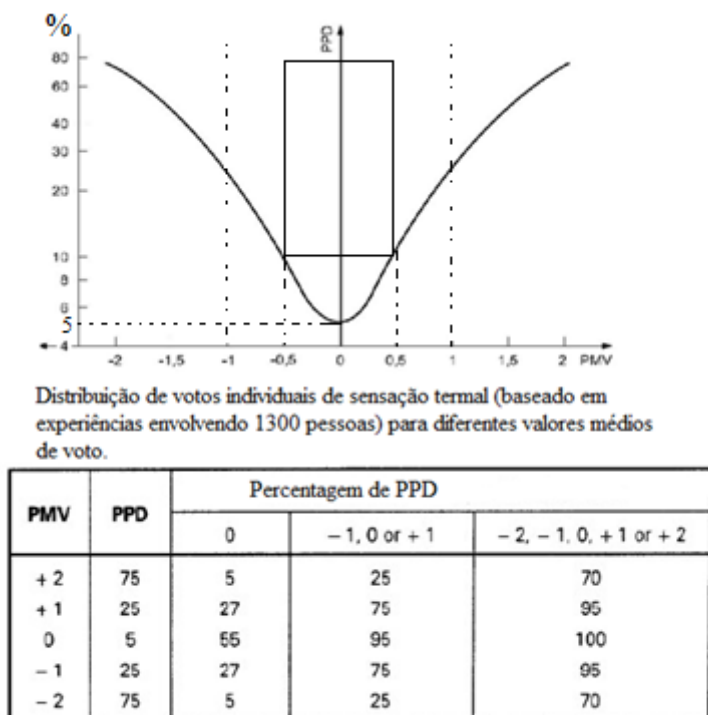
- Quantificação dos parâmetros individuais das pessoas e do ambiente;
- Utilização da equação de conforto onde são colocados os valores dos parâmetros calculados para definição do valor associado à acumulação energética no corpo -S;
- Predicted Mean Vote (PMV): com base no valor S no corpo e no valor do metabolismo determina-se a escala de PMV através de uma correlação;
- Probability of People Dissatisfied (PPD): Percentagem de pessoas insatisfeitas térmicamente. PPD é determinada com base no valor de PMV através de uma correlação.

PMV e PPD formam a base da norma EN/ISO 7730, e permitem estabelecer a relação entre o resultado do balanço energético do corpo e a tendência de insatisfação.

A escala PMV segundo norma está definida da seguinte forma:

ESCALA PMV	DESCRIÇÃO
+3	Insuportavelmente quente
+2	Quente
+1	Ligeiramente quente
0	Neutro
-1	Ligeiramente frio
-2	Frio
-3	Insuportavelmente frio

A relação entre PMV e PPD está representada na tabela e quadro da figura abaixo.



$$PPD = 100 - 95 \times e^{(-0.03353 \times PMV^4 - 0.2179 \times PMV^2)}$$

Figura nº 58 - PPD em função de PMV-Fonte Passive –On Project

Considerando a norma quem vota fora dos 3 pontos centrais desta escala (-1,0,+1) está insatisfeito com o ambiente.

Observando esta tabela e o gráfico verifica-se que independentemente das condições ambientais existe sempre uma percentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente correspondendo a 5%, mesmo quando o seu valor de voto é zero.

Baseado nesta caracterização de conforto térmico, a ISO-7730 admite serem aceitáveis ambientes térmicos em que $-0.5 < PMV < 0.5$, ou seja, em que não mais de 10% dos ocupantes se mostrem descontentes.

A norma ISO 7730-2005 admite que adicionalmente aos valores recomendados de PMV e PPD o aumento da velocidade do ar deve ser considerado como um factor de arrefecimento por contrariar a sensação de aquecimento causada pelo aumento da temperatura no Verão. Assim a temperatura de conforto pode ser superior ao nível de conforto admitido pela norma desde que acompanhada de um aumento da velocidade do ar.

O gráfico da figura mostra o valor da temperatura que pode ser aumentada. Este benefício está dependente do tipo de roupa, da actividade e a diferença entre a temperatura do binómio roupa/pele e a temperatura do ar.

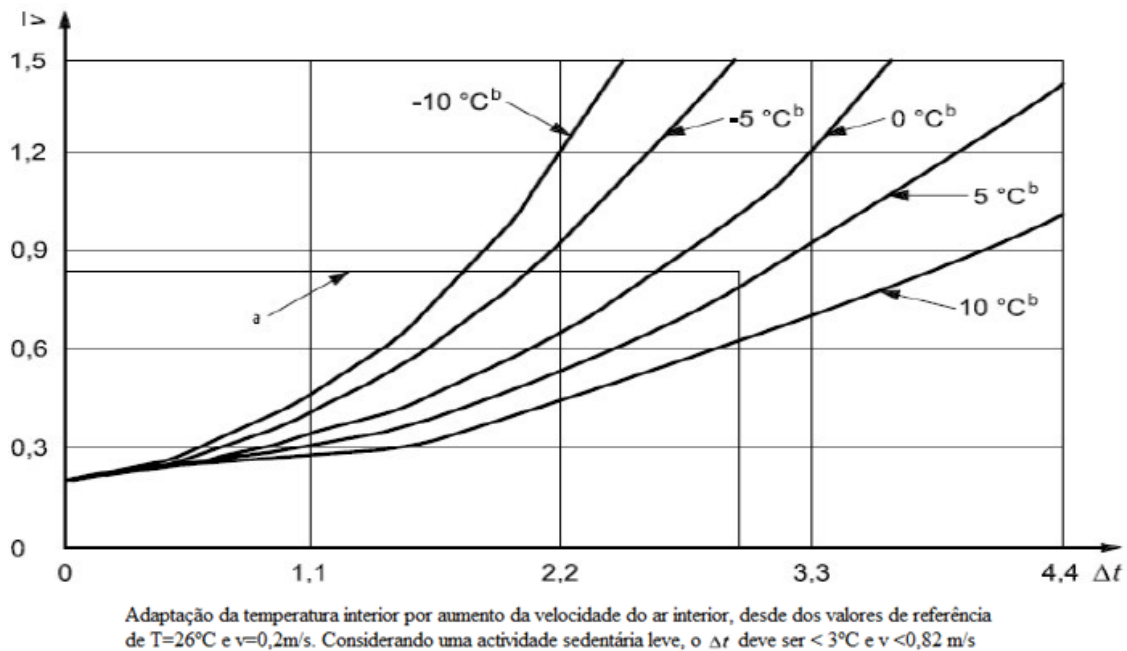


Figura nº 59 - Fonte Passive –On Project

Legenda:

v mean air velocity, [m/s]

a Limite para a actividade leve, sedentária

b $(t_r - t_a)$ $^{\circ}\text{C}$ (t_a , temperatura do ar- $^{\circ}\text{C}$; t_r , temperatura media radiante- $^{\circ}\text{C}$)

Considerando o cálculo PMV para uma temperatura de referência de 26°C e uma velocidade do ar $v = 0,2\text{ m/s}$, a temperatura interior poderá chegar aos 29°C considerando uma a actividade a que nos dá uma velocidade do ar $v = 0,82\text{ m/s}$, para o mesmo nível de conforto.

O modelo de Fanger contém alguns aspectos que o fragiliza, como:

- Os valores de PMV-PPD são obtidos numa câmara fechada controlada onde a transferência de calor entre o sujeito e o ambiente está estabilizada e as observações são feitas após 3 horas em condições constantes;
- Inicialmente o valor considerado do isolamento da roupa era um valor constante, actualmente a nova versão da ISO 7730 admite que o movimento do corpo humano, a actividade, a ventilação reduz o isolamento da roupa.
- O modelo de Fanger assume condições que serão difíceis de adaptar a um projecto real como:
 - Assume o tipo de roupa que os ocupantes do edifício vão utilizar;
 - Assume o tipo de actividade que os ocupantes vão ter (por vezes é possível no mesmo espaço coexistirem diversos tipos de actividade);
 - Assume que o edifício terá condições semelhantes às da câmara.

Por estas razões, este modelo apresenta-se mais adequado a edifícios com condições internas controladas e meios mecânicos de ar condicionado.

No caso de edifícios sem meios mecânicos de ar condicionado em que a sua climatização é realizada através de ventilação passiva, em que é utilizada uma rede de escoamento do ar. Este sistema considera a abertura e fecho das janelas ou portas manualmente ou através de um controlador com sensores de temperatura que permite controlar a sua abertura ou fecho.

Nestas condições a definição da temperatura interior de conforto depende fortemente da temperatura exterior. Surge então o modelo de conforto adaptativo.

8.2.2 Modelo de Conforto Adaptivo- EN 15251 – 2007

Este modelo está vocacionado para cálculo de temperaturas de conforto interior para edifícios sem meios mecânicos de ar condicionado em que a relação da temperatura interior com a temperatura exterior apresenta uma relação quase linear.

As temperaturas exteriores consideradas são temperaturas médias mensais que ocorreram no passado. Devido a variações que ocorrem em períodos menores do que um mês a teoria adaptativa propõe as seguintes fórmulas:

$$T_{im} = (1 - \alpha) \cdot \{T_{od-1} + \alpha \cdot T_{od-2} + \alpha^2 T_{od-3} \dots\} \quad (1)$$

T_{od-1} Temperatura exterior média do dia anterior

T_{od-2} Temperatura exterior média do dia anterior-1

α Constante entre 0 e 1 que define a velocidade a que a média operativa responde à temperatura exterior

$${}_n T_{im} = (1 - \alpha) \cdot T_{od-1} + \alpha \cdot {}_{n-1} T_{im} \quad (2)$$

${}_n T_{im}$ Temperatura média exterior para o dia n

${}_{n-1} T_{im}$ Temperatura média exterior para o dia anterior

A fórmula 2 é a simplificação da fórmula 1 que permite o cálculo para um determinado dia n . A norma EN 15251 – 2007 considera esta metodologia para definir as temperaturas operativas médias exteriores.

O gráfico abaixo apresenta a diferença entre o modelo de Fanger e o modelo Adaptativo em edifícios sem meios de climatização. Por exemplo para uma temperatura média exterior de 10°C o modelo adaptativo considera uma temperatura interior de conforto de 21 °C e no modelo PMV aproximadamente 23°C

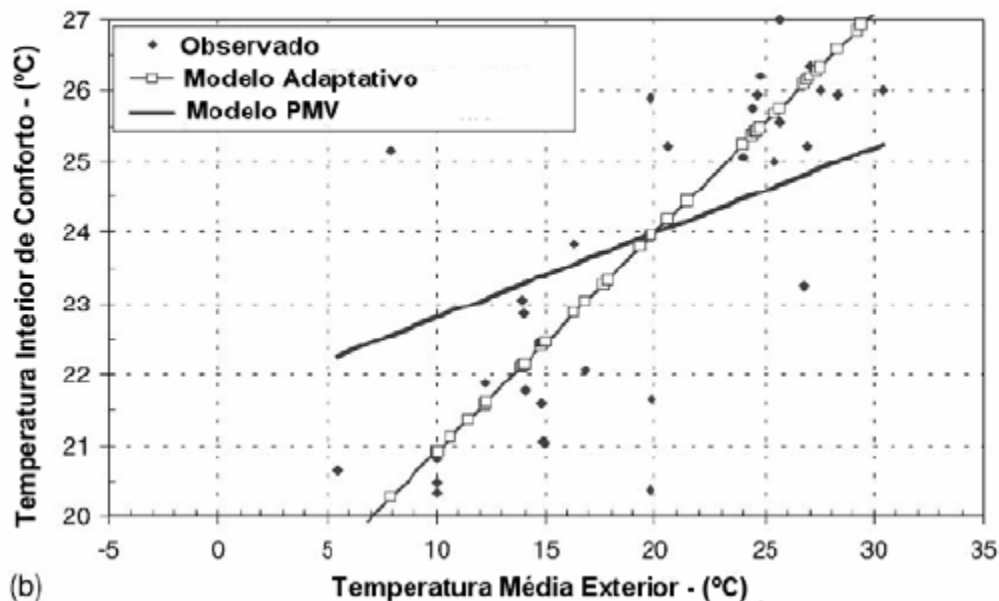


Figura 60 - Diferença entre as temperaturas considerando o modelo PMVe e o modelo Adaptativo – Fonte Passive-on Project

A ISO 7730 de 2005 incorpora a ideia que os ocupantes de edifícios sem meios mecânicos de climatização, na estação de arrefecimento podem influenciar directamente a temperatura interna do edifício através da abertura e fecho de janelas.

Outra assumpção é que na estação de arrefecimento os ocupantes de edifícios naturalmente climatizados aceitam temperaturas superiores do que as temperaturas definidas pelo modelo PMV.

O projecto passivo considera a aplicação de programas de simulação dinâmica para cálculos das cargas térmicas do edifício e definição das temperaturas interiores de conforto muito importantes para o sucesso do projecto e o cálculo adequados das necessidades térmicas do edifício, considerando o modelo Adaptativo descrito no Anexo A.2 da norma EN 15251. No caso de aplicação de um sistema activo deve-se considerar o modelo de Fanger.

Conforme descrito no projecto Passive-on a aplicação do algoritmo adaptativo definido na norma EN 15251 a ficheiros meteorológicos típicos anuais permitiu prever as temperaturas de Verão neutras máximas (em correspondência com uma sequência de dias quentes) para Franqueforte, Milão, Lisboa e Sevilha respectivamente 26.1°C, 27.2°C, 26.7°C e 28.7°C. Em comparação, um edifício arrefecido com um sistema activo, a banda das temperaturas de referência escolhida esteve entre os 23°C e 26°C.

O modelo Adaptativo permite cálculos de necessidades térmicas menores que o modelo de Fanger, e respectivamente os projectos passivos admitem temperaturas interiores mais baixas no Inverno e temperaturas mais elevadas no Verão.

Para a estação de aquecimento, conforme apresentado na norma, não é possível extrapolar os valores dos limites de conforto interior para temperaturas médias mensais exteriores inferiores a 10 °C., ou seja o valor do limite inferior de conforto para a temperatura exterior é de 10 °C.

Definição do modelo de Temperaturas de Conforto interior em Função do tipo de Projecto:

Modelo	Projecto
EN 15251 (Modelo de Fanger) Temperatura Interior na estação de aquecimento: Temperatura Interior na estação de arrefecimento:	Meios Mecânicos de Climatização >20°C <25°C
EN 15251-Anexo A2 (Modelo de Conforto Adaptativo) Temperatura Interior na estação de aquecimento / arrefecimento	Aquecimento/Arrefecimento por meios Passivos Valores definidos por software de simulação dinâmica conforme a Norma de Conforto Adaptativo para um conjunto de temperaturas interiores para todos os meses do ano por espaços interiores considerando as temperaturas exteriores médias dentro dos limites impostos pela norma.

8.3 Projecto Passivo na Europa Central e em Portugal em Edifícios Residenciais

A aplicação de um projecto passivo na Europa Central apresenta estratégias bem definidas. Estas são essencialmente:

- Inverno:
 - Bom isolamento da envolvente do edifício (exterior) associado a inércia térmica forte;
 - Superfícies envidraçadas com baixos coeficientes de transmissão térmica;
 - Boa estanquicidade do edifício;
 - Aproveitamento de ganhos solares através de superfícies envidraçadas orientadas a Sul
 - Uso de aquecimento através de sistemas de recuperação de calor com eventual apoio bomba de calor geotérmica.
- Verão:
 - Ventilação transversal associada a sistemas de recuperação de calor com eventual apoio de bomba geotérmica.

Adicionalmente a estas estratégias são ainda considerados os seguintes sistemas:

- Utilização de colectores solares térmicos para produção de AQS
- Utilização de painéis foto voltaicos ou moinhos eólicos para produção de energia eléctrica (microgeração);
- Utilização de sistemas de iluminação de baixo consumo (balastos electrónicos);

- Equipamentos da casa com classe de eficiência energética elevada;

Todos estes sistemas serão considerados e contribuem para a redução do consumo total de energia primária do edifício para aquecimento, arrefecimento, AQS, consumo com a iluminação e equipamentos eléctricos. No quadro abaixo estão discriminadas as estratégias bioclimáticas aplicadas na Europa Central e aquelas que mais se adequam a Portugal.

