



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

***Desempenho Energético e Sustentabilidade na
Reabilitação do Edificado***

Manuel Revez Mascarenhas Pereira

Projecto final

Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios

Trabalho efectuado sob a orientação de:

Eng.º Daniel Cabrita

Eng.º Cândido de Sousa

Ano 2013



UNIVERSIDADE DO ALGARVE

***Desempenho Energético e Sustentabilidade na
Reabilitação do Edificado***

Manuel Revez Mascarenhas Pereira

Projecto final

Mestrado em Energia e Climatização de Edifícios

Trabalho efectuado sob a orientação de:

Eng.º Daniel Cabrita

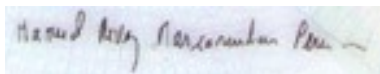
Eng.º Cândido de Sousa

Ano 2013

Desempenho Energético e Sustentabilidade na Reabilitação do Edificado

Declaração de autoria de trabalho

Declaro ser o autor deste trabalho, que é original e inédito. Autores e trabalhos consultados estão devidamente citados no texto e constam da listagem de referências incluída.



Copyright Manuel Revez Mascarenhas Pereira.

A Universidade do Algarve tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicitar este trabalho através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, de o divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho de projecto final foi concluído devido à contribuição de várias pessoas a quem não posso deixar de dar uma palavra de agradecimento.

Ao Eng.º Daniel Cabrita e Eng.º Cândido de Sousa pelo apoio e colaboração durante a realização do trabalho, partilhando sempre a disponibilidade e conhecimentos.

À Sintec e Parque Escolar, E.P.E., pela sua disponibilidade para a execução do caso prático.

À empresa de fiscalização da Escola Secundária de Loulé, Cinclus, em especial ao Eng.º Francisco Guerreiro pela sua disponibilidade.

Aos meus familiares pelo apoio prestado.

RESUMO

O parque habitacional edificado é, actualmente, um dos elementos que mais contribui para a degradação do ambiente.

O desempenho energético e o nível de eficiência nos edifícios de habitação, no que respeita ao consumo de recursos naturais e ao seu conforto ambiente, leva a que hoje, se possa considerar que o mesmo parque construído é insustentável.

Deste modo, importa que se conheçam e determinem os problemas concretos do parque habitacional edificado de modo a se poder contribuir para a resolução desta situação.

O presente trabalho de projecto trata o tema do desempenho energético e sustentabilidade na reabilitação do edificado, com um exemplo de um caso prático da Escola Secundária de Loulé.

As diversas tarefas do sector da construção civil de um edifício colaboram em grande escala para o impacte ambiental, pelo que, é de vital importância tornar esta actividade cada vez mais sustentável por forma a minimizar o mesmo efeito, respondendo ao mesmo tempo às necessidades do edificado e da população.

Deste modo é necessário o reconhecimento do estado actual do edificado português e dos vários sectores da construção, por forma a responder às deficiências existentes através de uma política de reabilitação da habitação o mais sustentável possível.

Pretende-se com este trabalho de projecto, baseado num trabalho prático, comprovar que a escolha correcta de produtos sustentáveis e processos construtivos podem originar um bom desempenho ambiental, funcional e económico, demonstrando que a sustentabilidade é a via para o futuro da humanidade.

Palavras-chave: Sustentabilidade, reabilitação, Escola, Parque Escolar, energia.

ABSTRACT

This research project addresses the issue of energy performance and sustainability in the building rehabilitation, with a practical example of a case study of a School of Loulé.

The various tasks of the construction industry to collaborate on building have a large-scale environmental impact, it is vital to make this activity more sustainable in order to minimize the environmental impact, while answering the population needs of building.

Thus it is necessary to recognize the current state of Portuguese buildings and the various sectors of construction, in order to meet existing deficiencies through a policy of rehabilitation of housing the most sustainable way possible.

The aim of this research project, bridged with the help of a practical work, check that the correct selection of sustainable products and construction processes can have a good environmental performance, functionally and economically, demonstrating that sustainability is the humanity future.

Keywords: Sustainability, rehabilitation, school, Parque Escolar, energy.

ÍNDICE GERAL

Índice de matérias	viii
Índice de figuras	xi
Índice de quadros	xiii
Índice de gráficos	xiv
Acrónimos e abreviaturas (simbologia)	xv

ÍNDICE DE MATÉRIAS

CAPÍTULO 1	INTRODUÇÃO	1
1.1.	Enquadramento do tema de trabalho	1
1.2.	Objectivo, estrutura e metodologia	5
CAPITULO 2	ESTADO DA ARTE	7
2.1	Definições sobre sustentabilidade em edifícios	7
2.1.1.	Sustentabilidade	7
2.1.2.	Desenvolvimento sustentável	7
2.1.3.	Sustentabilidade em edifícios	12
2.2.	Estado actual edificado na União Europeia	14
2.2.1.	Enquadramento	14
2.2.1.1	Consumo de matérias-primas	15
2.2.1.2	Resíduos	15
2.2.2	Consumo energético	16
2.2.3	Emissão de gases efeito estufa	19
2.4	Estado actual do edificado em Portugal	20
2.4.1	Enquadramento	20
2.5	Políticas de sustentabilidade na União Europeia, em relação aos edifícios	28
2.6	Políticas de sustentabilidade em Portugal, em relação aos edifícios	33
CAPITULO 3	REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS	39
3.1	Introdução	39
3.2	A reabilitação e a sustentabilidade	41
3.3	Reabilitação térmica e energética	42
3.4	Metodologia para uma reabilitação térmica e energética	43
3.4.1	Reabilitação térmica e energética da envolvente exterior	44
3.4.1.1	Envolvente opaca	44
3.4.1.2	Envidraçados	46
3.4.1.3	Sistemas passivos nos edifícios	46
3.4.1.4	Sistemas activos nos edifícios	50

3.4.2	Reabilitação da iluminação natural e artificial	52
3.4.3	Sistemas de ventilação e climatização	53
CAPITULO 4	AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM EDIFÍCIOS	54
4.1.	Introdução	54
4.2.	Metodologia	57
4.3.	Sistemas de avaliação da sustentabilidade	58
4.3.1	Sistema <i>Leadership in Energy & Environmental Design (L.E.E.D)</i>	58
4.3.1.1	Definição	58
4.3.1.2	Metodologia	59
4.3.2.	Sistema <i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method (B.R.E.E.A.M.)</i>	60
4.3.2.1	Definição	60
4.3.2.2	Metodologia	62
4.3.3.	Sistema Líder A	64
4.3.3.1	Definição	64
4.3.3.2	Metodologia	64
CAPITULO 5	CASO PRÁTICO	67
5.1	Introdução	67
5.2	Avaliação da sustentabilidade da Escola Secundária de Loulé, utilizando o método Líder A	72
5.3	Estudo económico das soluções construtivas	125
CAPITULO 6	UMA SOLUÇÃO MAIS SUSTENTÁVEL	127
6.1	Introdução	127
6.2	Aplicação de materiais mais sustentáveis	127
6.2.1	Estrutura do edifício	128
6.2.2	Parede exterior	128
6.2.3.	Isolamento térmico	130
6.2.4	Cobertura exterior	131