ESTRATÉGIA BIOCLIMÁTICA	EUROPA CENTRAL	PORTUGAL
Inverno		
<i>Isolamento</i>	O isolamento da envolvente é fulcral para restringir as perdas por condução no Inverno e os ganhos por condução no Verão, embora nestes países o maior prejuízo suceda no Inverno. Obrigatório o isolamento exterior de toda a envolvente com valores de U muito baixos de forma a garantir as menores perdas possíveis no Inverno. As superfícies envidraçadas deverão igualmente garantir um elevado isolamento térmico e acústico. Nestes países é vulgar a utilização de vidros triplos.	O projecto passivo em Portugal deverá igualmente considerar o isolamento da envolvente embora os valores de U não deverão ser tão exigentes como nos países da Europa Central para garantir valores de Aquecimento óptimos. Da mesma forma se deve dar atenção às superfícies envidraçadas embora também com um grau de exigência adequado.
<i>Estanquicidade</i>	A estanquicidade do edifício é muito importante para manter a qualidade do ar interior e evitar perdas de calor no Inverno através da ventilação. O projecto passivo nestes países assenta normalmente num sistema activo de ventilação mecânica para o aquecimento associado a sistemas de recuperação de calor geotérmico e o arrefecimento através de ventilação cruzada.	Igualmente mantêm-se as mesmas preocupações de cumprimento de estanquicidade dos edifícios embora a exigência possa ser menor para o aquecimento no sentido de manter os valores mínimos de Aquecimento. Por outro lado as exigências para Arrefecimento são superiores.
<i>Ganhos solares orientados a Sul</i>	Ganhos solares directos por utilização de superfícies envidraçadas; ganhos solares indirectos por paredes de Trombe, Armazenamento ou por Colunas de Água; ganhos isolados através de Estufas ou colectores de ar. Estes ganhos solares aproveitam a orientação da radiação solar no Inverno para dotar o edifício de ganhos de aquecimento.	Os ganhos solares propostos são idênticos aos propostos no edifícios da Europa Central, sendo o objectivo o mesmo.
<i>Aquecimento Passivo</i>	Meios de aquecimento passivo: Geotermia associada a sistemas de recuperação de calor. Nestes países o aquecimento é preponderante. A temperatura na terra é constante (aprox.:15°C) enquanto que no exterior as temperaturas são maioritariamente negativas.	A estratégia é idêntica para Portugal. Sistemas de recuperação de calor associados a sistemas geotérmicos..



Verão		
<i>Ventilação transversal mecânica e passiva</i>	A ventilação transversal mecânica ou passiva será suficiente para promover o arrefecimento dos edifícios pois nestes países as temperaturas no Verão raramente atingem temperaturas muito elevadas.	Igualmente a ventilação transversal mecânica ou passiva é uma estratégia bioclimática importante a considerar no Verão. Caso não seja suficiente para cumprir as necessidades de arrefecimento deve ser apoiada por sistemas passivos como por exemplo o arrefecimento Geotérmico. Deverão também ser considerados meios de sombreamento a sul através de palas e estores.
REQUISITOS MÍNIMOS	EUROPA CENTRAL	PORTUGAL
<i>Necessidades Anuais de Aquecimento</i> (Kwh/m2.ano)	<15	<15
<i>Ganhos térmicos internos</i> (W/m2)	< 10	< 10
<i>Necessidades anuais de arrefecimento</i> (Kwh/m2.ano)	-	<15
<i>Necessidades anuais Totais de Energia Primária do Edifício</i> (Aquecimento/Arrefecimento/Aqs/Iluminação/Equipamentos Eléctricos) (Kwh/m2.ano)	<120	<120
<i>Estanquicidade (Rph) Edifícios com ventilação mecânica</i>	A norma Passivhaus obriga a cumprir em edifícios com ventilação mecânica o teste de pressurização (50 Pa), de acordo com a norma EN 13829, que não pode ultrapassar mais de 0.6 renovações por hora.	O projecto Passive-on propõe cumprir em edifícios com ventilação mecânica o teste de pressurização (50 Pa), de acordo com a norma EN 13829, que não pode ultrapassar mais de 0.6 renovações por hora, `a excepção de localizações com condições de projecto com temperaturas acima de 0 °C em que o teste de pressurização não deve ultrapassar um limite de 1.0 renovações por hora.
<i>Temperatura interior no Inverno (°C)</i>	A temperatura operativa dos espaços pode ser mantida acima dos 20 °C no inverno, utilizando os consumos de energia referenciados.	A temperatura operativa dos espaços deve ser mantida acima dos 20 °C no inverno, utilizando os consumos de energia referenciados.
<i>Temperatura interior no Verão (°C)</i>	Não é definida	Considera-se o modelo Adaptativo no Anexo A.2 -Norma EN 15251
<i>Cálculo dos consumos Energéticos</i>	Software Pacote de Planeamento de Casa Passiva (PHPP)	Os sistemas passivos em Portugal terão de ser sujeitos a regulamentação pelas entidades próprias onde serão definidos os respectivos softwares. Neste momento os regulamentos aplicáveis são o RCCTE o RSECE





Basicamente a adaptação de um projecto bioclimático para Portugal assenta nas seguintes diferenças em relação a um projecto para a Europa Central:




- **Ventilação Mecânica:** Caso o edifício considere um sistema de ventilação mecânica a aplicação da norma EN 13289 deverá ser mais exigente nos países da Europa Central do que em Portugal devido principalmente às perdas no Inverno.
- **Necessidades anuais de arrefecimento (Kwh/m2.ano):** O projecto passivo na Europa Central não considera o requisito das necessidades anuais de arrefecimento em edifícios residenciais.
- **Temperatura interior no Verão (°C):** Igualmente esta temperatura não é considerada num projecto passivo residencial na Europa.

8.4 Estratégias de Eco-design em Portugal

No quadro seguinte estão discriminadas as estratégias bioclimáticas ou Eco-Design em Edifícios Passivos em Portugal em função das zonas climáticas.

ESTRATÉGIAS DE ECO-DESIGN	ZONAS CLIMÁTICAS
<p>Esta zona climática é caracterizada por climas amenos com influência marítima (amplitudes térmicas menores).</p> <p>Estratégias de Inverno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Estanquicidade do edifício; • Promover os ganhos solares a Sul • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) <p>Estratégias de Verão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Aplicação dos meios de sombreamento das zonas a Sul • Ventilação Transversal 	<p>I1 V1</p> 
<p>Esta zona climática é caracterizada por Verões quentes e Invernos amenos. A influência marítima leva a que as amplitudes térmicas sejam menores.</p> <p>Estratégias de Inverno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Estanquicidade do edifício; • Promover os ganhos solares a Sul • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) <p>Estratégias de Verão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Aplicação dos meios de sombreamento das zonas a Sul • Aplicação de meios passivos de arrefecimento: Geotermia; • Ventilação Transversal • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) 	<p>I1 V2</p> 

ESTRATÉGIAS DE ECO-DESIGN	ZONAS CLIMÁTICAS
<p>Esta zona climática é caracterizada por Verões quentes e Invernos mais frios. Sendo uma zona continental as amplitudes térmicas são maiores.</p> <p>Estratégias de Inverno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Estanquicidade do edifício; • Promover os ganhos solares a Sul • Inércia térmica forte(associada a isolamento exterior) <p>Estratégias de Verão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Aplicação dos meios de sombreamento das zonas a Sul • Aplicação de meios passivos de arrefecimento: Geotermia; • Ventilação Transversal e evaporativa • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) 	<p>I1 V3</p> 
<p>Esta zona climática é caracterizada por Verões menos quentes e Invernos mais frios. Sendo uma zona com influência marítima as amplitudes térmicas são menores.</p> <p>Estratégias de Inverno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Estanquicidade do edifício; • Promover os ganhos solares a Sul • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) <p>Estratégias de Verão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Aplicação dos meios de sombreamento das zonas a Sul • Aplicação de meios passivos de arrefecimento: Geotermia; • Ventilação Transversal • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) 	<p>I2 V1</p> 
<p>Esta zona climática é caracterizada por Verões menos quentes e Invernos mais frios. Sendo uma zona com influência continental as amplitudes térmicas são maiores.</p> <p>Estratégias de Inverno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Estanquicidade do edifício; • Promover os ganhos solares a Sul • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) <p>Estratégias de Verão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Aplicação dos meios de sombreamento das zonas a Sul • Aplicação de meios passivos de arrefecimento: Geotermia; • Ventilação Transversal e evaporativa. • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) 	<p>I2 V2</p> 
<p>Esta zona climática é caracterizada por Verões quentes e Invernos mais frios. O Verão neste tipo de clima é mais agressivo que o Inverno. Sendo uma zona com influência continental as amplitudes térmicas são maiores.</p> <p>Estratégias de Inverno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Estanquicidade do edifício; • Promover os ganhos solares a Sul • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) <p>Estratégias de Verão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Aplicação dos meios de sombreamento das zonas a Sul • Aplicação de meios passivos de arrefecimento: Geotermia; • Ventilação Transversal e evaporativa. • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) 	<p>I2 V3</p> 

ESTRATÉGIAS DE ECO-DESIGN	ZONAS CLIMÁTICAS
<p>Esta zona climática é caracterizada por Verões quentes e Invernos muito frios. Sendo uma zona com influência continental as amplitudes térmicas são maiores.</p> <p>Estratégias de Inverno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Estanquicidade do edifício; • Promover os ganhos solares a Sul • Inércia térmica forte(associada a isolamento exterior) <p>Estratégias de Verão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Aplicação dos meios de sombreamento das zonas a Sul • Aplicação de meios passivos de arrefecimento: Geotermia; • Ventilação Transversal e evaporativa. • Inércia térmica forte(associada a isolamento exterior) 	<p>I3 V1</p> 
<p>Esta zona climática é caracterizada por Verões quentes e Invernos muito frios. Sendo uma zona com influência continental as amplitudes térmicas são maiores.</p> <p>Estratégias de Inverno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Estanquicidade do edifício; • Promover os ganhos solares a Sul • Inércia térmica forte(associada a isolamento exterior) <p>Estratégias de Verão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Aplicação dos meios de sombreamento das zonas a Sul • Aplicação de meios passivos de arrefecimento: Geotermia; • Ventilação Transversal e evaporativa. • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) 	<p>I3 V2</p> 
<p>Esta zona climática é caracterizada por Verões quentes e Invernos muito frios. Sendo uma zona com influência continental as amplitudes térmicas são maiores.</p> <p>Estratégias de Inverno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Estanquicidade do edifício; • Promover os ganhos solares a Sul • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) <p>Estratégias de Verão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Isolamento da Envolvente; • Aplicação dos meios de sombreamento das zonas a Sul • Aplicação de meios passivos de arrefecimento: Geotermia; • Ventilação Transversal e evaporativa. • Inércia térmica forte (associada a isolamento exterior) 	<p>I3 V3</p> 

O desenho de um edifício passivo consegue-se através da conjugação de várias estratégias de Eco-Design. O consumo total primário calculado englobará não só o necessário para o aquecimento, arrefecimento e AQS mas também a iluminação e outros equipamentos eléctricos. Eventualmente a solução para colmatar o consumo de energia por sistemas de climatização activos ou de outros equipamentos passará pela utilização de produção de energia eléctrica através sistemas de energia renovável como os painéis foto voltaicos ou energia eólica (microgeração).

8.4.1 Exemplos de estratégias de Eco-Design:

Apresento alguns exemplos de estratégias de Eco-Design. Os exemplos abaixo foram retirados do projecto “Natura Towers” da empresa MSF, sito em Lisboa.

As fachadas dos Edifícios são de dupla fachada constituída por vãos de vidro duplo encaixilhado no interior, caixa de ar com ventilação controlada por registos mecanizados e uma fachada cortina com vidros com transmissão luminosa de 65%, absorção energética de 42% e reflexão luminosa de 10%.

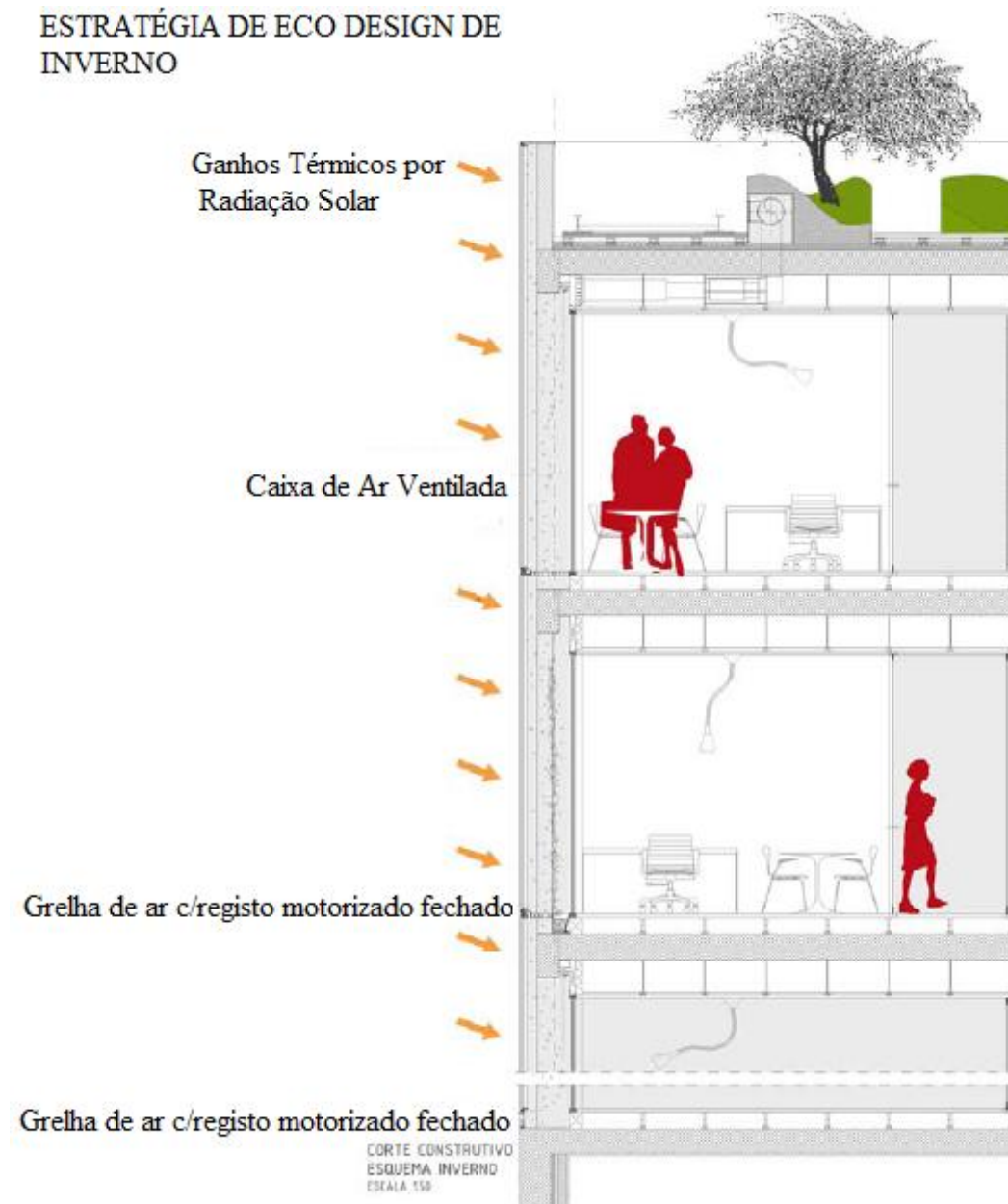


Figura 61 - Fonte “Natura Towers” da empresa MSF

No Inverno os ganhos solares são indirectos através das superfícies envidraçadas por caixa de ar e transmissão por condução de calor para os materiais pesados do edifício. Esta estratégia associada à capacidade de inércia térmica da construção permite o aquecimento dos espaços.

ESTRATÉGIA DE ECO-DESIGN DE VERÃO

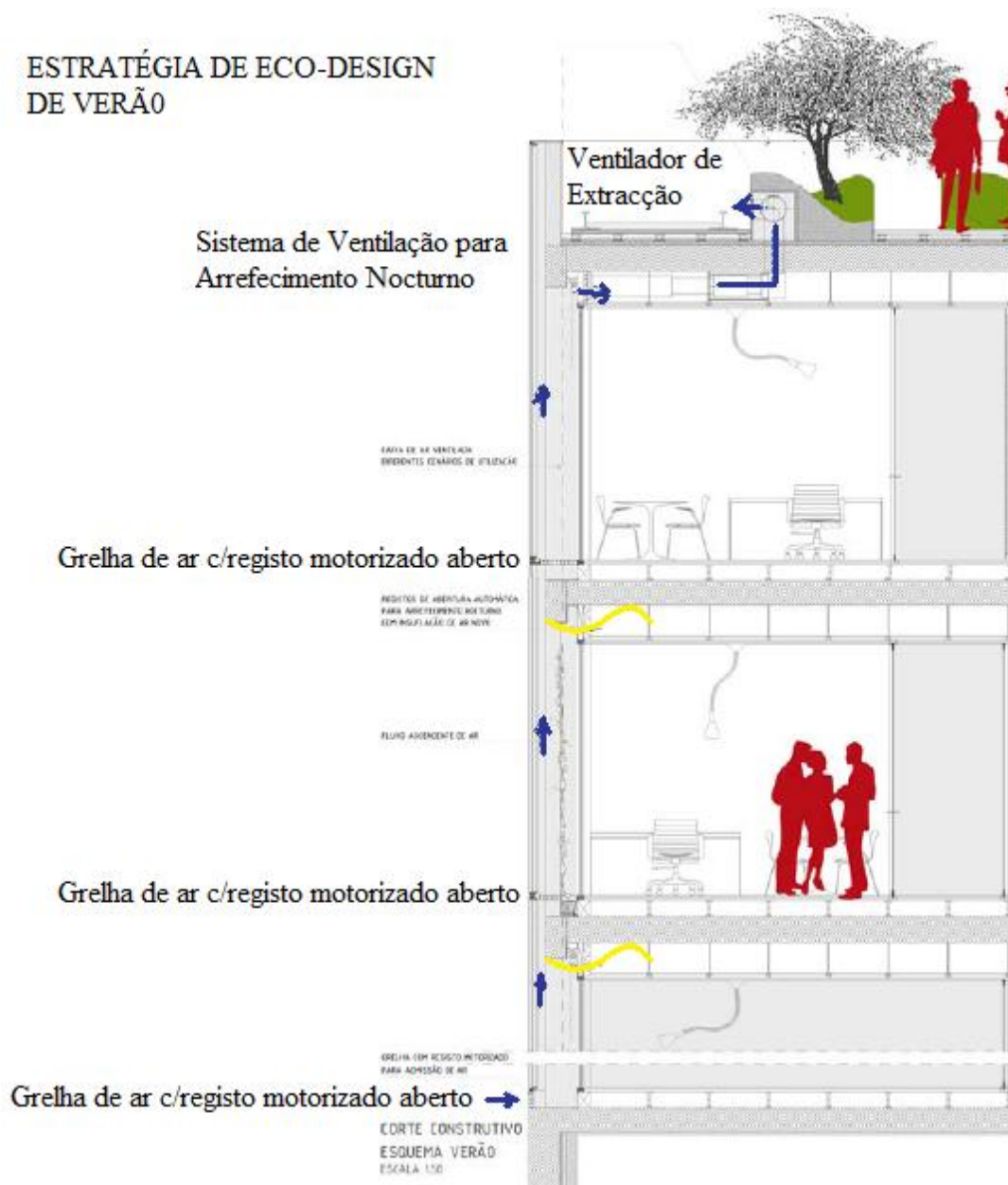


Figura 62 - Fonte “Natura Towers” da empresa MSF

No Verão a estratégia será promover o arrefecimento nocturno através da caixa de ar fazendo passar por esta o ar exterior auxiliado por um ventilador de extracção. A fachada ao ser arrefecida contribui para a migração de ganhos solares por condução, acumulados nos materiais pesados do edifício para a mesma sendo estes também retirados. Aplica-se nesta estratégia a conjugação da medida “inércia térmica” com a medida “ventilação natural, porque permite que o calor acumulado no edifício seja libertado durante a noite e, pela conjugação descrita, seja restabelecida a capacidade de acumular e absorver o calor excessivo durante o dia seguinte, mantendo o ambiente interior confortável. É possível evitar, deste modo, a saturação da inércia térmica disponível por acumulação de calor. Este ciclo confere durante o Verão, o conforto que se deseja nos espaços interiores.

ESTRATÉGIA DE ECO - DESIGN - FACHADA VEGETAL



Figura 63 - Fonte “Natura Towers” da empresa MSF

O revestimento vegetal é composto por chapas de aço galvanizado, preenchidas com uma camada de terra com feltro geotêxtil onde são colocadas as plantas adequadas. O sistema de rega é feito por gota a gota. A água de rega é aproveitada (águas pluviais).

Esta estratégia tem a vantagem de na área de fachada que ocupa a transmissão térmica ser nula.

ESTRATÉGIA DE ECO-DESIGN - PAINÉIS FOTOVOLTAICOS E COLECTORES SOLARES TÉRMICOS



Figura 64 - Fonte “Natura Towers” da empresa MSF

Esta estratégia considera a colocação de painéis foto voltaicos para produção de energia eléctrica, na fachada e colectores solares térmicos para produção de Água Quente Sanitárias, na cobertura. O sistema foto voltaico garante cerca de 20% da iluminação eléctrica dos edifícios e as necessidades de AQS são garantidas a 100%.

8.4.2 Projecto da Casa Passiva Portuguesa

O projecto da Casa Passiva Portuguesa está enquadrado no projecto Passive-On.

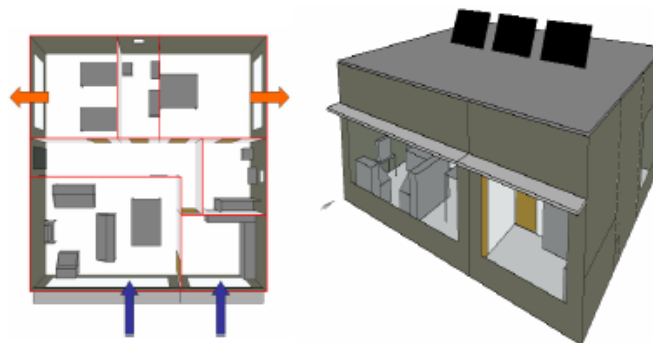


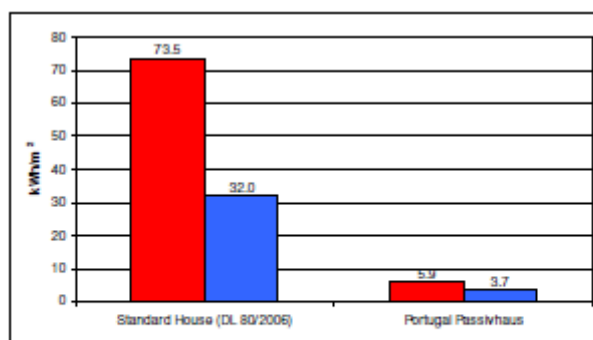
Figura 65 - Fonte Passive.On Project

Características construtivas	Descrição
Área Útil	110 m ²
Coeficientes térmicos: Cobertura	0,23 W/m ² .k
Coeficientes térmicos Paredes Exteriores	0,32 W/m ² .K
Vidros Duplos de baixa emissividade	1,9 W/m ² .k
Infiltração do ar	0,8 Rph a 50 Pa
Estratégias de Inverno	<ul style="list-style-type: none"> • Inércia Térmica Forte • Ganhos solares directos através de grandes áreas envidraçadas a Sul (60% dos envidraçados totais da casa) • Utilização de colectores solares térmicos para AQS e Aquecimento por Pavimento Radiante • Isolamento Térmico da Envolvente (interior na caixa de ar)
Estratégias de Verão	<ul style="list-style-type: none"> • Protecção das superfícies envidraçadas através de Palas e Estores Venezianos Exteriores • Ventilação cruzada nocturna
Requisitos: Necessidades Anuais de Aquecimento (Kwh/m ² .ano) Ganhos térmicos internos(W/m ²) Necessidades Anuais de Arrefecimento (Kwh/m ² .ano) Energia Fornecida pelos Colect.Solares (Kwh/m ² .ano) Necessidades Anuais de Aquecimento considerando os Colectores Solares (Kwh/m ² .ano) Necessidades Totais Anuais (Kwh/m ² .ano)	<ul style="list-style-type: none"> • 16,9 • <=10 • 3,7 < 15(Passive-On)<32(RCCTE) • 11 • 5,9< 15(Passive-On)<73,5(RCCTE) • 9,6
Custo extra do projecto passivo	57 €/m ²
Período de retorno do investimento	12 anos
Temperatura de conforto interior com sistema de arrefecimento activo	Índice de Conforto de Fanger de 811
Temperatura de conforto interior sem sistemas de arrefecimento activo	Índice de Conforto Adaptativo (AI2) 16 (ASHRAE 55) – A temperatura resultante é mantida abaixo de 25°C durante 71% do tempo de ocupação e abaixo de 28°C em 98% do tempo ocupado. Se não estiver prevista a instalação de um sistema activo de arrefecimento, a dimensão das janelas e o isolamento das paredes deve ser reduzido (apesar de esta solução poder aumentar as necessidades de aquecimento). Durante o inverno, está em funcionamento o sistema de aquecimento com uma potência de 10 W/m ² , onde a temperatura resultante está abaixo de 19.5°C somente em 8% do tempo (a mais baixa temperatura resultante obtida é 18°C)

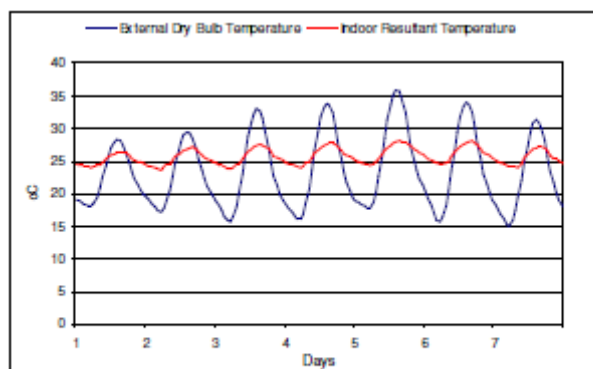
Este projecto demonstra que é possível manter os limites de conforto interior e as necessidades energéticas de um edifício com estratégias passivas enquadradas no clima em que o edifício se encontra.

Nos quadros da figura estão representados os valores mais significativos deste projecto. Aplicando a este edifício o actual regulamento do RCCTE verifica-se que os valores de Nic/Nvc máximos aceites pelo regulamento são muito superiores aos calculados considerando as estratégias passivas para este edifício, ou seja, é possível baixar muito consideravelmente o seu consumo energético.

Verifica-se também que a temperatura interior observada durante uma semana muito quente através da simulação dinâmica considerando a norma de conforto adaptativo manteve-se entre a faixa de 25°C a menos de 28°C. Estes valores são aceitáveis considerando os limites do conforto adaptativo e as estratégias de arrefecimento passivas consideradas.



Estimativa das necessidades anuais de aquecimento (vermelho) e de arrefecimento (azul) para uma casa típica e uma casa Passivhaus



Temperatura resultante durante uma semana de muito calor, sem um sistema activo de arrefecimento

Figura - 66 - Fonte Passive.On Project

8.5 Isolamento Exterior da Envolvente

Uma das estratégias mais comuns a aplicar em Edifícios Passivos em Portugal é o isolamento exterior da envolvente.

O isolamento da envolvente no caso das fachadas exteriores poderá ser feito no exterior, no interior ou

intermédio no caso de paredes duplas ocupando na totalidade ou parcialmente o espaço da caixa de ar. Embora em Portugal seja ainda mais vulgar a aplicação intermédia, já é possível observar principalmente nos projectos mais recentes, a opção pelo isolamento exterior.

O isolamento exterior é a opção mais correcta que confere uma melhor qualidade global ao edifício. Os principais argumentos que justificam esta afirmação são os seguintes:

- Favorece a Inércia Térmica do Edifício, uma vez que a massa superficial útil (M_{si}) dos elementos da construção é medida a partir do isolamento;
- Eliminação das pontes térmicas planas e lineares por isolamento dos pilares, vigas e outros elementos da fachada;
- Evita as condensações no interior das paredes envolventes;
- Facilitação de fiscalização da aplicação correcta do isolamento;
- A aplicação de isolamento exterior proporciona fachadas com paredes simples permitindo o aumento de área útil de pavimento;
- Promove a maior conservação do edifício.

Destaco alguns aspectos acima referenciados:

Inércia Térmica

A inércia dos edifícios é conseguida através dos materiais pesados da sua construção como: betão, tijolos, rebocos devido à sua maior capacidade de absorção de energia. Esta característica amplifica a acção das estratégias para o projecto dos Edifícios Passivos. As estratégias associadas são:

- *Isolamento térmico exterior* evita por um lado o aparecimento de fissuras da fachada devido a temperaturas extremas exteriores, e por outro lado permite o armazenamento das temperaturas médias exteriores mais próximas das temperaturas de conforto interior.
- *Ventilação natural* permite aumentar a eficácia desta medida;
- *Cor exterior dos edifícios*: As cores claras reflectem melhor a radiação (por absorverem menos), enquanto as cores mais escuras absorvem mais radiação, o que aumenta o armazenamento de energia. A estratégia de ganhos solares indirectos de energia por armazenamento de ganhos solares na sua massa térmica, assenta no binómio cor associada à inércia térmica. As paredes de armazenamento é um exemplo desta estratégia

Condensação

No ar além de outros gases e outras partículas em suspensão está presente o vapor de água. O limite de saturação do ar é entendido como sendo a quantidade máxima de vapor de água que este pode conter. Esta quantidade é limitada e varia directamente com a temperatura, aumentando ou diminuindo consoante a temperatura do ar aumenta ou diminui.

A humidade absoluta – gr/m^3 (define a quantidade de água presente num m^3 de ar); a humidade relativa - % (estabelece a relação entre a humidade absoluta de uma determinada massa de ar e a quantidade máxima de humidade que essa mesma massa pode conter).

A temperatura de ponto de orvalho ou Ponto de Orvalho é a temperatura para a qual o vapor de água contido numa massa de ar com determinada humidade absoluta e pressão, condensa.

Considerando o isolamento na envolvente exterior do edifício a condensação quando ocorre será no exterior e não no interior.

8.5.1 Cortiça



O isolamento que vou considerar será a cortiça. A cortiça é um material 100% ecológico, com uma estrutura alveolar que lhe dá características de leveza, elasticidade, impermeabilidade, com excelentes características de isolamento térmico e também com boas características acústicas e anti - vibráticas. A cortiça é retirada do sobreiro (Quercus Suber) , com uma renovação de 9 em 9 anos, sendo que o sobreiro pode atingir até 150 anos. Tem uma grande durabilidade, sem perda das suas características, 100% reciclável e considerado um meio sumidouro de carbono pois retém e acumula CO² que não é libertado para a atmosfera. A produção de cortiça consome cerca de 90% de biomassa (desperdícios do processo industrial – pó de cortiça). Portugal é neste momento o maior produtor mundial de cortiça, com cerca de 750 000 hectares de sobreiral espalhado pelo todo o país com predominância a sul do Tejo.

Curiosamente, a Europa Central tem sido um importante cliente da cortiça portuguesa para isolamento térmico exterior de edifícios.

A cortiça usada para isolamento térmico de edifícios é designada de ICB – Aglomerado de Cortiça Expandida. As principais características do ICB estão especificadas no quadro abaixo (ITE I.3).

Material	Massa volúmica aparente seca, ρ (kg/m ³)	Condutibilidade térmica, valor de cálculo, λ (W/(m.°C))
ICB – Aglomerado de Cortiça Expandida	9 - 140	0,045

As informações dadas pelos fabricantes de cortiça comprovam valores de condutibilidade térmica mais baixos, cerca de 0,039 (W/(m.°C)), no entanto para este estudo vou considerar o valor do ITE.

According to the information provided by the sponsor test specimens were extracted from a sample obtained from a cold storage building complex located in Porto's great metropolitan area (Portugal).

The building complex, presently undergoing demolition works, was denominated FRIGOMATO and was built in 1964.

According to the information provided by the sponsor the above mentioned ICB test specimens were prepared in the building complex at the time of its construction (1964).

Test sample was identified by the sponsor as follows: Boards to be recycled dating from 1964.

3 — TEST RESULTS

Test results are presented in Table 1.

Table 1 — Determination of the thermal conductivity of Insulation Cork Board (ICB). Individual and mean test results

Product reference name	Test specimen characteristics			Test conditions				Test results Thermal conductivity (W/m. °C)	
	Test thickness (°) (mm)	Apparent density (kg/m ³)	Relative mass change after seal drying (°) (%)	Heat flow direction	Mean temperature (°C)	Temperature difference across the specimen (°C)	Density of heat flow rate through the specimen (W/m ²)		Relative mass change during test (%)
A1	26,5	116,8	0,029	Vertical, upwards	9,9	16,4	22,4	0,001	0,0390
A2	26,3	101,6	0,036		9,9	16,5	22,8	0,002	0,0391
A3	26,4	106,6	0,039		10,0	16,4	22,5	0,002	0,0390
A4	26,3	98,4	0,036		10,0	16,4	22,7	0,001	0,0391
A5	26,3	106,9	0,036		10,0	16,5	23,3	0,002	0,0399
Mean	—	105	—	—	10,0	—	—	—	0,0392

* - Referred to the initial mass (after previous conditioning at 23/50)

Test results
Thermal conductivity
(W/m. °C)
0,0390
0,0391
0,0390
0,0391
0,0399
0,0392

4 — REMARKS

Results presented in this report relate exclusively to the tested specimens of the products under the particular conditions of the test.

Tests have been performed using a HOLOMETRIX, model RK-60 RAPID - K, heat flux meter apparatus.

This heat flow meter apparatus is regularly calibrated by LNEC/LEPC at a mean test temperature of 10 °C. This internal calibration is performed using reference material IRMM-440, Resin Bonded Glass Fibre Board provided by the Institute for Reference Material and Measurements (IRMM).