6.2.5	Envidraçados	131
6.3	Cálculos	133
6.3.1.	Envolvente exterior	133
6.3.1.1.	Parede exterior	133
6.3.1.2.	Cobertura exterior	135
6.3.1.3.	Pavimento exterior	137
6.3.1.4	Envidraçados	138
CAPITULO 7	CONCLUSÕES	139
CAPITULO 8	PERSPECTIVAS FUTURAS - Edifícios com necessidades quase nulas de energia	142
8.1	Objectivo	142
8.2	Norma “ <i>Passivhaus</i> ”	143
8.2.1.	Definição	143
8.2.2	Requisitos	145
8.2.3	Edifícios “passivos” e sua sustentabilidade	146
8.2.4	Aplicação do conceito da norma “ <i>Passivhaus</i> ” a países do Sul da Europa	147
8.2.4.1	Aplicação em Portugal	148
CAPITULO 9	BIBLIOGRAFIA	151
ANEXO I	CONCEITOS E DEFINIÇÕES	
ANEXO II	SOLUÇÕES DE A.V.A.C	
ANEXO III	SOLUÇÕES DE A.Q.S.	
ANEXO IV	CASO DE ESTUDO L.E.E.D.	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Balanço do comércio entre a U.E. e o resto do mundo	3
Figura 1.2	Desenho esquemático dos “ <i>inputs</i> ” e “ <i>outputs</i> ” da construção de edifícios	4
Figura 2.1	Trilogia dos objetivos da sustentabilidade	8
Figura 3.1	Radiação solar	47
Figura 3.2	Sistema de ganho directo	48
Figura 3.3	Sistema de ganho indirecto - parede <i>Trombe</i>	48
Figura 3.4	Sistema de ganho indirecto – estufa	49
Figura 3.5	Sombreamento exterior num edifício	49
Figura 4.1	Distribuição de países no mundo com o sistema <i>B.R.E.E.A.M.</i>	60
Figura 4.2	Metodologia do sistema LíderA	65
Figura 5.1	Vista aérea da Escola Secundária de Loulé	67
Figura 5.2	Planta da Escola de Loulé antes da intervenção sofrida	68
Figura 5.3	Planta da Escola de Loulé depois da intervenção sofrida	70
Figura 5.4	Bloco G (reabilitado) e novos balneários	73
Figura 5.5	Bloco C (novo) com Bloco E (reabilitado)	73
Figura 5.6	Interacção de habitats	75
Figura 5.7	Espessura da envolvente exterior do Bloco C (parede)	82
Figura 5.8	Parede exterior do Bloco C	83
Figura 5.9	Envolvente exterior do Bloco C (cobertura)	84
Figura 5.10	Cobertura exterior do Bloco C	85
Figura 5.11	Pavimento sobre local não aquecido do Bloco C	86
Figura 5.12	Envidraçado	87
Figura 5.13	Envolvente exterior (envidraçados)	88
Figura 5.14	Envolvente exterior (sombreamento envidraçados)	88
Figura 5.15	Envolvente exterior	88
Figura 5.16	Envolvente exterior (envidraçados)	89
Figura 5.17	Envolvente exterior do Bloco D (parede)	90
Figura 5.18	Envolvente exterior do Bloco D (cobertura)	91
Figura 5.19	Envolvente exterior do Bloco D (pavimento)	92
Figura 5.20	Sala de aula e envolvente exterior	93
Figura 5.21	Energias renováveis (solar)	98

Figura 5.22	Desenho passivo nas coberturas metálicas inclinadas, viradas a Sul	100
Figura 5.23	Desenho passivo (iluminação e ventilação naturais)	101
Figura 5.24	Consumo de água	102
Figura 5.25	Envolvente exterior (envidraçados oscilo-batentes)	105
Figura 5.26	Interior do edifício escolar (corredor acesso a salas de aula)	106
Figura 5.27	Interior do edifício escolar (refeitório)	107
Figura 5.28	Envolvente exterior	107
Figura 5.29	Interior do edifício escolar (refeitório)	108
Figura 5.30	Rede de esgotos	110
Figura 5.31	Rede de esgotos	110
Figura 5.32	Gestão dos R.C.D.	113-
até 5.39		114
Figura 5.40	R.C.D. para reciclagem	115
Figura 5.41	Zona de duplo pé-direito	117
Figura 5.42	Desenho passivo (iluminação e ventilação naturais)	118
Figura 6.1	Características mecânicas e físicas do bloco de alvenaria em betão leve.	129
Figura 6.2	Esquema de funcionamento da tecnologia <i>Smart Glass</i>	132
Figura 6.3	Envolvente exterior (parede)	133
Figura 6.4	Envolvente exterior (cobertura)	135
Figura 6.5	Envolvente exterior (pavimento)	137
Figura 6.6	Envolvente exterior (envidraçados)	138
Figura 8.1	Comparação entre um edifício com baixo consumo energético (esquerda) e “casa passiva” (direita)	144
Figura 8.2	Países parceiros do projecto “ <i>PASSIVE-ON</i> ”	147

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1	Datas e locais das cimeiras sobre desenvolvimento sustentável	11
Quadro 4.1	Resumo das categorias <i>B.R.E.E.A.M</i> e as suas principais questões	62-63
Quadro 5.1	Balanço energético mensal e anual	94
Quadro 5.2	Indicadores da sustentabilidade Parque Escolar, E.P.E.	111
Quadro 5.3	Avaliação e desempenho da sustentabilidade, segundo o método LíderA	122-124
Quadro 5.4	Estudo económico das diversas soluções construtivas e resíduos produzidos para o bloco C e D	126
Quadro 6.1	Cálculo da resistência térmica da parede exterior	134
Quadro 6.2	Comparação entre diversas soluções construtivas Bloco C e Bloco Sugestão	138
Quadro 7.1	Comparação entre as soluções construtivas do Bloco C e D	140
Quadro 8.1	Requisitos para um edifício, segundo a norma “ <i>Passivhaus</i> ”	144

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1	Produção anual de energia a partir de resíduos da construção na União Europeia (U.E.)	16
Gráfico 2.2	Dependência energética na U.E	17
Gráfico 2.3	Intensidade energética na U.E	17
Gráfico 2.4	Consumo energético dos edifícios na U.E	18
Gráfico 2.5	Contribuição energias renováveis U.E. no consumo bruto de energia final na U.E	18
Gráfico 2.6	Produção de G.E.E. em 1990 e 2010 (protocolo Quioto)	19
Gráfico 2.7	População residente em Portugal	20
Gráfico 2.8	Número de edifícios recenseados entre 1991 e 2011	21
Gráfico 2.9	Número de edifícios segundo a época de construção	22
Gráfico 2.10	Classe energética de edifícios existentes no ano de 2011	23
Gráfico 2.11	Dependência energética em Portugal	25
Gráfico 2.12	Intensidade energética em Portugal	26
Gráfico 2.13	Consumo energético em edifícios de Portugal	26
Gráfico 2.14	Contribuição Energias Renováveis no consumo bruto de energia final em edifícios de Portugal	27
Gráfico 5.1	Ponderação das vertentes segundo o sistema LíderA	121
Gráfico 8.1	Estimativa das necessidades anuais de aquecimento (vermelho) e de arrefecimento (azul) para um edifício típico e um edifício “ <i>Passivhaus</i> ”	150

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS (SIMBOLOGIA)

- ADENE – Agência para a Energia;
- A.E.A. – Agência Europeia do Ambiente;
- A.P.A. – Agência Portuguesa para o Ambiente;
- A.S.H.R.A.E. – *American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*;
- A.V.A.C. – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado;
- B.R.E. – *Building Research Establishment*;
- B.R.E.E.A.M. – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*;
- C.E. – Certificado Energético;
- CO₂ – Dióxido de Carbono;
- COP – *Coefficient of Performance*;
- C.O.V. – Composto Orgânico Volátil;
- D.G.E.G. – Direcção-Geral de Energia e Geologia;
- E.E - Energia incorporada;
- EPS – Poliestireno Expandido;
- FER – Fonte de Energia Renovável;
- G.E.E. – Gases de Efeito de Estufa;
- kW – KiloWatt;
- kWh – Kilo Watt hora;
- I.E.A. – Agência Internacional de Energia;
- I.N.E. – Instituto Nacional de Estatística;
- L.E.E.D. – *Leadership in Energy and Environmental Design*;
- LiderA – Sistema Voluntário para a Avaliação da Construção Sustentável;
- L.N.E.C. – Laboratório Nacional de Engenharia Civil;
- O.N.U. – Organização das Nações Unidas;
- PHI – *Passive house institute*;
- R.C.C.T.E. – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;
- R.C.D. – Resíduos de Construção e Demolição;

R.G.R. – Regulamento Geral do Ruído;

R.P.H. – Renovações por hora;

R.R.A.E. – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios;

R.S.E.C.E. – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios;

S.C.E. – Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios;

U – Coeficiente de Transmissão Térmica;

U.E. – União Europeia;

U.S.G.B.C. – *United States Green Building Council*;

XPS – Poliestireno Extrudido;

CAPÍTULO 1.