Figura 67- Fonte Amorim Isolamentos Sa.

8.6 Aplicação do RCCTE a um edifício de Habitação

Apresento os valores retirados da aplicação do RCCTE para uma habitação unifamiliar construída na zona de Sintra antes de 2006 e que não foi sujeita ao regulamento. O sistema de aquecimento e de AQS é garantido através de uma caldeira a gás de 24 Kw de capacidade calorífica total, e o sistema de arrefecimento é conseguido através de unidades bomba de calor com a potência total de arrefecimento de 20 Kw.

Posteriormente são apresentados os valores para esta mesma habitação mas considerando o isolamento exterior em cortiça.

O objectivo é equacionar qual o benefício desta estratégia num edifício já construído no que se refere a valores de NIC/NVC/NT, respectiva classificação energética, qual o custo e respectivo período de retorno do investimento.

Considerei uma moradia unifamiliar de tipologia T5 construída em 2004, em Sintra, na freguesia de Santa Maria e São Miguel, concelho de Sintra (zona climática II-V1 Norte).

A habitação é composta por Cave, R/C e 1ºAndar e Sotão não habitado. A garagem e sotão compreendem os locais não habitados: LNA. Na cave encontra-se a garagem; no R/C a sala de estar, Sala de Comer, Cozinha, e hall e no 1ºAndar os Quartos.

As figuras seguintes referem-se às plantas dos pisos do edifício e os principais cortes e orientação (vista aérea).



Figura 68 - Estrutura da casa objecto de análise RCCTE



Figura 69 - Casa objecto de análise RCCTE

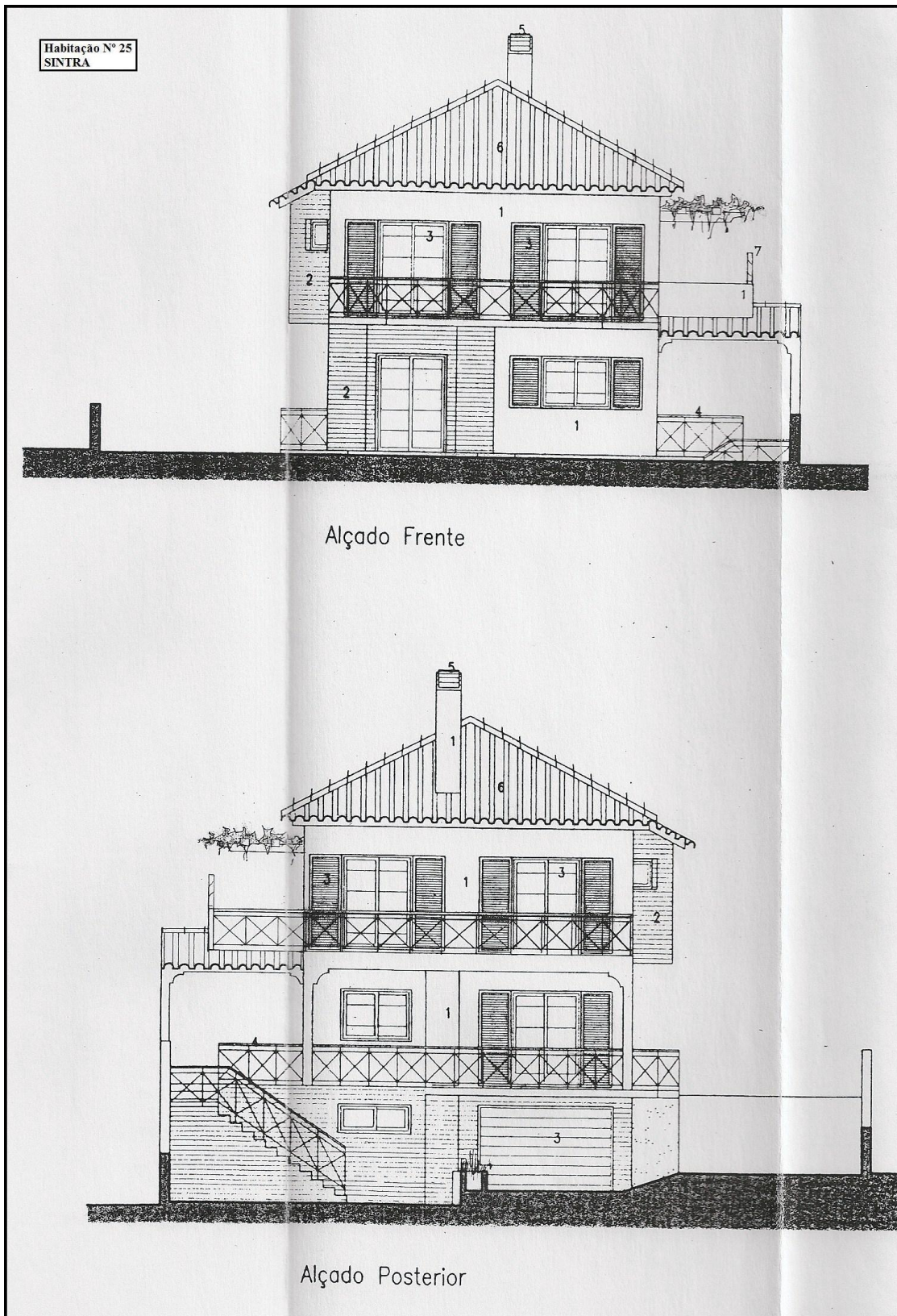


Figura 70 - Habitación nº 25 Sintra, alçados.

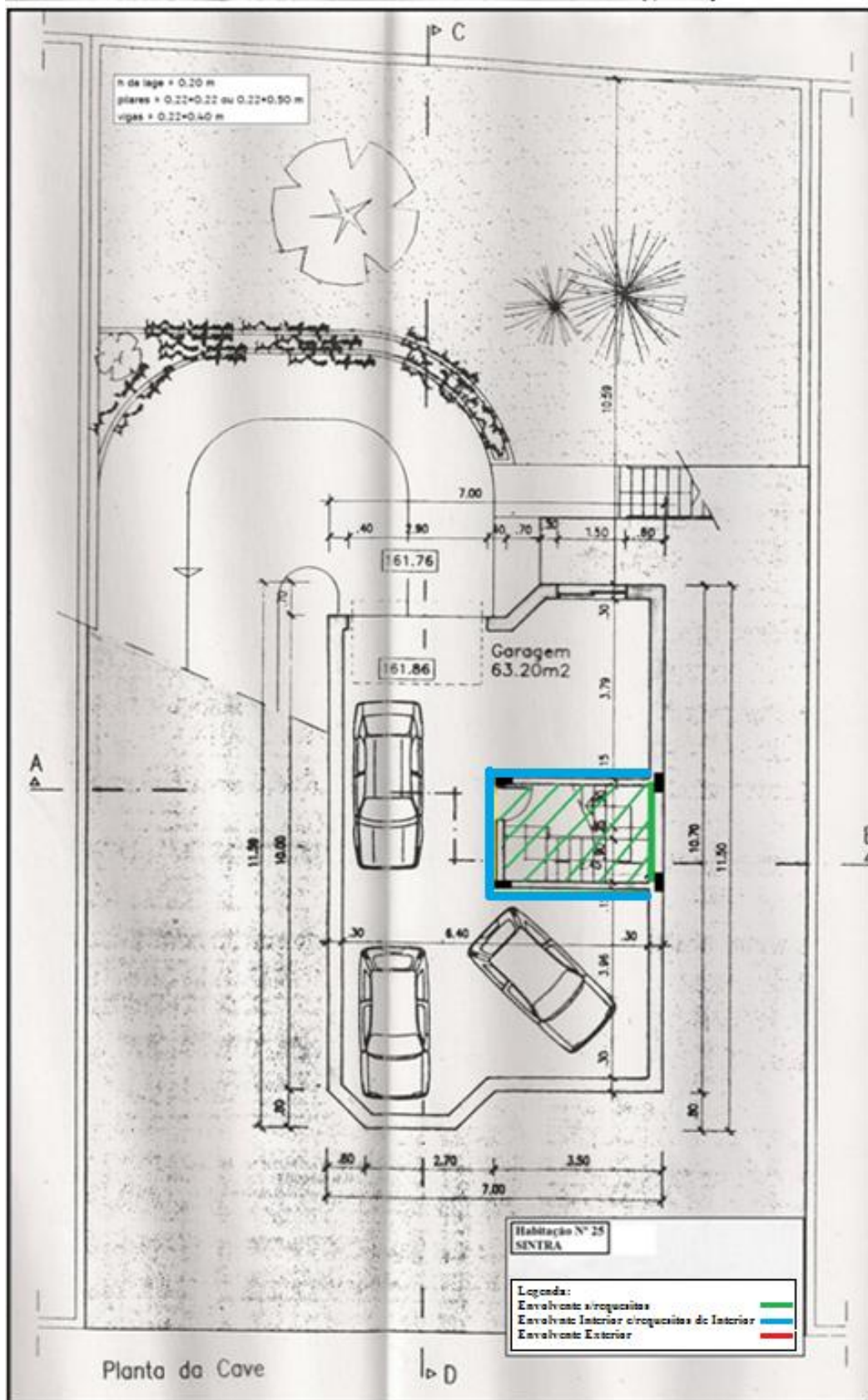


Figura71 - Planta da Cave

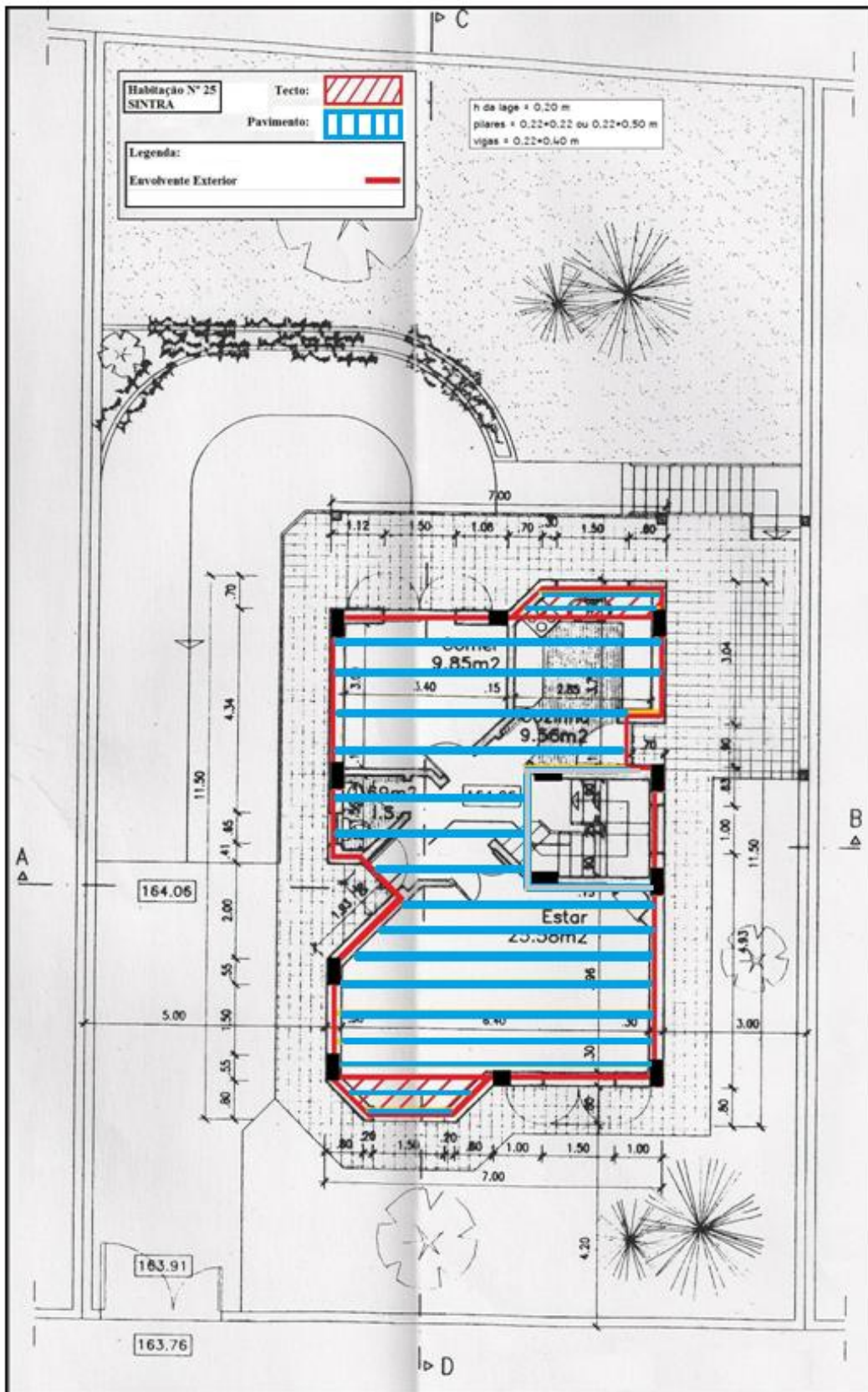


Figura72 - Planta do R/C

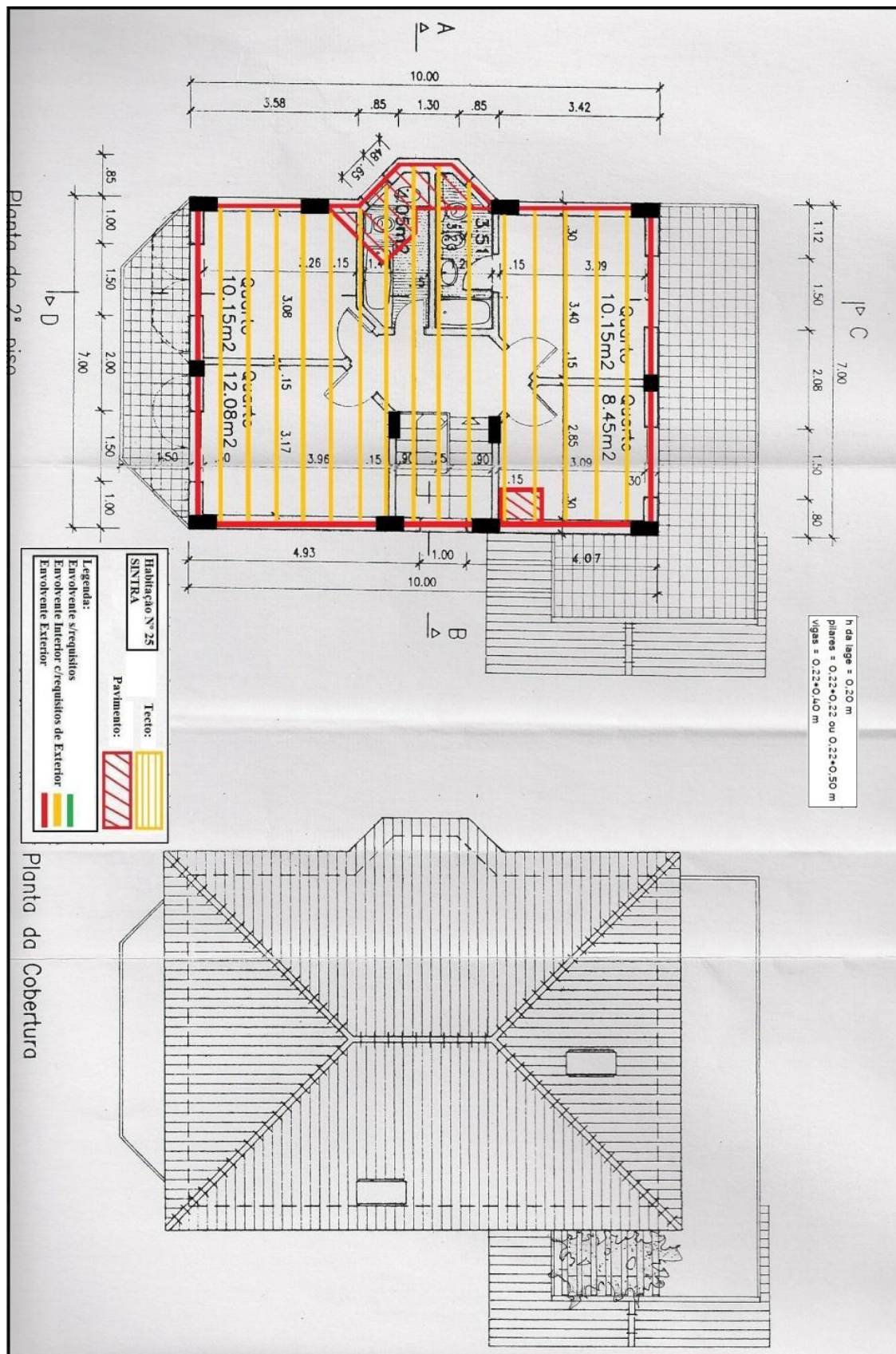


Figura 73 - Planta do 1º Andar

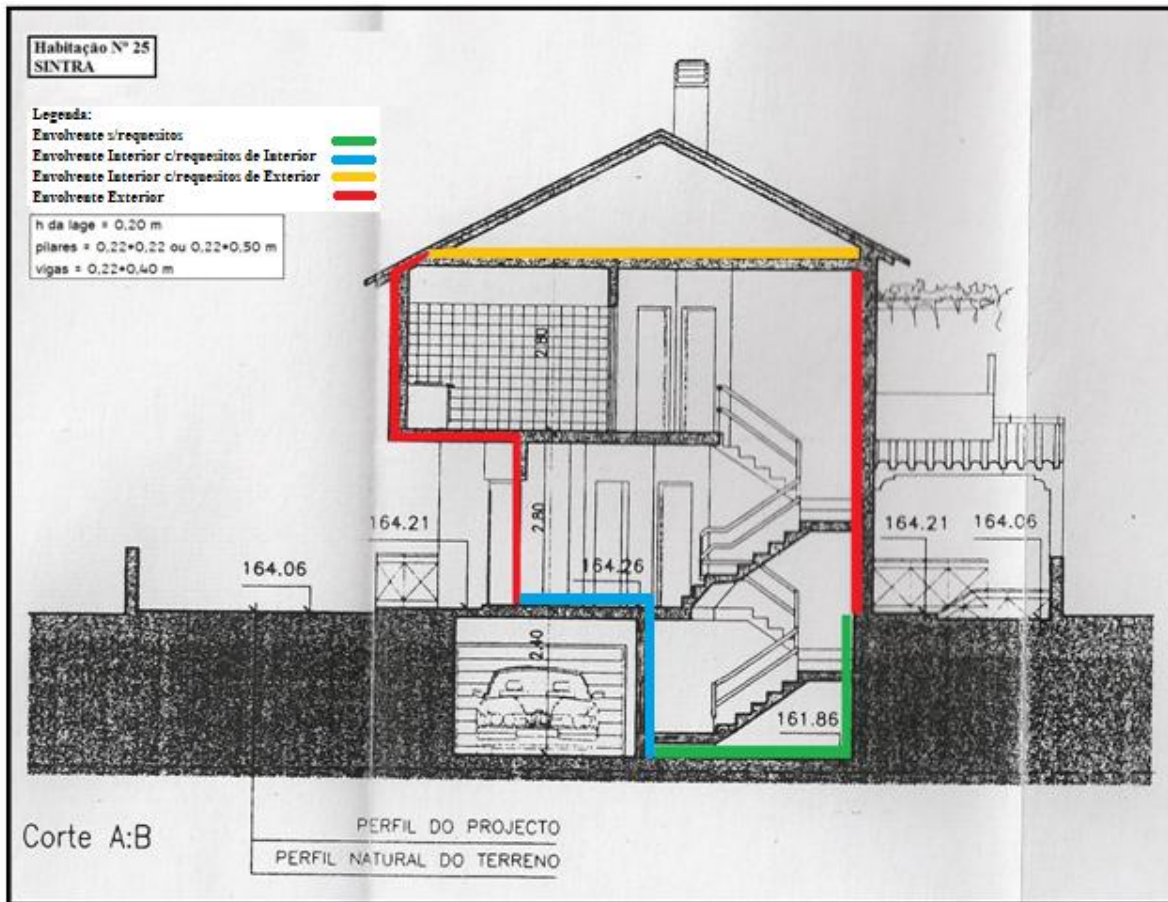


Figura 74 - Corte AB

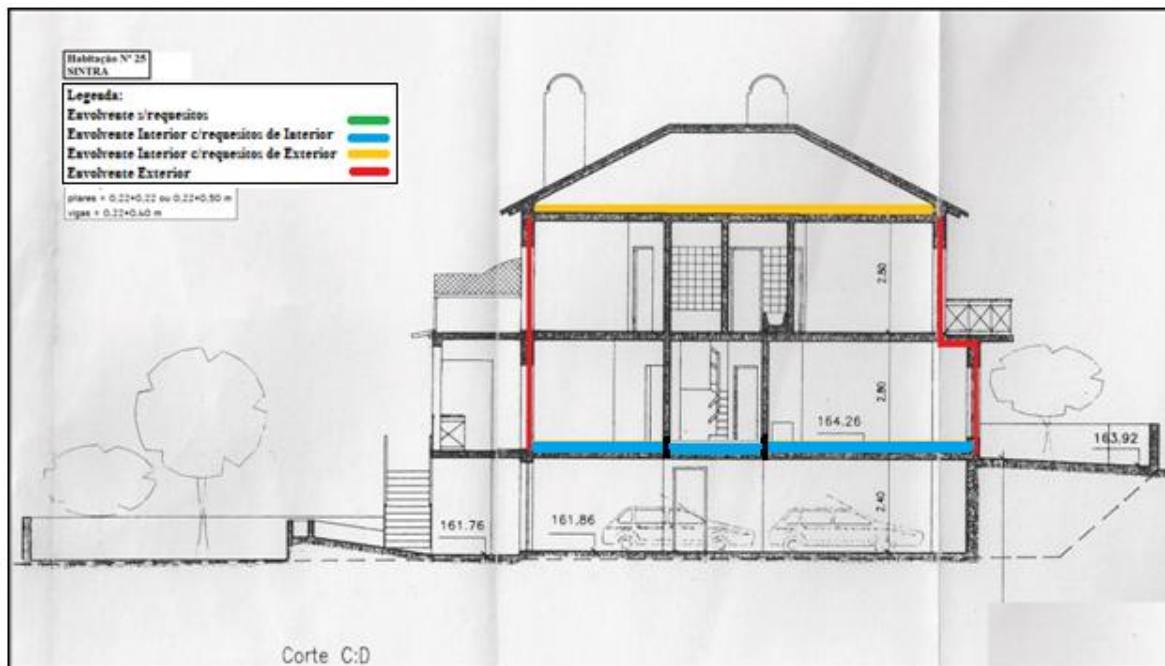


Figura75 - Corte CD

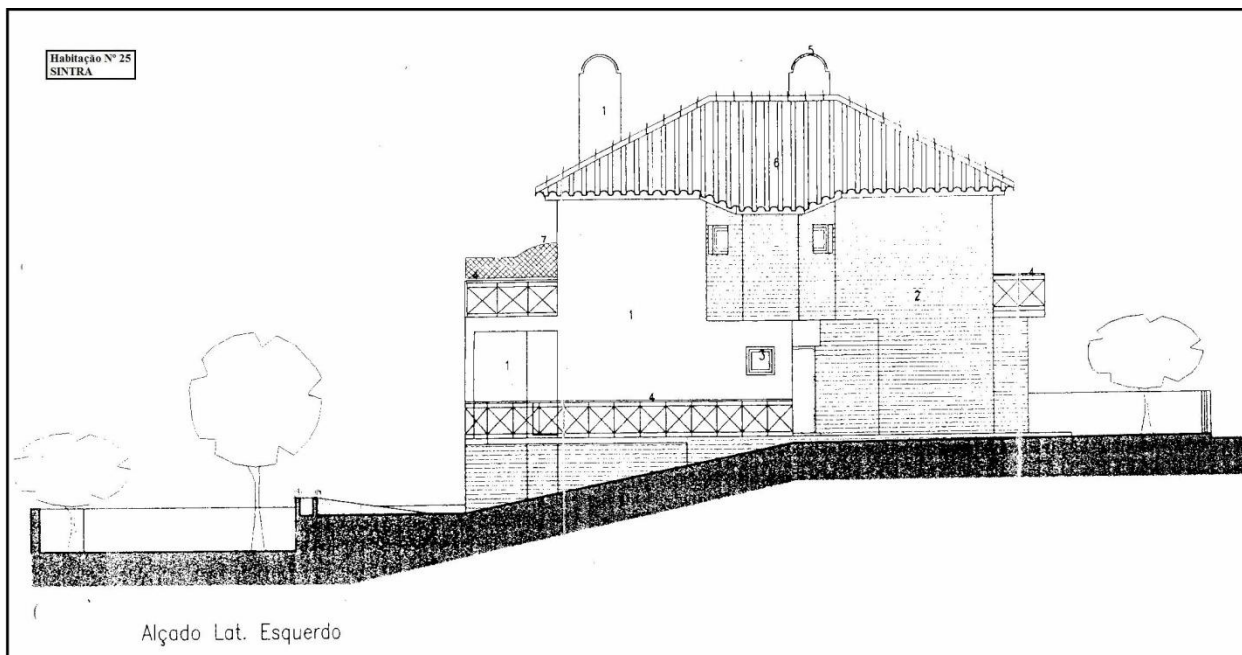


Figura 76 - Alçado Lateral Esquerdo

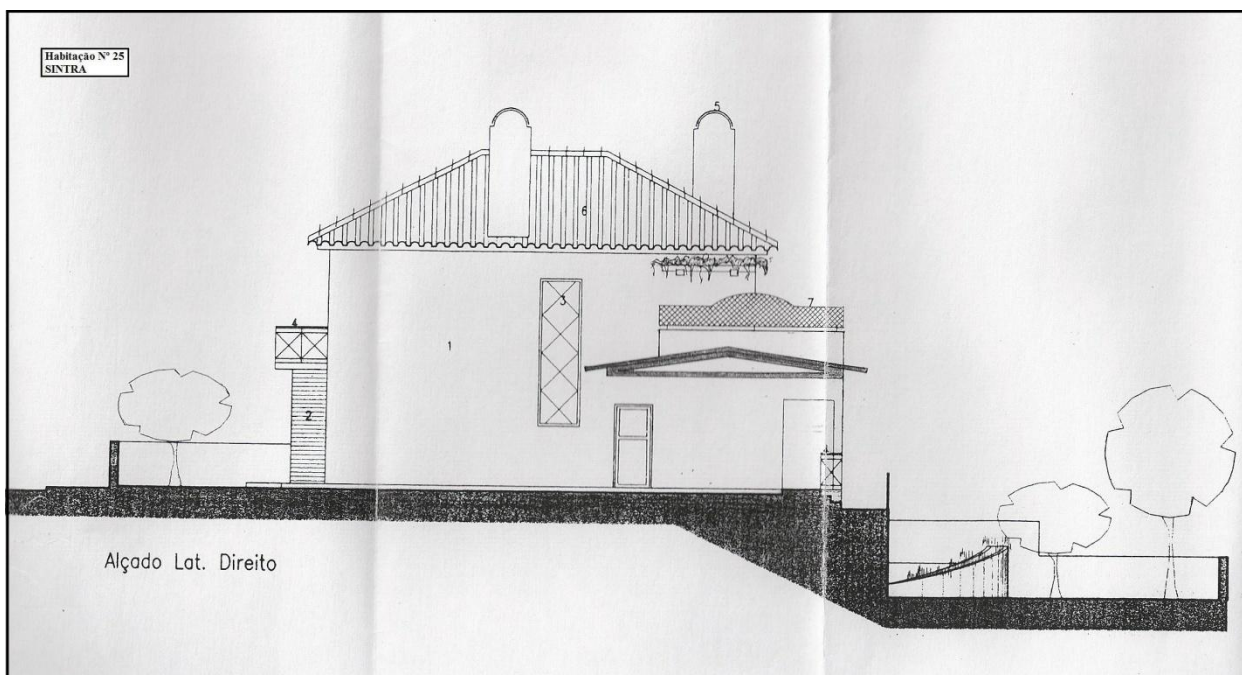


Figura 77 - Alçado Lateral Direito

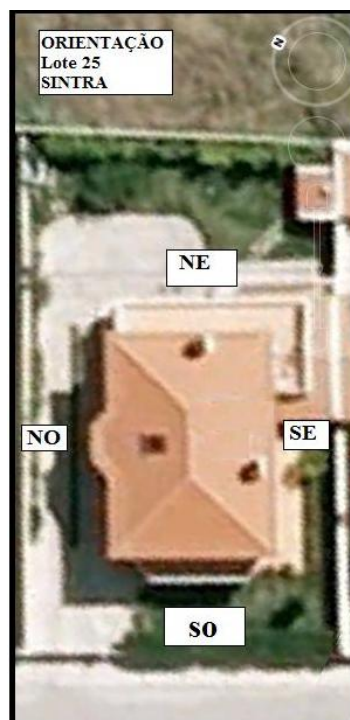


Figura78 - Corte CD

Coefficientes de redução das perdas térmicas para locais não aquecidos

Os locais não aquecidos são a garagem e o sótão. As perdas térmicas das paredes que separam o espaço útil do espaço não útil são calculadas em função do coeficiente τ .

A determinação do valor de τ é feita a partir da Tabela IV.1 do RCCTE, em função do tipo de espaço não útil e da relação entre as áreas dos elementos que separam os dois espaços e a dos elementos que separam o espaço não útil do exterior.

LNA (local n/aquecido)	A_i/A_u	τ
Garagem	$1 < A_i/A_u < 10$	0,5
Sótão n/ventilado	$0 < A_i/A_u < 1$	0,8

Caracterização térmica das soluções construtivas

Nas próximas páginas está descrita a caracterização térmica das soluções construtivas para esta habitação conforme as folhas de cálculo do regulamento RCCTE, e respectivos resultados de N_{ic} , N_{vc} , N_{ac} , N_{tc} .

Envoltente Opaca (Exterior, Interior)

	e (m)	u(W/m2 °C)	U MÁX(W/m2 °C)		e (m)	u(W/m2 °C)	U MÁX(W/m2 °C)
PAREDES EXTERIORES				PAVIMENTO SOBRE O EXTERIOR			
R se				R Si			
REBOCO EXTERIOR	0,002			SOBRADO DE MADEIRA	0,02		
TUJOLO CERÂMICO 10CM	0,15			XPS 20CM	0,02		
XPS 20CM	0,02			ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0,005		
TUJOLO CERÂMICO 10CM	0,15			LAJE EM BETÃO	0,2		
REBOCO INTERIOR	0,002			REBOCO	0,0025		
R Si				R SE			
TOTAL	0,324	0,794441661	1,80	TOTAL	0,2475	1,061348133	1,25
PTP EXTERIOR				TECTO LNA			
R se				R Si			
REBOCO EXTERIOR	0,002			REVESTIMENTO CERÂMICO	0,015		
BETÃO ARMADO	0,22			ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0,005		
TUJOLO CERÂMICO 8CM	0,1			XPS 20CM	0,02		
REBOCO INTERIOR	0,002			LAJE EM BETÃO	0,2		
R Si			2x PAREDE EXTERIOR	REBOCO	0,002		
TOTAL	0,324	1,929737754	1,80	R SE			
VIGAS				TOTAL	0,242	1,153940364	1,25
R se				PAVIMENTO SOBRE O EXTERIOR			
REBOCO EXTERIOR	0,002			R Si			
BETÃO ARMADO	0,22			REVESTIMENTO CERÂMICO	0,015		
TUJOLO CERÂMICO 8CM	0,1			ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0,005		
REBOCO INTERIOR	0,002			XPS 20CM	0,02		
R Si			2x PAREDE EXTERIOR	LAJE EM BETÃO	0,2		
TOTAL	0,324	1,929737754	1,80	REBOCO	0,002		
PAREDES INTERIORES LNA				R Se			
R Si				TOTAL	0,242	1,140776484	1,25
REBOCO INTERIOR	0,002			TECTO SOB COBERTURA EM TERRAÇO			
TUJOLO CERÂMICO 22CM	0,22			R Se			
REBOCO INTERIOR	0,002			REVESTIMENTO CERÂMICO	0,015		
R Si				ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0,005		
TOTAL	0,224	1,277013752	1,80	XPS 20CM	0,02		
PTP INTERIOR LNA				LAJE EM BETÃO	0,2		
R si				REBOCO	0,002		
REBOCO INTERIOR	0,002			R Si			
BETÃO ARMADO	0,22			TOTAL	0,242	1,195320211	1,25
REBOCO INTERIOR	0,002						
R Si			2x PAREDE INTERIOR				
TOTAL	0,224	2,644067797	1,80				
PAVIMENTO LNA							
R Si							
REVESTIMENTO CERÂMICO	0,015						
ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0,005						
XPS 20CM	0,02						
LAJE EM BETÃO	0,2						
REBOCO	0,002						
R Si							
TOTAL	0,242	0,993447311	1,25				

Verifica-se que no caso das pontes térmicas planas exteriores, assim como nas pontes térmicas planas em contacto com locais não aquecidos o requisito mínimo não é cumprido.

Pontes térmicas lineares

Para o caso das pontes térmicas lineares, o RCCTE apresenta, para as situações mais correntes, os valores dos coeficientes de transmissão térmica linear Ψ . Na tabela seguinte indicam-se as pontes térmicas lineares identificadas na moradia unifamiliar.