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do tema de trabalho

O planeta Terra é uma grande fonte de matéria e recursos, mas não é infinito. Tem um diâmetro de 12.756 Km e uma massa de 5,976E24 kg, segundo fonte das Organizações das Nações Unidas (O.N.U.). Se dividirmos o valor da massa do nosso planeta, pelos quase 7 mil milhões de habitantes actualmente existentes no nosso planeta, cada pessoa ficaria com cerca de 1 trilião de toneladas dessa massa. Porém, acontece que só podemos explorar os recursos à superfície ou a pouca profundidade do nosso planeta, pois muitos são dependentes da luz solar.

No nosso planeta existem aproximadamente 6 895 889 000 habitantes, segundo fonte O.N.U. em Abril de 2011, 467 milhões a mais do que no ano de 2005 ou seja um ganho de 77 milhões de pessoas anualmente, desde então. Sob uma perspectiva mais optimista, do ponto de vista da sustentabilidade, ou seja, supondo que os níveis de fecundidade baixem, a população mundial deve chegar ao ano de 2050 com 9,3 mil milhões de habitantes, 10,1 mil milhões em 2100 e aumentar em cerca de 35 milhões de habitantes por ano, segundo relatório da mesma fonte.

Ao pensar que o equilíbrio e estabilidade do nosso planeta pode ser alterado por uma espécie que existe na sua superfície há menos de 1% da sua história, parece absurdo. Mas não é. Os humanos tornaram-se uma espécie com enorme capacidade e força, mudando o planeta a uma escala geológica mas a uma velocidade muito mais célere que a natureza.

O mundo atravessa uma extrema mudança climática. Cada vez mais existem provas científicas deste facto, evidenciando que a emissão de gases com efeito de estufa produzida pela actividade humana influencia o clima. A maior fonte de emissões de gases com efeito de estufa é devido à combustão de combustíveis fósseis como o carvão, petróleo e gás.

Ciclos naturais, nomeadamente, carbono, água, azoto são alterados de forma a poderem ser utilizados em prol pelos humanos. A comunidade científica é cada vez mais unânime ao afirmar que já não vivemos numa era estável designada Holocénico, que começou há cerca de dez mil anos, mas vivemos já numa outra era, denominada Antropocentrismo, uma nova era em que o homem é o centro do universo, muda a natureza em seu proveito.

Como uma questão complexa e global, as mudanças climáticas tornaram-se um desafio fundamental e prioritário. Existem evidências científicas de que as emissões de gases de efeito estufa (G.E.E.) produzidos pelas actividades humanas influenciam o clima. A fonte mais comum de emissões é a queima de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás mas também a partir de resíduos, agricultura e outros processos industriais.

Na seguinte figura podemos visualizar a necessidade de importar 20% a 30% de matérias-primas entre a União Europeia (U.E.) e o resto do mundo, de acordo com as necessidades de consumo actuais.

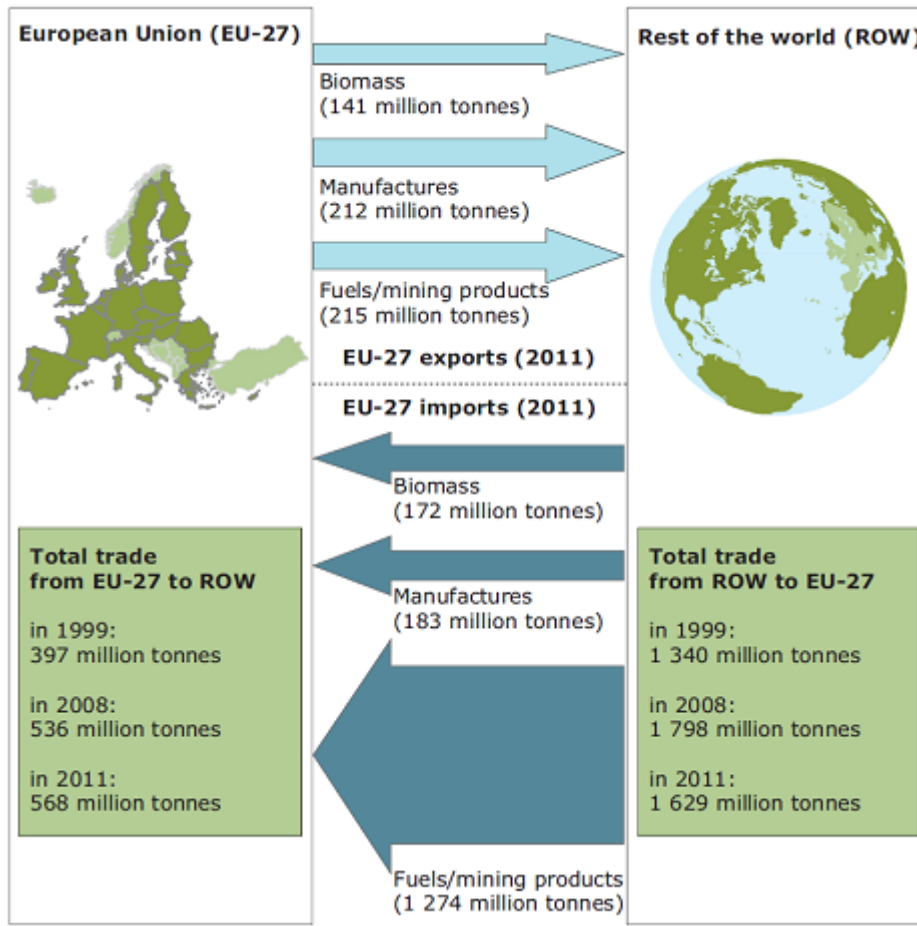


Figura 1.1 – Balanço do comércio entre a U.E. e o resto do mundo.

Fonte – Eurostat.

O sector da construção de edifícios é um dos grandes responsáveis pelo impacto ambiental negativo no nosso planeta. O ciclo de vida de um edifício abrange várias fases, nomeadamente, fase de construção, utilização e desconstrução ou demolição. Nestas várias fases da vida de um edifício são consumidos largos recursos naturais, consumo de energia, emissão de gases de efeito de estufa, produção de resíduos, etc. O edificado é um dos principais responsáveis pelo aumento do consumo de energia e água, e esta tendência tem vindo a aumentar ao longo dos anos, pois estes recursos são essenciais para as actividades humanas.

No sector da reabilitação do edificado é importante, cada vez mais, haver uma responsabilidade social e desenvolvimento de forma sustentável, principalmente na

menor procura de matérias-primas, energia e recursos naturais, respondendo ao mesmo tempo, com carácter positivo, ao seu objectivo.

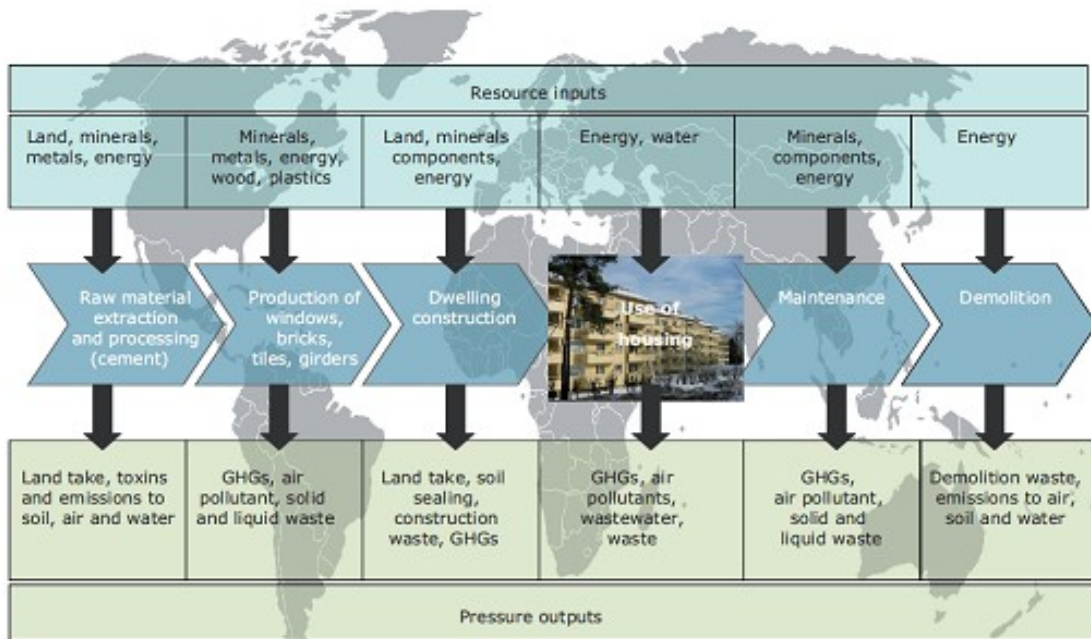


Figura 1.2 – Desenho esquemático dos “inputs” e “outputs” da construção de edifícios.

Fonte – Agência Europeia Ambiente (E.E.A.).

1.2. Objectivo, estrutura e metodologia

O principal objectivo deste projecto final consiste em elaborar uma caracterização das necessidades existentes no parque dos edifícios em Portugal, ao nível do seu desempenho energético e sua sustentabilidade, e em particular, na sua avaliação numa Escola Secundária sita na Avenida Engenheiro Laginha Serafim, na cidade de Loulé, que foi objecto de uma reabilitação e ampliação.

Com tal caracterização pretende-se avaliar o estado actual do parque dos edifícios portugueses, de um modo geral, no sentido de evidenciar as principais deficiências e o potencial de melhoria existente numa reabilitação do edificado de uma forma sustentável.

Este projecto final está organizado em nove capítulos e incide sobre o tema da reabilitação sustentável e seu desempenho energético do edificado.

No primeiro capítulo – **INTRODUÇÃO** - são apresentados os objectivos, a metodologia adoptada, bem como a sua estruturação deste trabalho de projecto.

No segundo capítulo – **ESTADO DA ARTE** – são apresentadas as bases de todo o trabalho, havendo uma divisão em dois pontos: uma revisão bibliográfica e a descrição/situação dos edifícios em Portugal, com o objectivo de criar uma noção de enquadramento do sector e do produto, para o qual é necessário primeiro saber o estado actual dos edifícios de habitação, através de um reconhecimento do parque edificado na UE e em Portugal. São, também, referidas quais as políticas de promoção da sustentabilidade na UE e em Portugal.

No terceiro capítulo – **REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS** – são seleccionados os factores que mais contribuem para uma reabilitação sustentável de edifícios, sendo propostas várias estratégias/soluções a serem aplicadas nas diversas fases da construção (Projecto, Construção e Utilização/Manutenção).

No capítulo quarto – **AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM EDIFÍCIOS** – são apresentados diversos métodos de avaliação da sustentabilidade em edifícios.

No capítulo cinco – **CASO PRÁTICO** – é apresentado um caso prático sobre uma obra de reabilitação e ampliação (construção nova), sendo feita uma avaliação e

desempenho da sustentabilidade, na fase de construção, para a Escola Secundária de Loulé inserida no programa da Parque Escolar, E.P.E. (entidade pública empresarial).

No capítulo seis – **UMA SOLUÇÃO MAIS SUSTENTÁVEL** – é apresentada uma sugestão de uma solução construtiva mais sustentável, com melhor desempenho térmico.

No capítulo sete – **CONCLUSÕES** – são apresentadas as principais conclusões atingidas da análise do respectivo trabalho prático e uma comparação com uma sugestão de solução construtiva.

No capítulo oito – **PERSPECTIVAS FUTURAS** – é analisada a questão dos edifícios com necessidades quase nulas de energia e sua aplicação em Portugal.

Por último no capítulo nove – **BIBLIOGRAFIA** – são descritas as referências bibliográficas para a elaboração deste trabalho de projecto final.

CAPÍTULO 2.

ESTADO DA ARTE

2.1 DEFINIÇÕES SOBRE SUSTENTABILIDADE EM EDIFÍCIOS

2.1.1. Sustentabilidade

O conceito de sustentabilidade, em relação aos edifícios, tem vindo a ser submetido a mudanças ao longo do tempo, tal como o conceito de desenvolvimento sustentável, que é abordado seguidamente.

Numa primeira abordagem, ao conceito de sustentabilidade, era dada principal ênfase à forma de como se poderia lidar com a limitação de recursos, numa perspectiva sustentável, especialmente a nível energético, e à forma de como se poderia reduziriam os impactos sobre o meio ambiente natural.

Seguidamente, passou a ser dada maior importância fase às técnicas ligadas ao processo construtivo, tais como: utilização de novas matérias-primas, processos construtivos e sistemas energéticos nos edifícios.

Mais recentemente acentuou-se a importância de questões menos técnicas, mas fundamentais para o desenvolvimento sustentável na construção. É agora reconhecido que a sustentabilidade económica e social, bem como os aspectos culturais, são importantes para atingir a sustentabilidade nos edifícios.

2.1.2 Desenvolvimento sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável, teve o seu início, nos primeiros anos da década de oitenta, através de um debate promovido pela O.N.U., no seguimento da Conferência de Estocolmo, em que o departamento de Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (*World Commission on Environment and Development*),

afirmando-se numa visão crítica do modelo de desenvolvimento adoptado pelos países industrializados e copiado pelos países em desenvolvimento, salientando-se os riscos da utilização de novas matérias-primas, de recursos naturais sem equacionar a sua reposição pela natureza, existindo, desta forma, uma incompatibilidade entre o desenvolvimento sustentável e o desenvolvimento desses países. Este debate foi chefiado pela primeira ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, indicada pela O.N.U., resultando no designado num documento intitulado “Nosso Futuro Comum” (“*Our Common Future*”), em 1987, também conhecido como Relatório Brundtland, em que é apresentado o conceito de sustentabilidade definindo o desenvolvimento sustentável como:

“O desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas.”

Na figura 2, podemos observar os objectivos da sustentabilidade, nas suas várias vertentes.



Figura 2.1 – Trilogia dos objetivos da sustentabilidade.

Fonte: Pinheiro, M.D., *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente, Amadora, 2006.

Desde o lançamento do conceito de desenvolvimento sustentável pelo documento “O Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*) ou Relatório Brundtland, em 1987 até à data em que foi realizada a Cimeira Social de Copenhaga, em 1995, a execução de desenvolvimento sustentável assentava em duas categorias principais: o desenvolvimento económico e a preservação do ambiente. Após esta cimeira foi lançado uma categoria de igual importância: a vertente social. Por conseguinte, embora o

desígnio do desenvolvimento sustentável seja o mesmo, a sua execução é elaborada com base em três categorias principais:

- **O desenvolvimento económico;**
- **A vertente social;**
- **A preservação do ambiente.**

A estas categorias principais do desenvolvimento sustentável, dever-se-á adicionar uma outra denominada vertente institucional, que descreve o modo de actuação das instituições, das políticas governativas e sua legislação em relação ao desenvolvimento sustentável, designadamente a Agenda 21 e a Declaração do Rio, realizadas na cidade do Rio de Janeiro, no ano de 1992, sendo debatida a relação entre os problemas ambientais e os socioinstitucionais, como também reforça as dimensões políticas e geoestratégicas da questão ambiental. Neste evento foi emitido o documento Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as mudanças climáticas (CQNUMC), ou *United Nations Framework Convention on Climate Change* (U.N.F.C.C.C.) em inglês.