Pontes térmicas lineares	Comp. (m)	Ψ (W/m.°C)
ligações entre:		
Fachada com Pavimentos sobre locais não aquecidos	34,39	0,50
Fachada com Pavimentos sobre exterior	5,16	0,40
Fachada com Pavimentos intermédios	11,42	0,40
Fachada com Cobertura inclinada ou em terraço	42,32	0,60
Fachada com Varanda(2) Ψ	11,00	0,80
Fachada com Varanda(1) Ψ	7,00	0,40
Duas Paredes verticais	28,00	0,25
Fachada com Padieira, Ombreira ou Peitoril	69,80	0,20

Vãos envidraçados

Na tabela seguinte apresentam-se os valores dos coeficientes de transmissão térmica U dos vãos envidraçados, conforme publicação do LNEC – ITE 50.

(c/dispositivo de perm. ao ar baixa)		
		ITE III.5
Vãos envidraçados exteriores	Área (m ²)	U (W/m ² .°C)
Verticais:		
Env NO 1º piso	0,42	2,7
Env NO 2º piso	0,85	2,7
Env SO 1º piso	4,50	2,7
Env SO 2º piso	6,00	2,7
Env NE 1º piso	4,50	2,7
Env NE 2º piso	6,00	2,7
Env SE 1º piso	1,00	2,7
Env SE 2º piso	2,00	2,7

Vidro duplo incolor 4 +8 +5mm, com protecção pelo exterior (portadas) com caixilharia de alumínio sem corte térmico; janela de rodar, com dispositivo de oclusão nocturna, exterior com permeabilidade ao ar baixa.

Factores solares na Estação de Aquecimento (Inverno)

Nas tabela seguinte encontram-se descritos os valores dos diferentes factores solares que, traduzem a fracção da radiação solar disponível no exterior, transmitida para o interior do espaço útil sob a forma de radiação visível e térmica.

Orientação do vão envidraçado	Tipo (simples ou duplo)	Área A (m ²)	Factor de Orientação X _j (2489)	Factor Solar do vidro g(2498)	Factor de Obstrução F _s =F _n .F _o .F _t	Fracção Envidraçada F _g	Factor de Sel. Angular F _w
Env NO 1º piso	Duplo	0,44	0,33	0,75	0,91	0,7	0,9
Env NO 2º piso	Duplo	0,85	0,33	0,75	1,00	0,7	0,9
Env SO1 1º piso	Duplo	3,00	0,84	0,75	0,81	0,7	0,9
Env SO2 1º piso	Duplo	1,50	0,84	0,75	0,59	0,7	0,9
Env SO 2º piso	Duplo	6,00	0,84	0,75	1	0,7	0,9
Env NE1 1º piso	Duplo	1,50	0,33	0,75	0,9	0,7	0,9
Env NE2 1º piso	Duplo	3,00	0,33	0,75	0,82	0,7	0,9
Env NE 2º piso	Duplo	6,00	0,33	0,75	1	0,7	0,9
Env SE 1º piso	Duplo	1,00	0,84	0,75	1	0,7	0,9
Env SE 2º piso	Duplo	2,00	0,84	0,75	1	0,7	0,9

Factores solares na estação de arrefecimento (Verão)

O valor do factor solar do vão envidraçado, durante a estação de arrefecimento, é obtido de acordo com o RCCTE, considerando que os dispositivos de sombreamento móveis se encontram activos a 70%, ou seja, o factor solar do vão envidraçado é igual à soma de 30% do factor solar do vidro mais 70% do factor solar do vão envidraçado com a protecção móvel actuada.

	POR ORIENTAÇÃO E HORIZONTAL										
	N01	NE1	NE2	SO1	SO2	N0	SO	NE	SE	SE	SE
Área, A (m ²)	0,44	1,5	3	3	1,5	0,85	6	6	1	2	
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor solar do vão envidraçado ^{(1) G1}	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fracção envidraçada, F _g (Quadro IV.5)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de obstrução, F _s ⁽²⁾	0,807	0,78	0,741	0,74	0,55	1	1	1	1	1	1
	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Factor de selectividade do vidro, F _w (Quadro V.3)	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Factor solar do vão envidraçado ^{(1) G1}											
g1v 2498											
g1 100% 2503											

Taxa de renovação horária nominal

Admitindo que a entrada e saída de ar nas instalações sanitárias é efectuada de forma natural e que existe apenas extracção na cozinha, efectuada por intermédio de um exaustor, verifica-se que, segundo o RCCTE o edifício é ventilado naturalmente.

Para a determinação da taxa nominal de renovações horárias de ar interior, sabe-se que o edifício não está em conformidade com a norma NP 1037-1, e admite-se que a classe de permeabilidade ao ar das caixilharias é sem classificação.

Assim, como o edifício está situado numa zona urbana sendo a sua altura acima do solo inferior a 10 m, de acordo com o Quadro IV.2 do RCCTE, conclui-se que a classe de exposição ao vento das fachadas do edifício é a Exp.1.

Os valores convencionais da taxa de renovação horária nominal para edifício são obtidos a partir do Quadro IV.1 do RCCTE. Admitindo que o edifício não dispõe de dispositivos de admissão na fachada, e que não existe caixa de estore, obtêm-se 0,9 [h-1].

Por fim, considera-se as correcções ao valor obtido no Quadro IV.1. Assim, este valor deverá então ser agravado de 0,10 [h-1], devido à área de envidraçado ser superior a 15 % da área útil de pavimento e reduzido em 0,05 [h-1], uma vez que as portas exteriores do edifício se encontram bem vedadas por aplicação de borrachas em todo o seu desenvolvimento. Do exposto advém que o valor da taxa nominal de renovação será **de 0,95 [h-1]**.

Necessidades de aquecimento

De acordo com a metodologia descrita no Anexo V do RCCTE, a energia útil que é necessário fornecer à fracção autónoma para manter no seu interior a temperatura de referência de 20 °C, NIC é a indicada na folha de cálculo FC IV.2.

Folha de Cálculo FC IV.2

Cálculo do Indicador Nic

Necessidades Brutas de Aquecimento (kWh/ano)		19796,4	
		-	
Ganhos Totais Úteis (kWh/ano) (da FC IV.1e)		6396,8	
		=	
Necessidades de Aquecimento (kWh/ano)		13399,6	
		/	
Área útil de pavimento (m ²)		124,5	
		=	
Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)		107,6	n/cumpre
		<	
Nec. Nom. de Aquec. Máximas- Ni (kWh/m ² .ano)		79,7	

Necessidades de arrefecimento

De acordo com a metodologia descrita no Anexo V do RCCTE, a energia útil que é necessário retirar à fracção autónoma para manter no seu interior a temperatura de referência de 25 °C, NVC, é a indicada na cálculo FC V.1g. .

Folha de Cálculo FC V.1g

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc kWh/m ² .ano	0,5
	≤
Necessidades nominais de arrefeci. máximas - Nv kWh/m ² .ano	16,0

Águas quentes sanitárias

Este edifício não dispõe de colectores solares térmicos pelo não existe esta contribuição para as AQS.

No cálculo das necessidades de aquecimento para preparação de águas quentes sanitárias, o sistema utilizado é uma caldeira a gás com acumulação, com 50 mm de isolamento térmico e rede de distribuição de água com pelo menos 10 mm de isolamento térmico.

NAC (kWh)/m ² .ano	44,9
-------------------------------	------

<

Na (kWh)/m ² .ano	57,0
------------------------------	------

Energia primária

Nesta tabela indicam-se as necessidades globais anuais específicas de energia primária e o seu valor máximo admissível nos termos regulamentares. Para o cálculo das necessidades de energia primária, considerou-se:

- Aquecimento realizado por intermédio de caldeira de aquecimento a gás, com uma eficiência nominal de 0,87;
- Arrefecimento realizado por intermédio de uma bomba de calor, com uma eficiência nominal de 3;

Necessidades nominais globais de energia primária NTC Kgep/m².ano

NTC	4,9
NIC	107,63
η_i	0,870
F _{pui}	0,086
NVC	0,54
η_v	3,0
F _{puv}	0,290
NAC	44,9
F _{pua}	0,086

Necessidades nominais de energia primária NI Kgep/m².ano

NT	8,6
NI	79,73
NV	16,00
NA	57,0

NTC/NT	0,58
	B

Análise do resultado

A aplicação do regulamento RCCTE a esta habitação verificou que existem requisitos mínimos que não cumprem os valores regulamentares:

- Verifica-se que no caso das pontes térmicas planas exteriores, assim como nas pontes térmicas planas em contacto com locais não aquecidos os requisitos mínimos não são cumpridos;
- As necessidades nominais de aquecimento também não cumprem o valor mínimo.

A razão que aponto para esta situação é de facto a construção não ter previsto o isolamento térmico das pontes térmicas planas (pilares e vigas) e também nas paredes interiores em contacto com locais não aquecidos (garagem).

Proponho então uma alteração neste estudo considerando a colocação de isolamento exterior em cortiça de 80 mm de espessura nas paredes exteriores da habitação e isolar também externamente com cortiça de 30 mm de espessura a PTP da caixa da escada na cave em contacto com a garagem.

	e (m)	u(W/m2 °C)	U MÁX(W/m2 °C)	ITE50		e (m)	u(W/m2 °C)	U MÁX(W/m2 °C)	ITE50
PAREDES EXTERIORES					PAVIMENTO SOBRE O EXTERIOR				
R se					R Si				PAG 1.7
REBOCO EXTERIOR	0.002			PAG 1.7	SOBRADO DE MADEIRA	0.02			PAG 1.7
ICB - Aglomerado de Cortiça Expandida	0.08			PAG 1.3	XPS 20CM	0.02			PAG 1.6
TUOLO CERÂMICO 10CM	0.15			PAG 1.7	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0.005			PAG 1.7
XPS 20CM	0.02			PAG 1.6	LAJE EM BETÃO	0.2			PAG 1.5
TUOLO CERÂMICO 10CM	0.15			PAG 1.12	ICB - Aglomerado de Cortiça Expandida	0.08			PAG 1.3
REBOCO INTERIOR	0.002			PAG 1.7	REBOCO	0.0025			PAG 1.7
R Si					R SE				
TOTAL	0.404	0,329323984	1.80		TOTAL	0.3276	0,367650344	1.25	
PTP EXTERIOR					TECTO LNA				
R se					R Si				
REBOCO EXTERIOR	0.002			PAG 1.7	REVESTIMENTO CERÂMICO	0.015			PAG 1.4
ICB - Aglomerado de Cortiça Expandida	0.08			PAG 1.3	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0.005			PAG 1.7
BETÃO ARMADO	0.22			PAG 1.5	XPS 20CM	0.02			PAG 1.6
TUOLO CERÂMICO 8CM	0.1			PAG 1.12	LAJE EM BETÃO	0.2			PAG 1.5
REBOCO INTERIOR	0.002			2x PAREDE EXTERIOR	REBOCO	0.002			PAG 1.7
R Si					R SE				
TOTAL	0.404	0,435543312	1.80		TOTAL	0.242	1,153940364	1.25	
VIGAS					PAVIMENTO SOBRE O EXTERIOR				
R se					R Si				
REBOCO EXTERIOR	0.002			PAG 1.7	REVESTIMENTO CERÂMICO	0.015			PAG 1.4
ICB - Aglomerado de Cortiça Expandida	0.08			PAG 1.3	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0.005			PAG 1.7
BETÃO ARMADO	0.22			PAG 1.5	XPS 20CM	0.02			PAG 1.6
TUOLO CERÂMICO 8CM	0.1			PAG 1.12	LAJE EM BETÃO	0.2			PAG 1.5
REBOCO INTERIOR	0.002			2x PAREDE EXTERIOR	ICB - Aglomerado de Cortiça Expandida	0.08			PAG 1.3
R Si					REBOCO	0.002			PAG 1.7
TOTAL	0.404	0,435543312	1.80		R Se				
PAREDES INTERIORES LNA					TOTAL	0.322	0,376736706	1.25	
R Si					TECTO SOB COBERTURA EM TERRAÇO				
REBOCO	0.002			PAG 1.7	R Se				
TUOLO CERÂMICO 22CM	0.22			PAG 1.12	REVESTIMENTO CERÂMICO	0.015			PAG 1.4
REBOCO INTERIOR	0.002			PAG 1.7	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0.005			PAG 1.7
R Si					XPS 20CM	0.02			PAG 1.6
TOTAL	0.224	1,277013752	1.80		LAJE EM BETÃO	0.2			PAG 1.5
PTP INTERIOR LNA					REBOCO	0.002			PAG 1.7
R se					R Si				
REBOCO INTERIOR	0.002			PAG 1.7	TOTAL	0.242	1,195320211	1.25	
ICB - Aglomerado de Cortiça Expandida	0.03			PAG 1.3					
BETÃO ARMADO	0.22			PAG 1.5					
REBOCO INTERIOR	0.002			2x PAREDE INTERIOR					
R Si									
TOTAL	0.254	0,957055215	1.80						
PAVIMENTO LNA									
R Si									
REVESTIMENTO CERÂMICO	0.015			PAG 1.4					
ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COLA	0.005			PAG 1.7					
XPS 20CM	0.02			PAG 1.6					
LAJE EM BETÃO	0.2			PAG 1.5					
REBOCO	0.002			PAG 1.7					
R Si									
TOTAL	0.242	0,993447311	1.25						

Cálculo do Indicador Nic

Nec. Nominais de Aquecimento - Nic (kWh/m ² .ano)	71,5
	<
Nec. Nom. de Aquec. Máximas- Ni (kWh/m ² .ano)	79,7

Valor das Necessidades Nominais de Arrefecimento (Nvc)

Necessidades nominais de arrefecimento - Nvc kWh/m ² .ano	1,4
	≤
Necessidades nominais de arrefeci. máximas - Nv kWh/m ² .ano	16,0

Necessidades nominais globais de energia primária NTC Kgep/m2.ano

NTC	4,6
NIC	71,46
η_i	0,870
Fpui	0,086
NVC	1,41
η_v	3,0
Fpuv	0,290
NAC	44,9
Fpua	0,086

Necessidades nominais de energia primária NI Kgep/m2.ano

NT	8,6
NI	79,73
NV	16,00
NA	57,0

NTC/NT	0,54
	B

Análise do resultado

Com a colocação do isolamento exterior no edifício passa a estar regulamentar em todos os pontos, mantendo-se no entanto a classificação energética: B.

Os valores de Nic reduziram 34% e os valores de Nvc aumentaram de 0,5Kwh/m².ano para 1,4 Kwh/m².ano. A razão principal para o aumento do Nvc é que, com o isolamento da envolvente exterior é mais difícil ao edifício dissipar a energia acumulada pelos elementos pesados que o constituem. A solução será promover o arrefecimento por ventilação transversal ao final do dia nos quartos e nocturna noutros espaços por abertura manual de janelas. Relativamente ao Nic a diminuição conseguida permitiu colocar o edifício numa situação regulamentar e também uma redução significativa das necessidades de aquecimento. A estratégia para se reduzir ainda mais este valor passaria pela colocação de colectores solares térmicos para AQS e aquecimento.

Embora se tenham reduzido significativamente as necessidades térmicas para aquecimento, a classificação energética do edifício manteve-se, resultando a diminuição do rácio NTC/NT de 0,58 para 0.54. Dado a importância de redução do valor de Nic este devia reflectir-se de forma mais significativa na classe energética do edifício.

Considerando o actual regulamento é mais vantajoso para um edifício em construção semelhante a este, em termos de classificação energética a opção por exemplo de colocação de colectores solares para apoio de AQS, e/ou a colocação de equipamentos de arrefecimento ou aquecimento

de elevada eficiência nominal, que permitiria posicionar por si só o Edifício na faixa de classificação energética A, desde que este cumprisse todos os requisitos mínimos.

Determinação da espessura Ótima de Isolamento

A opção de colocação de 80 mm de espessura para o isolamento foi determinada através do gráfico abaixo. Foram considerados valores de isolamento de 40 mm a 150 mm sendo o valor mínimo de 40 mm, aquele que coloca o edifício em situação regulamentar, ou seja, a cumprir o valor máximo de necessidades de aquecimento anuais. O custo do isolamento ICB é baseado em valores de mercado em função da espessura. A vida útil considerada foi de 20 anos. Os fabricantes referem que a cortiça é um material com duração muito elevada, mantendo as suas características e estrutura inalteradas, sendo a sua vida útil muitas vezes equivalente à duração do edifício.

O consumo Anual de Energia para aquecimento e arrefecimento, considera a redução dada pela diminuição das necessidades térmicas totais do edifício em função da espessura do isolamento.