Na consequência de uma série de acontecimentos iniciados no Canadá, na cidade de Toronto, com a Toronto Conference on the Changing Atmosphere, (em Outubro de 1988), passando pelo IPCC's First Assessment Report em Sundsvall, na Suécia (Agosto de 1990), no Rio da Janeiro Brasil, foi elaborado um protocolo de tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução dos G.E.E, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como a causa do aquecimento global, o tratado de Quioto.

Este tratado foi discutido e negociado na cidade de Quioto no Japão em 1997. Foi aberto para assinaturas em Março do ano seguinte e foi ratificado em 15 de Março de 1999 por 55% dos países que juntos produziam 55% das emissões, mas só entrou em vigor em Fevereiro de 2005 após a homologação por parte da Rússia. O documento propõe um calendário pelo qual os países desenvolvidos têm a obrigação de reduzir em 5,2% a emissão de gases com efeito estufa, servindo como referência as emissões produzidas em 1990. Estas reduções teriam que se dar entre os anos de 2008 e 2012.

Em 2002, realizou-se na cidade de Joanesburgo África do Sul a "Cimeira Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável" onde é sublinhada a importância da procura do desenvolvimento sustentável e onde se aborda a questão da globalização. Esta Cimeira assentou, essencialmente, numa reafirmação do empenho no cumprimento dos objectivos da Agenda 21 e dos objectivos para o milénio traçados na sessão especial

das O.N.U. em 2000. Para além disso, é patente um fortalecimento do conceito de desenvolvimento sustentável, que inclui aspectos sociais, nomeadamente a relação entre a pobreza, o ambiente e o uso dos recursos naturais, bem como um aumento da parceria entre países.

Em 2009, o Acordo de Copenhaga resultou da Conferência sobre Alterações Climáticas da O.N.U. realizada em Copenhaga, Dinamarca. Com duas páginas e meia, foi negociado no dia final da Conferência. Não se trata de um novo tratado contra o aquecimento global, legalmente vinculativo e adoptado por todos os países da O.N.U., mas sim de um acordo voluntário. Os países desenvolvidos comprometeram-se a contribuir com 30 mil milhões de dólares norte-americanos entre 2010 e 2012, para apoio climático aos países em desenvolvimento e os países em desenvolvimento concordaram, pela primeira vez, em participar nos esforços de mitigação das alterações climáticas e demonstraram disponibilidade para que os seus esforços sejam sujeitos a “supervisão internacional”.

Em 2010, realizou-se a Cimeira de Cancún no México. O acordo não fixa metas vinculativas de redução de emissões de GEE – para países ricos ou pobres – mas determina um objectivo de dois graus Celsius como limite para o aumento da temperatura média global até ao final do século. Foi também aprovada a criação de um Fundo Verde Climático para os países em desenvolvimento, que deverá arrecadar 76 mil milhões de euros por ano a partir de 2020. Em relação ao prolongamento do protocolo de Quioto, um dos temas quentes da conferência, os países comprometeram-se a concluir este objectivo o mais rápido possível, para não existir um hiato entre o primeiro e o segundo período de cumprimento. O primeiro período de cumprimento, recorde-se, termina já em 2012. Finalmente, reconheceu-se a necessidade de “cortes profundos” nas emissões globais, para manter o aumento da temperatura média global abaixo dos dois graus Celsius. Assim, os países desenvolvidos deverão liderar nos esforços, dado serem historicamente responsáveis por mais emissões. Já os países em desenvolvimento deverão adoptar acções nacionais – apoiadas e verificadas internacionalmente – para controlar as suas emissões até 2020.

Ano	Descrição
1968	Relatório do Clube de Roma, Itália
1972	Declaração de Estocolmo, realização da conferência da O.N.U. sobre o ambiente humano em Estocolmo, Suécia
1987	Lançamento do documento “O Nosso Futuro Comum” ou “Relatório de Brundtland, publicado por Oxford University Press.
1987-1992	Declaração do Rio e Agenda 21, no Rio de Janeiro, Brasil
1995	Cimeira Social de Copenhaga, Dinamarca
1997	Realização da Conferência de Quioto para o aquecimento global, em Quioto, Japão
2002	Cimeira Mundial sobre desenvolvimento sustentável em Joanesburgo, África do Sul
2009	Conferência de Copenhaga sobre alterações climáticas, em Copenhaga, Dinamarca
2010	Cimeira de Cancún, México

Quadro 2.1 - Datas e locais das cimeiras sobre desenvolvimento sustentável.

Os sistemas de energia dominantes no mundo, actualmente, estão a contrariar o desenvolvimento sustentável. Estes são baseados em combustíveis fósseis, e marcado por uma avidez crescente de energia. As alterações climáticas, principalmente uma consequência do uso excessivo de combustíveis fósseis, representa um grande desafio para a humanidade. Além disso, os recursos fósseis são finitos, muitas vezes vêm de países politicamente instáveis e há uma grande desigualdade no uso de energia. Altos níveis de consumo de energia, nos sistemas energéticos, como actualmente observados nos países industrializados, dificilmente podem trabalhar em energias renováveis. Portanto, a transição para sistemas energéticos mais sustentáveis é de crucial importância. Esta transição deve incluir tanto quanto possível, uma redução do consumo de energia e uma mudança dos sistemas energéticos.

2.1.3 Sustentabilidade em edifícios

No que respeita ao consumo de novas matérias primas ou recursos, e com base em dados da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (O.C.D.E.) e da *United Nations Environment Program* (U.N.E.P.), sabe-se que o parque edificado é responsável, em cada país, por aproximadamente 40% de energia consumida, 30% de recursos naturais utilizados, 20% da água gasta e 10% de solo usado, além de ser responsável por 40% das emissões de GEE, pela produção de 30% de resíduos sólidos e 20% de efluentes.

Os edifícios, as infra-estruturas e o meio ambiente estão intimamente relacionados, visto que a energia, a água e o solo são recursos bastante consumidos na construção e operação de edifícios e infra-estruturas tornam-se parte integrante do meio ambiente, afectando a vida, o bem-estar e a saúde das populações.

A área da construção está estreitamente ligada à qualidade de vida humana, dado que, actualmente as pessoas passam em média 80% a 90% do seu tempo dentro de edifícios e utilizam diariamente as suas infra-estruturas, segundo dados da mesma fonte.

Sustentabilidade requer que nós vivamos dentro dos limites da capacidade dos recursos que o nosso planeta nos fornece, para que todas as nossas actividades possam ser realizadas, havendo capacidade na absorção dos resíduos e poluição que estas mesmas actividades provocam. O mundo atravessa um árduo percurso, com objectivos que exigem uma atitude perante os recursos disponíveis no nosso planeta e uma atitude energética na resolução dos complexos problemas com que a sociedade e o estilo de vida a que nos habituamos.

Segundo um princípio da Química que nos diz: “a energia não é criada nem destruída, apenas muda de estado”, a energia está ligada a todos os problemas que enfrentamos, sejam problemas do domínio do ambiente, da produção de energia, do consumo dos finitos recursos da natureza, desflorestação, agricultura, etc.

Na actividade de construção de edifícios, é-nos apresentado um desafio enorme, isto é, a construção de novos edifícios e demolição dos edifícios em fim de vida útil, é um factor enorme no impacto humano no ambiente quer directamente (extracção e utilização de matérias primas não-renováveis, elevado consumo energético e consequente poluição, resíduos, etc...) quer indirectamente (pressão nas infra-estruturas, sendo estas muitas vezes ineficazes).

A actividade da construção tem um enorme impacto na saúde (física e psíquica), na economia e bem-estar das pessoas, comunidades e organizações.

Um edifício construído com estas preocupações e bom desempenho nestes factores pode ajudar uma comunidade ou organização, ajudando a nossa capacidade para aprender ou aumentar a nossa produtividade quer no edifício onde habitamos, quer no edifício onde trabalhamos. Um mau “edifício” pode fazer o oposto. Edifícios e ambiente construtivo contribuem para problemas de saúde e alienação, destruir uma comunidade e criar excessivo risco financeiro são factores indesejáveis e insustentáveis.

Sustentabilidade na construção:

- Procurar formas de energia económicas, havendo pouca dependência energética, uma preocupação com o meio-ambiente (energias renováveis).
- Construção da envolvente do edifício de forma a não haver necessidade de climatização artificial, nomeadamente ar condicionado;
- Eficiência energética;
- Mínimas acções meio-ambiente;
- Reutilizações, reciclagem de materiais;
- Mínima emissão de gases efeito-estufa;
- Mínima produção de resíduos.

O consumo de energia gasto na construção, operação, manutenção e demolição gasto num edifício tem sido uma problemática constante ao longo dos tempos, bem como assegurar uma correcta sustentabilidade no abastecimento da energia necessária aos edifícios. É de assinalar que o consumo energético e uma incorrecta sustentabilidade têm vindo a aumentar na construção, operação, manutenção e demolição em edifícios.

2.2 Estado actual do edificado na U.E.

2.2.1 Enquadramento

O desafio para o próximo século será atingir o desenvolvimento sustentável, satisfazendo a qualidade de vida, com um aumento de população e maior escassez de recursos disponíveis, com maiores expectativas para o seu bem-estar. Subjacente a este, urge a necessidade de abastecimento suficiente de energia e outros recursos de um modo sustentável é outro dos grandes objectivos.

É imperativo que os governos de todo o mundo continuem as políticas ambientais e energéticas já implementadas e, principalmente, que as tornem mais exigentes. Apenas desta forma será possível atingir os objectivos de minimização de emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa, diminuição da poluição atmosférica e de redução significativa dos impactos adversos sobre o ambiente, que actualmente, presenciamos.

Na U.E. a indústria da construção é um dos sectores económicos mais importantes, continuando, no entanto, a basear-se excessivamente em sistemas construtivos convencionais e na utilização de mão-de-obra não qualificada, sendo caracterizada pela utilização ineficiente de recursos naturais e de energia não renovável e pela excessiva produção de resíduos:

Neste contexto, é importante avaliar, com maior detalhe, os vários factores que contribuem para uma correcta sustentabilidade:

- 1) Consumo de recursos, valorização, reciclagem, resíduos, poluição.
- 2) Consumo de energia;
- 3) Consumo de água;
- 4) Emissão de GEE, qualidade do ar.

Entre a vasta gama de materiais de construção disponíveis é importante aferir que energia é utilizada na sua extracção, processamento, armazenamento, transporte para o local de construção, montagem e construção em obra, bem como a sua futura reciclagem e reutilização, efeitos nas condições de conforto ambiental no interior dos edifícios e impacte sobre o ambiente.

Por estas razões, é na fase de projecto e construção que deverão ser tomadas as decisões que tenderão a diminuir os impactes produzidos durante as fases de construção

e de utilização dos edifícios, tornando-os, através de medidas acertadas, mais sustentáveis.

2.2.1.1 Consumo de matérias-primas

Além do elevado consumo de energia que actualmente é utilizado nos edifícios de habitação, motivado muitas vezes pelas fracas tecnologias construtivas adoptadas, a própria construção é uma das actividades com maior impacto ambiental. Esse impacto está, principalmente, associado à construção nova, resultado do consumo de enormes quantidades de recursos, matérias-primas e energia.

O sector da construção consome, aproximadamente, 30% dos recursos naturais utilizados, tendo por isso uma enorme responsabilidade pela dissipação desses recursos e, por conseguinte, pela degradação do ambiente (emissões de G.E.E e produção de resíduos), segundo fonte da O.N.U.

Segundo dados do *Worldwatch Institute*, a construção de edifícios consome 40% da pedra, areia e brita, 25% da madeira e 16% da água usada anualmente no mundo.

Não é apenas o peso dos materiais incorporados nas edificações que os diversos intervenientes, numa fase de projecto, devem ter em conta. A energia proveniente de fontes não renováveis consumida na sua extracção, processamento, transporte e aplicação em obra poderá ser bastante significativa para ser negligenciada.

2.2.1.2 Resíduos

Na U.E., segundo a Eurostat, a construção, renovação e demolição de edifícios e infra-estruturas gerou cerca de 22% do total dos resíduos (R.C.D.) produzidos, correspondendo aproximadamente a 290 milhões de toneladas por ano, uma vez que o total de produção, à data (2010), era aproximadamente 1,3 mil milhões de toneladas por ano.

Face ao tipo de actividade que está na origem deste fluxo de resíduos, no espaço europeu, a construção nova contribui com 10 a 20% do total de RCD produzidos, a remodelação, ampliação e reabilitação contribuem com 30 a 40% e as demolições geram entre 40 a 50% do total dos resíduos de construção e demolição.

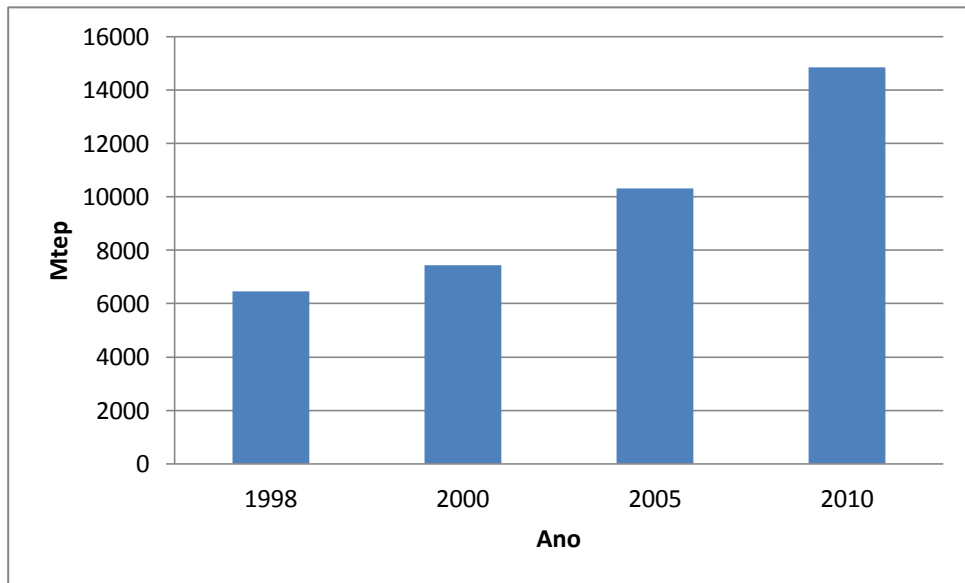


Gráfico 2.1 - Produção anual de energia a partir de resíduos da construção na U.E.
Fonte: Eurostat.

2.2.2. Consumo energético

Os edifícios representam 40% do consumo energético total da U.E., segundo a Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Maio de 2010.

O desafio climático surgiu como o principal pilar das políticas da U.E. destinadas a acelerar a transição para a sustentabilidade energética. Na óptica de associar a política energética com as alterações climáticas, problemas ambientais e assegurar um futuro sustentável, a U.E. enfrenta vários desafios.

Para atingir estes objectivos, é dado especial ênfase à legislação recentemente promulgada e às propostas para tornar a energia europeia mais segura, competitiva e sustentável.