Para o seu cálculo foi considerada a expressão abaixo que determina a poupança anual. Nos cálculos foram considerados valores simples sem o valor de Fae_i e Fae_v .

$$Poupança = \frac{\Delta Nic. Custoei. Fae_i}{\eta_i} + \frac{\Delta Nvc. Custoev. Fae_v}{\eta_v}$$

Nic (Kwh/m2.ano) – Necessidades Nominais de Aquecimento

Nvc (Kwh/m2.ano) – Necessidades Nominais de Arrefecimento

$Custo_{ei}$ – Custo da energia para aquecimento

$Custo_{ev}$ – Custo da energia para arrefecimento

η_i – Eficiência do equipamento para aquecimento

η_v - Eficiência do equipamento para arrefecimento

Fae_i – Factor de actualização para aquecimento

Fae_v - Factor de actualização para aquecimento

$$FAE = \frac{1+T_{AEE}}{T_j - T_{AEE}} \left[1 + \left(\frac{1+T_{AEE}}{1+T_j} \right)^{CV} \right] \quad \text{com:}$$

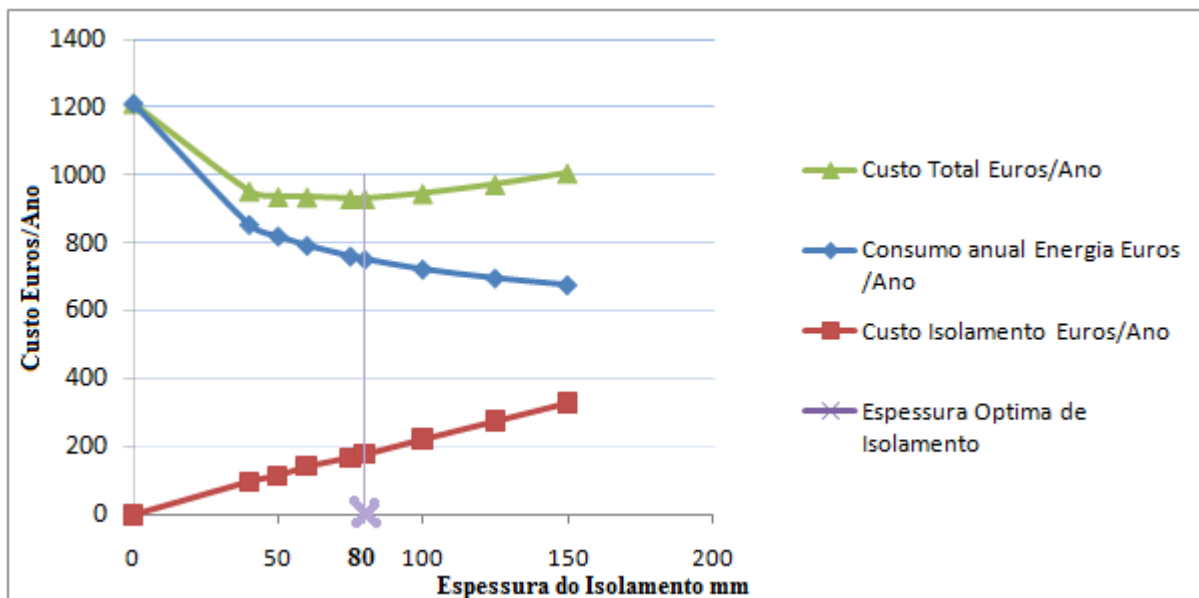
T_{AEE} - Taxa de aumento anual do custo da energia;

T_j - Taxa de juros;

CV - Ciclo de vida do isolamento.

Espessura do Isolamento - ICB mm	Custo Isolamento Euros/Ano	NIC Kwh/m2.ano	NVC Kwh/m2.ano	Consumo anual Energia Euros /Ano	Custo Total Euros/Ano
Situação inicial	0	107,6	0,5	1.213,13 €	1.213,13 €
40	98,02 €	79,6	1,1	855,50 €	953,52 €
50	115,84 €	76,9	1,2	821,22 €	937,06 €
60	142,58 €	74,7	1,3	793,38 €	935,96 €
75	169,31 €	72,2	1,4	761,68 €	930,99 €
80	178,22 €	71,5	1,4	752,67 €	930,89 €
100	222,78 €	69,2	1,5	723,54 €	946,32 €
125	276,24 €	67,1	1,6	696,99 €	973,23 €
150	329,71 €	65,5	1,7	676,89 €	1.006,59 €

O custo total reflecte o consumo anual de energia e o valor de amortização anual calculado para cada valor de isolamento. O ponto mais baixo desta curva determina o valor óptimo para o isolamento a colocar nesta habitação: 80 mm.



Período de retorno simples:

O período de retorno simples para o isolamento do edifício é:

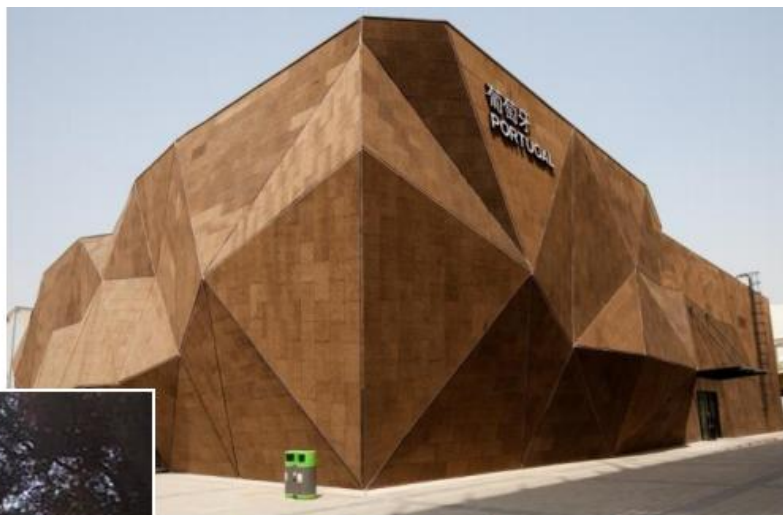
$$RRS = \frac{3564}{460,46} = 7,74 \text{ anos}$$

O valor de custo do isolamento não inclui a montagem e os valores de consumo anual de energia e de custo total, não consideram as taxas de juro anuais e o aumento anual de energia, no entanto, com este valor é possível perceber que o investimento tendo em conta a vida útil do isolamento considerado (20 anos), é viável.

8.7 Aplicação de Isolamentos Exteriores

A aplicação de isolamento exterior num edifício é uma estratégia que aumenta a eficiência das suas qualidades sobre o mesmo. Esta estratégia permite a majoração de outras estratégias quando aplicadas em conjunto como a ventilação natural e a inércia térmica. Num edifício existente uma das áreas de reabilitação deveria passar pela aplicação de isolamento exterior que permite desde

logo a diminuição do Nic. A opção pelo isolamento em cortiça enquadra-se no projecto passivo pois trata-se de um material 100% ecológico e 100% reciclável. Na arquitectura portuguesa existem já muitos exemplos em projectos com isolamento exterior em cortiça, sendo o mais emblemático o Pavilhão de Portugal em Xangai.



**Pavilhão de Portugal em Xangai
2010 - Arq. Carlos Couto**

**Abrigo para Estudante - Arq. David Mares - Prémio do público
no Concurso Internacional de Design de Abrigos, promovido pelo
Museu Guggenheim de Nova Iorque.**

O abrigo para estudante do Arq. David Mares ganhou o prémio do público no Concurso Internacional de Design de Abrigos, promovido pelo Museu Guggenheim de Nova Iorque.

Existe ainda alguma dificuldade em Portugal em aceitar o isolamento exterior dos Edifícios por questões principalmente de estética. O arrojo dos projectos exemplificados em conjugação com as capacidades deste nobre material será sem dúvida um importante passo para a mudança de mentalidade no que refere a este tema.

9. Conclusões

A Certificação Energética de Edifícios está relacionada com aspectos muito importantes que estão directamente relacionados com a nossa qualidade de vida no nosso planeta, como a

conhecemos agora e como poderá ser no futuro, representado um dos pilares da estratégia para a manutenção da nossa vida na Terra.

O aquecimento do Planeta é um facto inquestionável. A responsabilidade da emissão dos gases de efeito de estufa, nas alterações climáticas é outro facto. Desde da Cimeira da Terra em 1992 até à Cimeira de Copenhaga no final de 2009, deram-se já passos muito importantes a nível global para reduzir estas emissões.

A utilização de equipamentos, processos industriais, produção de energia e outros que utilizem energia primária que através da sua queima libertem gases de efeito de estufa, também conhecidos como GEE, para a atmosfera, estão a promover o aquecimento do planeta, a cada minuto que passa.

Os combustíveis fósseis são os principais fornecedores de gases GEE através da libertação de CO₂, embora existam também outras actividades que engrossam estas emissões como a agricultura (CH₄), sistemas com uso de gases fluorados, etc.

É imperativa a inversão desta tendência. Actualmente é apenas possível atingir valores de redução dos GEE programadas a médio/longo prazo que permitem prever o momento em que o crescimento desses gases na atmosfera pára e se inicia o seu decréscimo. É igualmente aceite que um maior esforço de mitigação agora permitirá reduzir no futuro os seus custos para um valor superior de redução, e um menor esforço agora levará a custos superiores no futuro para um valor inferior de redução. O esforço de mitigação está também relacionado com o tempo previsto para a inversão da curva de crescimento GEE, estimado entre 50 anos a 100 anos.

Neste sentido, o Protocolo de Quioto estabeleceu metas para emissão de GEE, para os países que o ratificaram onde está incluída a Europa e Portugal. O Mercado de Carbono, é um meio para financiar políticas de mitigação das alterações climáticas e permite criar uma dinâmica em torno deste objectivo. O protocolo de Quioto estabelece metas até 2012, ano a partir do qual deverão ser definidas novas metas.

O desenvolvimento sustentável é a resposta para o novo modelo de sociedade humana. Este modelo permite projectar cenários de desenvolvimento humano, em que seja possível manter

condições idênticas às actuais no futuro. Mas este cenário já só é possível se começarmos agora a utilizar os nossos recursos, de forma mais racional e eficiente possível.

Percebe-se a agora a importância da eficiência energética, ou seja, a utilização racional de energia aplicável a todas as áreas de actividade humana. Uma delas é a dos edifícios.

Para reduzir o consumo energético num edifício é necessário quantificar as suas necessidades de aquecimento, arrefecimento, os seus ganhos e perdas de energia ao longo do ano, e otimizar estas perdas e ganhos de forma a poder aplicá-las quando são necessárias ao edifício. O local onde o edifício será construído influencia o seu comportamento térmico. Compreender as suas influências bioclimáticas permite tirar partido destas para tornar o nosso edifício mais eficiente.

O eco-design aplica as estratégias bioclimáticas associadas ao desenho do edifício, que são a base do desenho passivo. O desenho passivo pretende que o edifício apoiado no seu desenho e aplicação de estratégias passivas possa manter a temperatura interior de conforto sem recorrer a meios mecânicos de climatização. Imaginemos um edifício não como um objecto inerte mas como algo vivo que reage às temperaturas exteriores como nós reagimos na procura do conforto interior. O modelo adaptativo de conforto interior permite identificar as temperaturas que ocorreram no edifício por espaços ao longo de um determinado período de tempo. Percebe-se que a temperatura de conforto definida para um projecto não é única, mas sim várias contidas numa faixa de conforto humano em função das temperaturas ocorridas no exterior.

O clima é um dos factores principais que influenciam o comportamento térmico dos edifícios. Como resultado do meu trabalho de análise às casas passivas, verifiquei existirem significativas diferenças entre diferentes zonas climáticas (centro da Europa e Portugal) e consequente necessidade de acções correctivas. O clima de Portugal, contrariamente aos projectos dos Países da Europa Central, confere aos edifícios necessidades de arrefecimento durante a estação de Verão.

Caso exista a necessidade de climatização esta deve ser prioritariamente passiva através da utilização de energias alternativas, como por exemplo a solar e a geotérmica. Caso seja necessária a aplicação de equipamentos de climatização activos a opção para colmatar o balanço

de energia eléctrica respectiva será a micro produção de energia eléctrica através de energias alternativas: solar e eólica.

Os países da Europa Central têm até à data apresentado um forte crescimento na construção de casas passivas com sucesso. Em Portugal existem já alguns edifícios que utilizam as estratégias bioclimáticas. Os actuais regulamentos de eficiência energética para os edifícios em Portugal consideram a utilização obrigatória de colectores solares térmicos para o aquecimento de AQS mas não reflectem as estratégias bioclimáticas para o desenho passivo. Neste momento temos em curso a 1ª revisão da directiva Europeia 2002/91/CE - EPBD que entrou em vigor em Portugal em 2006. Pretende-se que esta 1ª revisão da directiva enquadre já meios para que em 2018 novos edifício públicos e em 2020 todos os novos edifício possam ser NZEB (Net Zero Energy Building) em Portugal.

A título de exemplo apliquei o regulamento adequado a uma moradia unifamiliar, neste caso, o RCCTE. O estudo completo de eficiência energética da habitação localizada na zona de Sintra, construída antes da introdução dos actuais regulamentos, mostrou que facilmente se ultrapassou um dos valores máximos de necessidades térmicas, neste caso necessidades anuais de aquecimento - Nic. Como medida correctiva, estudei a aplicação de isolamento exterior em cortiça, tendo-se conseguido colocar a habitação regulamentar, com uma poupança ao nível de Nic em cerca de 33 %. No actual regulamento esta estratégia bioclimática influencia pouco na classificação do edifício não a alterando, mas significa uma redução significativa das necessidades energéticas para aquecimento.

Estamos numa altura em que a mudança de conceitos, tecnologias e mentalidades, se processa a diferentes velocidades. A introdução de acções passivas em detrimento de equipamentos clássicos desenvolvidos e experimentados, coloca o Engenheiro do presente e do futuro perante situações de permanente desafio, onde a experiência será uma enorme mais valia.

Este trabalho, Dissertação, partilha realidades actuais e futuras, que ocorrem a uma velocidade superior à capacidade de mudança da própria indústria, constituindo assim um ponto de partida para o desenvolvimento e aplicação de ideias e diferentes tecnologias sustentáveis, com conclusões.

Outra área que abordei é a utilização de sistemas passivos de climatização (ventilação natural, energia solar, energia geotérmica) que não emitem gases de efeito de estufa. A produção de energia eléctrica através de fontes de energia passiva (solar fotovoltaico, eólico, etc), é uma resposta para que o nosso edifício tenha características de produtor de energia eléctrica. Considerando o conjunto destas medidas, podemos ter um edifício NZEB – Net Zero Energy Building.

No que se refere ao desenho passivo em Portugal de edifícios retiram-se as seguintes conclusões:

1) Zonas Climáticas em Portugal:

O respeito das zonas climáticas quando se desenha um edifício passivo é fundamental para o seu sucesso. As zonas climáticas em Portugal dividem-se em 2 grandes grupos: zonas de influência marítima e zonas de influência continental. As estratégias passivas são comuns em todo o território exceptuando no caso da ventilação, em que a diferença consiste na utilização da ventilação transversal evaporativa no caso de o clima ser de influência continental ou apenas ventilação transversal no caso de ser de influência marítima uma vez que a humidade presente no ar é muito mais elevada.

No quadro abaixo estão esquematizadas as estratégias por zonas climáticas.

<i>Zonas Climáticas</i>	<i>Estratégias</i>
<i>Zonas climáticas de influência continental (maiores amplitudes térmicas) I1 V3 I2 V2 I2 V3 I3 V1 I3 V2 I3 V3</i>	<i>-Isolamento da envolvente; -Estanquicidade do edifício; -Inércia térmica Média/Forte; -Envidraçados com maiores áreas orientadas a Sul para promover os ganhos solares no Inverno, e devidamente protegidas para com meios de sombreamento para evitar os ganhos solares no Verão -Ventilação transversal, evaporativa, nocturna para arrefecimento no Verão;</i>

<i>Zonas climáticas de influência marítima (menores amplitudes térmicas)</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Isolamento da envolvente; -Estanquicidade do edifício; -Inércia térmica Média Forte; -Envidraçados com maiores áreas orientadas a Sul para promover os ganhos solares no Inverno, e devidamente protegidas para com meios de sombreamento para evitar os ganhos solares no Verão -Ventilação transversal, nocturna para arrefecimento no Verão
<i>II V1</i>	
<i>II V2</i>	
<i>I2 V1</i>	

2) Estratégias a considerar no desenho de um edifício passivo

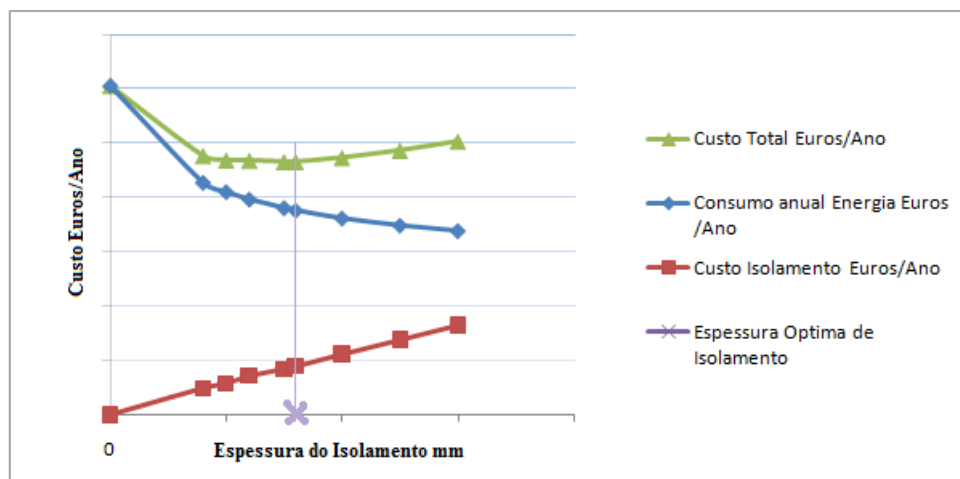
a. Isolamento da Envolvente Opaca do Edifício

Uma das estratégias mais importantes a considerar nos elementos construtivos do edifício é o seu isolamento.