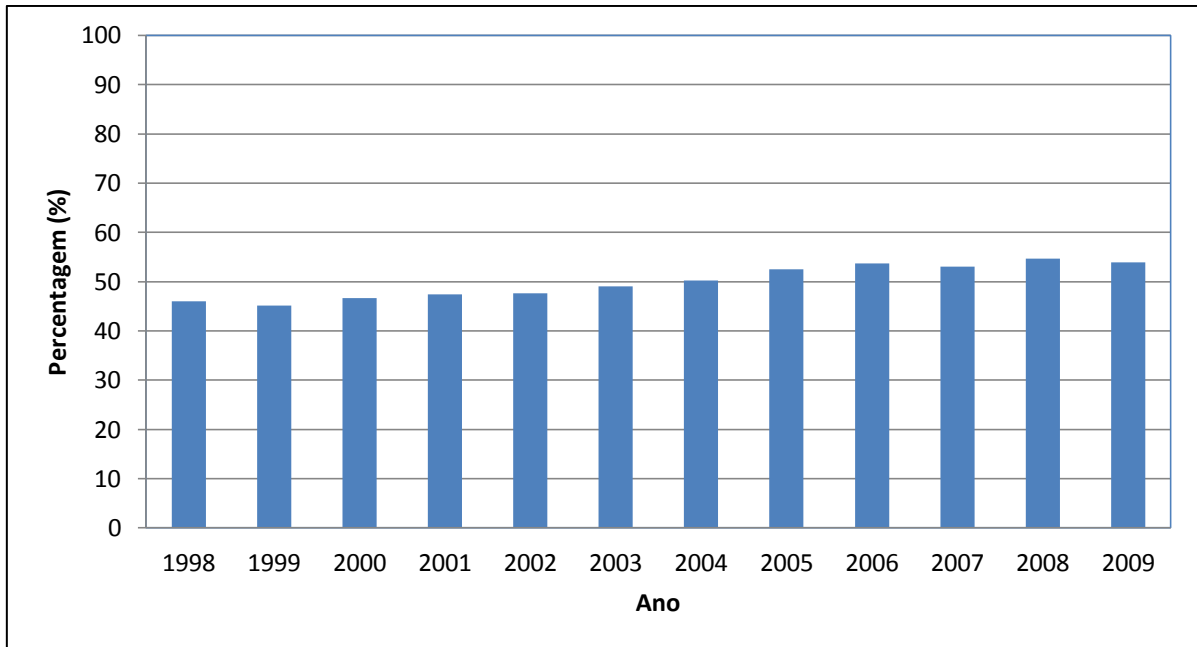


Gráfico 2.2 - Dependência energética na U.E.

Fonte: Eurostat.

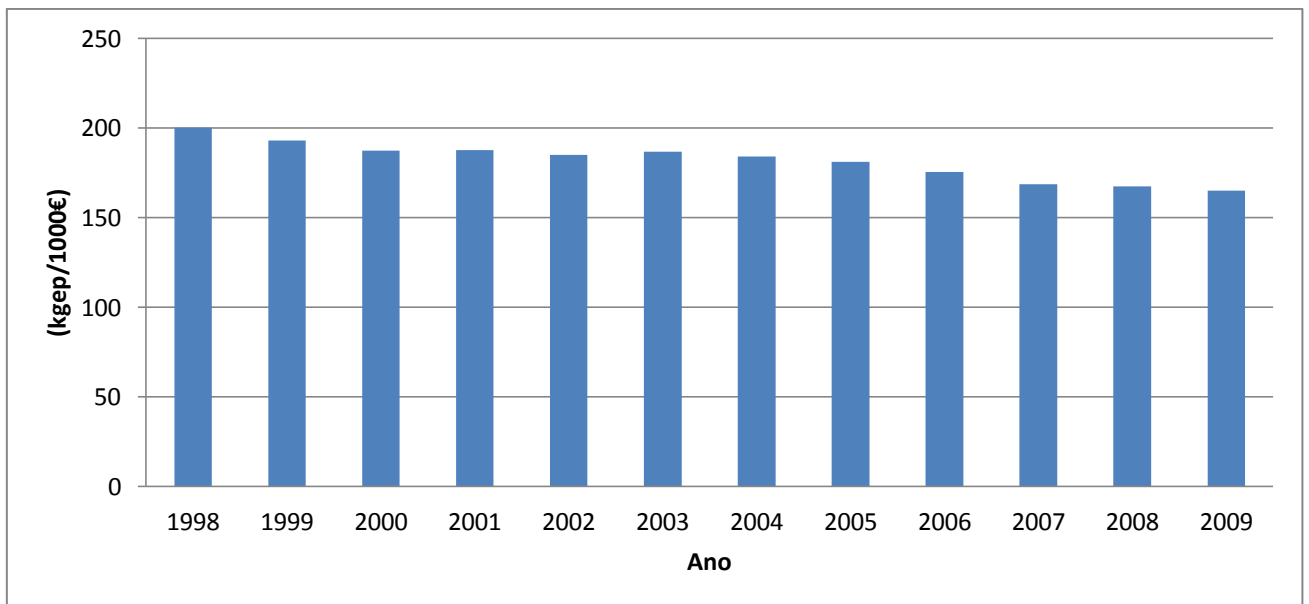


Gráfico 2.3 – Intensidade energética na U.E.

Fonte – Eurostat.

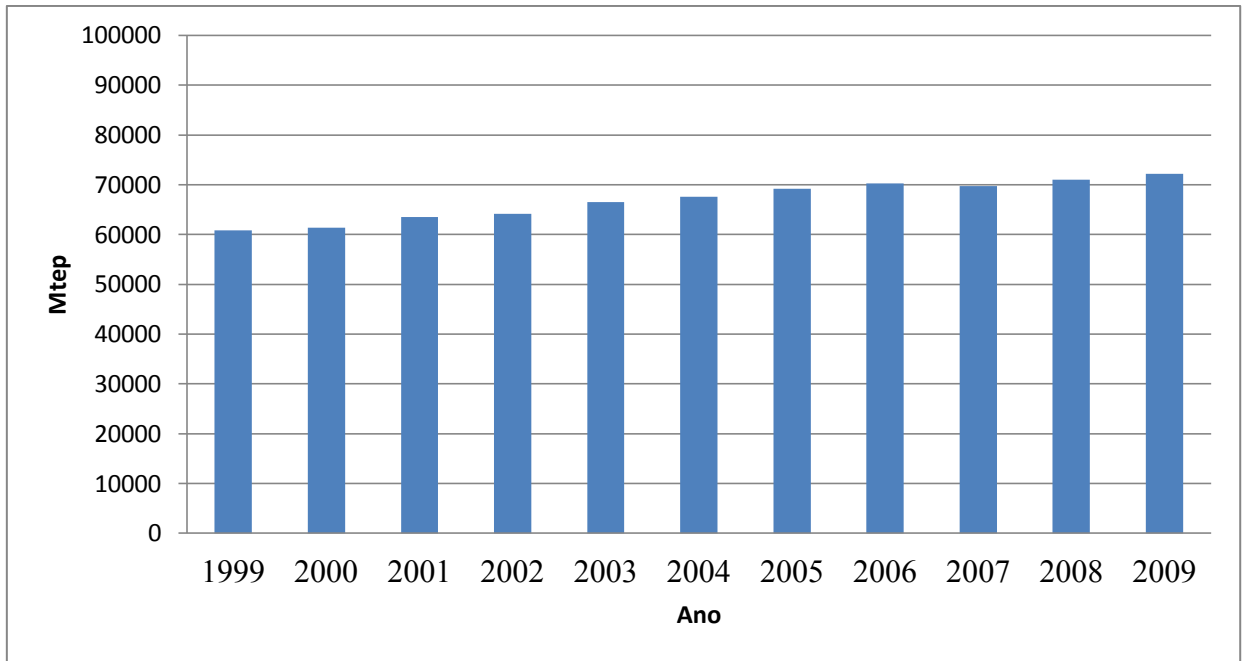


Gráfico 2.4 - Consumo energético em edifícios na U.E.