O isolamento mais eficaz da envolvente é o isolamento exterior, porque evita as condensações interiores e aumenta a sua inércia térmica.

O isolamento associado a uma boa estanquicidade do edifício e inércia térmica, permite manter as condições de conforto interior com perdas mínimas na estação de aquecimento e ganhos mínimos de energia na estação de arrefecimento.

O cálculo do valor de espessura óptima de isolamento é específico a cada caso e deverá ter em conta os valores de N_{ic} , N_{vc} , o custo do isolamento e o custo de Energia anual para aquecimento e arrefecimento. A curva de custo total (custo de energia anual + amortização anual) define no seu ponto mais baixo o valor óptimo da espessura do isolamento a considerar (conforme gráfico abaixo).



b. Superfícies Envidraçadas

O desenho e orientação das superfícies envidraçadas do edifício determinam a sua capacidade para absorver ganhos térmicos através de radiação solar no Inverno. Os edifícios devem ter as maiores áreas de envidraçados nas orientação mais favoráveis para receberem a luz do sol e evitar colocá-las em orientações com menor capacidade de absorção (por exemplo a Norte). As fachadas a Sul são aquelas que melhores capacidades têm, de absorção de energia solar. No Inverno os raios solares apresentam uma incidência quase horizontal nas fachadas orientadas a Sul, e esta característica permite a absorção máxima por radiação de energia para o interior dos edifícios. De igual forma, para evitar perdas de energia pelos envidraçados durante a noite devem-se ser considerados sistemas de oclusão nocturna.

No Verão, a estratégia é oposta, ou seja, devem-se evitar os ganhos térmicos de energia através das superfícies envidraçadas. Neste caso, os raios solares apresentam nas fachadas orientadas a Sul uma incidência quase vertical, pelo que muitas vezes a colocação palas para sombreamento é suficiente, ou em conjunto com outros dispositivos de sombreamento.

c. Inércia Térmica

A inércia térmica do edifício define a sua capacidade para absorver energia térmica nos componentes pesados da sua estrutura, por condução, e transmiti-la para o espaço interior por convecção. Quanto maior a Inércia Térmica maior a capacidade o edifício tem, para absorver esta energia. Quando associamos esta característica à opção de isolamento exterior estamos a garantir que o edifício irá absorver temperaturas mais próximas das temperaturas interiores de

conforto. A inércia térmica permite reforçar os ganhos térmicos no Inverno. No verão será necessário dissipar parte desta energia utilizando-se para este efeito a ventilação.

d. Estanquicidade do edifício

A estanquicidade do edifício é fundamental para manter os ganhos de energia no Inverno através das superfícies envidraçadas e reforçados pela inércia térmica do edifício. Para edifícios sem ventilação mecânica, o actual regulamento considera o valor mínimo de 0,6 Rph (renovações por hora) desde que cumpra o estipulado na norma Np 1037-1 (Decreto Lei 80/2006), ou seja a vedação em todo o perímetro das portas e janelas e os dispositivos de admissão de ar auto-reguláveis devem garantir os caudais nominais especificados nos compartimentos servidos para um gama de pressões entre 10 Pa e 200 Pa.

A norma europia EN 13829, prevê em projectos passivos e no caso de o edifício possuir ventilação mecânica, o valor máximo de 0,6 Rph para teste de pressurização de 50Pa e considerando temperaturas abaixo de 0° C (aplicada aos climas da Europa Central). Para Portugal onde as temperaturas são maioritariamente acima de 0 °C graus, é aceite o valor máximo de 1 Rph para teste de pessurização de 50Pa.

e. Ventilação

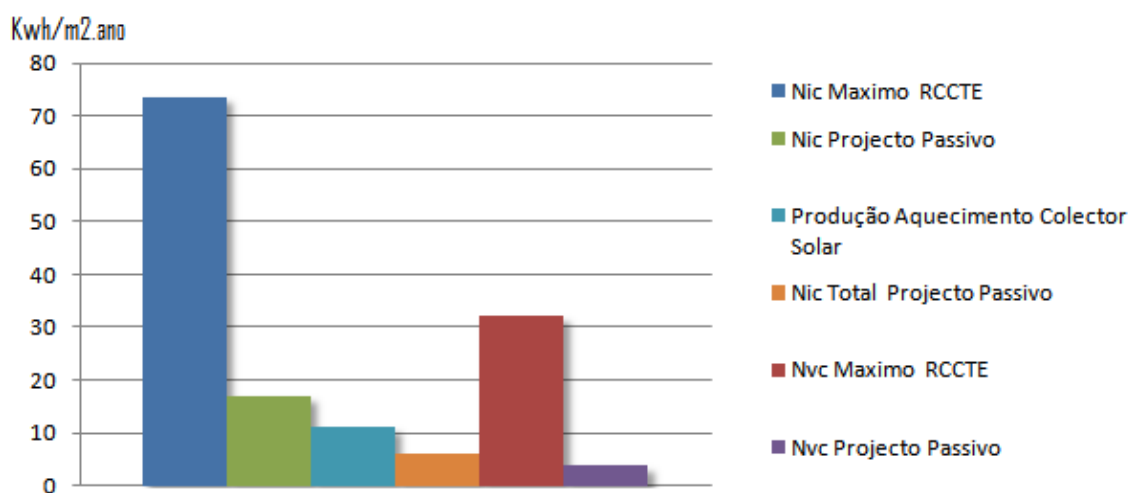
A estratégia da ventilação mecânica ou natural, é utilizada para o arrefecimento do edifício. Na estação de arrefecimento é necessário dissipar os ganhos solares que o edifício absorveu, tal é conseguido por exemplo, através de ventilação natural transversal dos locais mais frescos do edifício por meio de abertura de grelhas e de um controlador, direccionando o ar fresco para os espaços a arrefecer, ou por arrefecimento nocturno de fachadas através de caixas-de-ar previstas nas fachadas, ou por exemplo, por abertura manual de janelas pelos utilizadores dos espaços.

A ventilação nocturna pode apoiar-se no arrefecimento evaporativo por meio de utilização de reservatórios de água junto às fachadas a arrefecer que promovem um arrefecimento mais eficiente, principalmente nas zonas climáticas de influência continental em Portugal.

f. Temperatura interior de conforto

A temperatura interior de conforto conforme o actual regulamento é de 20° C na estação de aquecimento e de 25° C, na estação de arrefecimento. Estes valores fixos levam a cálculos de

Nic e Nvc respectivamente também fixos. O projecto passivo prevê a adopção do Modelo de Conforto Adaptativo conforme a norma europeia EN 15251 de 2007, que considera que a temperatura interior de conforto é variável em função da temperatura exterior, ao longo do dia, e ao longo do ano. Este pressuposto faz com que para um determinado espaço apresente temperaturas de conforto variáveis e não fixas, representando-se graficamente como uma área de temperaturas interiores de conforto e não como uma linha. Da mesma forma, o cálculo de Nic e Nvc, varia igualmente, resultando num valor muito menor do que o valor obtido com o actual regulamento. Por exemplo, é aceitável uma temperatura interior de conforto mínima na estação de aquecimento de 18° C e, uma temperatura interior de conforto mínima na estação de arrefecimento de 28° C. No gráfico abaixo estão representados os cálculos para Nic e Nvc para a casa passiva portuguesa considerando a norma de conforto adaptativo e os valores respectivos conforme o actual regulamento.



g. Meios Passivos de Aquecimento/arrefecimento de edifícios

Nos casos em que as estratégias descritas acima não são suficientes para a climatização do edifício, devem-se considerar sistemas passivos de aquecimento/arrefecimento ou seja sistemas que utilizam energias alternativas de zero emissões de GEE. Como exemplo, refiro a utilização de colectores solares térmicos para aquecimento do edifício e de AQS, a utilização de sistemas de recuperação de calor apoiados por energia geotérmica, entre outros. No actual regulamento, é considerada a obrigatoriedade de sistemas solares térmicos para AQS, mas a sua influência no cálculo de Ntc é apenas na parcela correspondente às necessidades térmicas para AQS-Nac. Muitas vezes estes sistemas permitem também o aquecimento do edifício, devendo este valor ser

também considerado na parcela de Nic. O mesmo se aplica no caso da estação de arrefecimento Nvc, quando utilizamos sistemas passivos de arrefecimento.

h. Sistemas de microgeração de energia

Um edifício passivo contabiliza não só a energia necessária para arrefecimento, aquecimento e AQS, mas também a energia necessária para iluminação e funcionamento de todos os electrodomésticos, equipamentos que consumam energia eléctrica. Nestas circunstâncias, e como se pretende nos projectos passivos a não emissão de GEE, a opção para o excedente de energia a utilizar é anulá-lo através da produção de energia eléctrica por meio de sistemas passivos: foto voltaico e eólico.

Este processo também conhecido por micro geração permite que toda a energia consumida pelo edifício seja de origem passiva, daí a expressão Nzeb-Near Zero Energy Buildings.

Os edifícios são responsáveis por cerca de 30 a 40% do consumo de energia final com elevadas emissões GEE. Demonstrei com o que acabei de descrever, que é possível a médio prazo apoiado no regulamento adaptado a edifícios passivos, numa política inteligente de apoio à micro geração, na informação continuada dos agentes que intervêm nesta área, que é possível no nosso país a construção de edifícios NZEB, tendo sido este o objectivo do meu trabalho.

10. Referências

Decreto Lei 78/2006

Decreto Lei 79/2006

Decreto Lei 80/2006

Gonçalves, Helder; Graça, João Mariz: Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal, INETI, 2004

Y.A. Çengel, “Heat Transfer: A practical approach” McGraw-Hill Inc., N.Y. , 2nd ed 2003.

<http://redebioclimatica.org/>

<http://ecoarkitekt.com/>

<http://labvirtual.eq.uc.pt/>

<http://www.dgge.pt>

<http://www.fluorocarbons.org/en/applications/refrigeration.html>

<http://eur-lex.europa.eu>

<http://www.apambiente.pt>

CumprirQuioto.pt

Passivhaus Institut

www.passive-on.org

www.adene.pt

<http://www.ipcc.com>

<http://www.wmo.int>

<http://www.meteo.pt/>

<http://response.restoration.noaa.gov>

ec.europa.eu/energy/intelligent

11. Glossário

Furacão – Fase de um ciclone tropical que ocorre no Oceano Atlântico Norte (Golfo do México e Caraíbas) e na região Leste dos Estados Unidos, quando a intensidade do vento médio atinge valores de, pelo menos, 119 km/h (64 kt ou 33 m/s).

Força Centrífuga – Força aparente (do ponto de vista de um observador num referencial em rotação) que defllecte radialmente e é dirigida para fora em relação ao eixo de rotação.

Força Centrípeta – Força necessária para manter um objecto em movimento numa trajectória circular e que é dirigida para dentro, no sentido do eixo de rotação.

Estratosfera – Região acima da troposfera, que se estende desde a tropopausa até altitudes de cerca de 50 km, em que a temperatura aumenta com a altitude e em que ocasionalmente se podem observar nuvens nacaradas.

Estratopausa – Limite superior da Estratosfera, em que a temperatura deixa de subir com a altitude.

Exosfera – Região em torno da terra em que a densidade da atmosfera é tão baixa que as colisões entre partículas neutras (sem carga) são muito raras. Estas partículas podem escapar à atracção gravitacional da terra e viajar pelo espaço inter-planetário.

Escala Planetária – Escala de movimento que compreende fenómenos cuja dimensão horizontal é tipicamente superior a 10000 km e cujas escalas de tempo variam entre semanas e meses. Ondas longas e anticiclones subtropicais são exemplos de fenómenos de escala sinóptica.

El Niño – Fenómeno meteorológico caracterizado pelo aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico Equatorial, provocando a ocorrência de uma série de eventos atmosféricos capazes de condicionar o clima.

Estação climatológica – Estação que fornece informações para fins climatológicos. Os elementos observados incluem, vento, nebulosidade, temperatura e humidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação e insolação. As estações climatológicas podem ser estações climatológicas simples, onde se executa pelo menos uma observação por dia, incluindo as temperaturas extremas do ar e a quantidade de precipitação ou estações climatológicas principais, onde se executam observações horárias, ou pelo menos tri-horárias, com apuramento dos valores horários a partir de meteogramas de instrumentos registadores.

Humidade Absoluta do ar – massa de vapor de água por unidade de volume de ar húmido, expresso em g/m³

Humidade Específica do ar – massa de vapor de água por unidade de massa de ar húmido, expresso em g/kg

Ionosfera – Região da atmosfera em que ocorrem processos de ionização.

Ionização – Formação de iões por incidência de radiação solar nos átomos, com consequente libertação de electrões. átomos, com consequente libertação de electrões.

Massa de Ar - A massa de ar é caracterizada pela sua temperatura e humidade, e adquire a sua designação a partir da região onde se forma. Assim, a massa de ar pode ser Equatorial, Tropical, Polar ou Ártica, sendo a temperatura o parâmetro meteorológico mais influenciado pela região de origem. Por outro lado, uma massa de ar com conteúdo elevado (reduzido) em humidade é designada de marítima (continental). Deste modo, é possível definir, por exemplo, uma massa de ar polar continental e uma massa de ar tropical marítimo.

Onda de Calor – Segundo a definição da WMO (Organização Meteorológica Mundial) ocorre uma onda de calor quando num período de 6 dias consecutivos, a temperatura máxima do ar é superior em 5°C ao valor médio das temperaturas máximas diárias no período de referência (1961-1990).

Temperatura do ponto de orvalho – Temperatura à qual o ar húmido ficaria saturado se fosse arrefecido, a pressão constante.

Sobre-elevação do nível do mar com origem meteorológica – diferença entre o nível do mar observado num determinado local e instante e o nível que ocorreria, nesse mesmo local e nesse mesmo instante, na ausência da tempestade, ou seja, unicamente devido à maré; também conhecido do inglês como Storm Surge. A sobre-elevação do nível do mar com origem meteorológica, ao coincidir com uma maré alta, pode ser severamente destrutiva, podendo afectar o aspecto fisiográfico da linha de costa. Esta sobre-elevação é causada pelo vento e pela pressão atmosférica associadas a perturbações meteorológicas activas.

12. Terminologia

APIRAC - Associação Portuguesa dos Industriais da Refrigeração e Ar Condicionado

CFC - Clorofluorcarbonetos

CH₄ - Metano

CITEPA - Interprofessional Technical Center of Studies of Atmospheric Pollution

CO₂ - Dióxido de Carbono ou anidrido carbónico

CO_{2e} - Dióxido de carbono equivalente

CORINAIR - Inventário de Emissões Atmosféricas

DGA - Direcção Geral do Ambiente

DGF - Direcção-Geral das Florestas

DGEG - Direcção Geral de Energia e Geologia

DGAE - Direcção Geral das Actividades Económicas

DGRF - Direcção Geral dos Recursos Florestais

DGTT - Direcção Geral dos Transportes Terrestres

DOC - Carbono Orgânico Degradável

DRAOT - Direcção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations

GEE - Gases Com Efeito de Estufa

H₂S - Sulfureto de Hidrogénio

HCFC - Hydroclorofluorcarbons

APA - Agência Portuguesa do Ambiente

PTEN - Programa para os Tectos de Emissão Naciona

REN - Rede Eléctrica Nacional

SF₆ - Hexafluoreto de Enxofre

LUCF - Alteração do Uso do Solo e Florestas

LULUCF - Uso do Solo, Alteração do Uso do Solo e Florestas

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

MCF - Factor de Conversão de Metano

Na₂S - Sulfureto de Sódio

NaOH - Hidróxido de Sódio

NFI - Inventário Florestal Nacional

NH₃ - Amoníaco

NM VOC - Compostos Orgânicos Voláteis Não Metânicos (COVNM)

NO_x - Óxidos de Azoto (NO+NO₂)

NPK - Nitrogénio, Fósforo e Potássio

NSS - Superfosfatos simples

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change