Fonte: Eurostat.

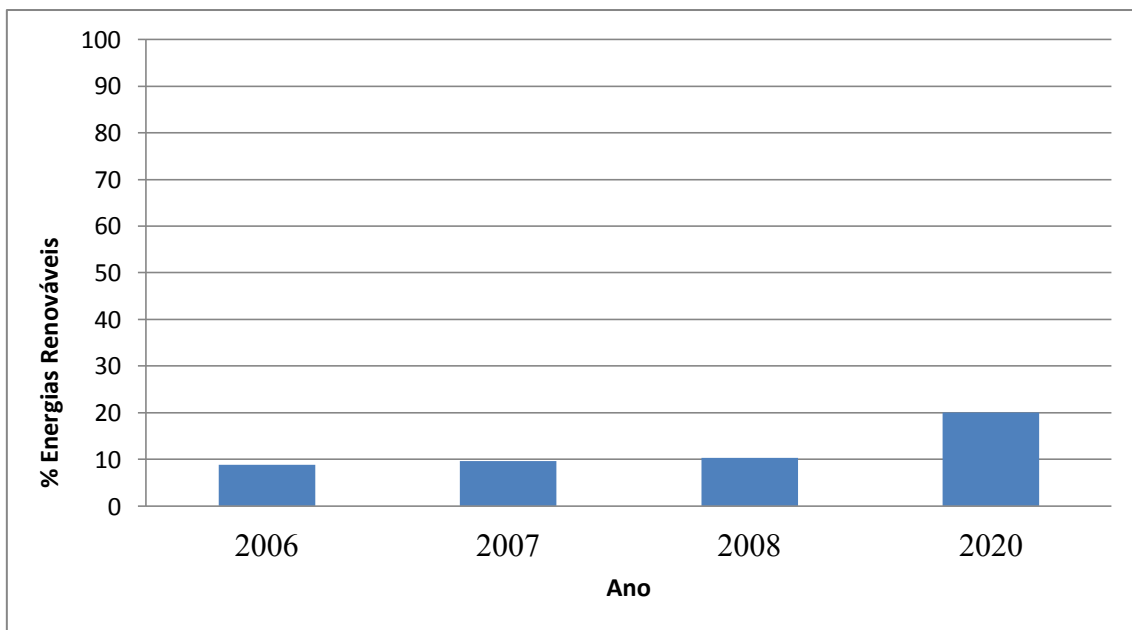


Gráfico 2.5 – Contribuição de energias renováveis na U.E. no consumo bruto de energia final na U.E.

Fonte: Eurostat.

2.2.3 Emissão de GEE

2.2.3.1 QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar é um factor de maior importância, uma vez que, actualmente, cerca de 90% do tempo diário é passado dentro dos edifícios. A questão é que, nos últimos anos, a preocupação tem recaído sobre os poluentes que se respira nas ruas, mas dentro dos edifícios os perigos podem ser iguais ou até mais graves.

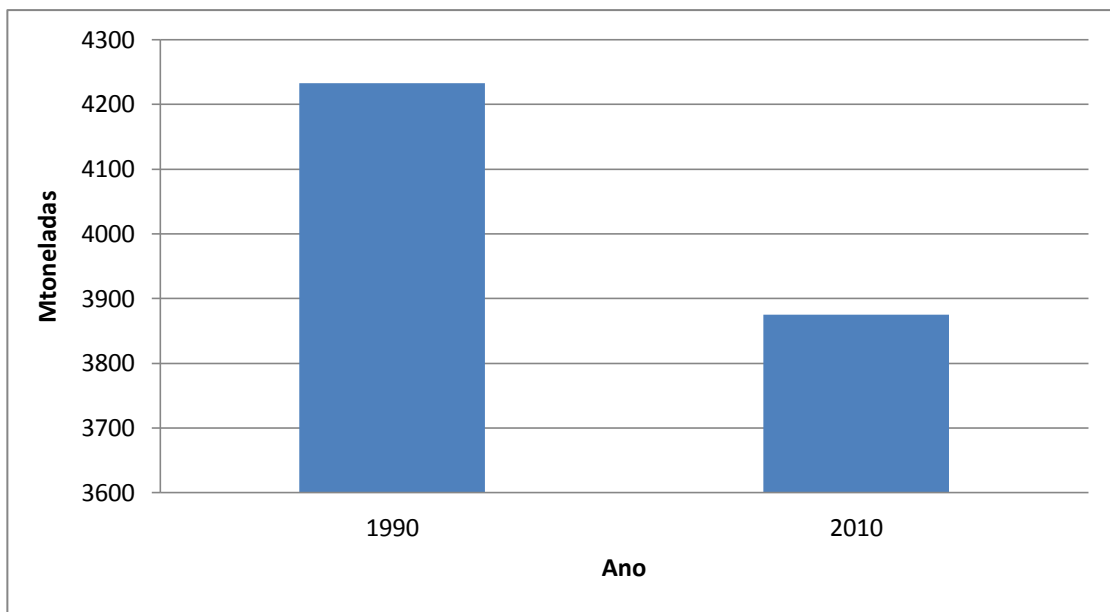


Gráfico 2.6 – Produção de G.E.E. em 1990 e 2010 (protocolo Quioto).

Fonte: Eurostat.

2.4. Estado actual do edificado em Portugal

2.4.1 Enquadramento

Os resultados provisórios dos Censos 2011, referenciados ao dia 21 de Março de 2011, indicam que a população residente em Portugal era de 10 561 614 habitantes, o que significa que na última década a população em Portugal aumentou cerca de 2%. O crescimento demográfico registado nesta década foi todavia inferior ao da passada, o qual foi de cerca de 5%.

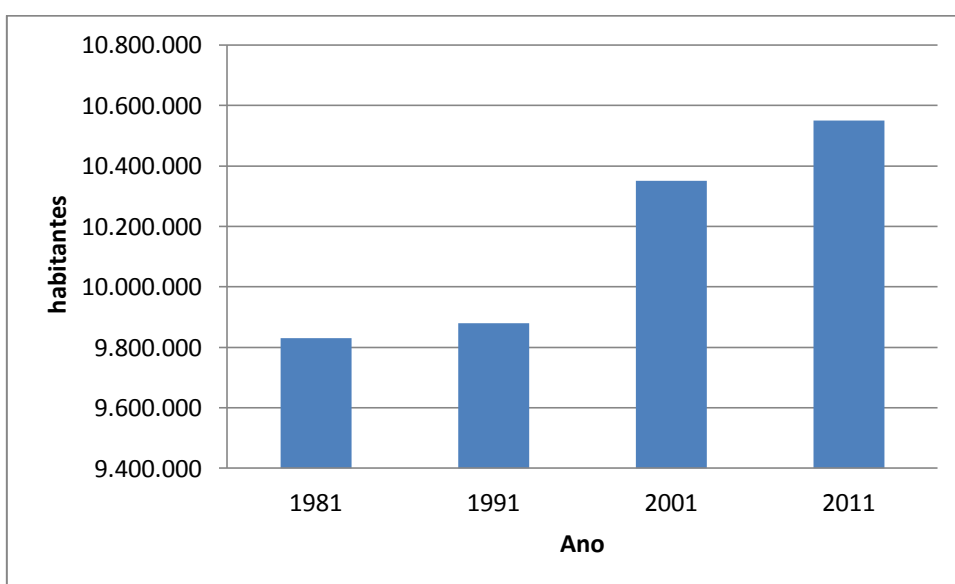


Gráfico 2.7 – População residente em Portugal.

Fonte: I.N.E., Censos 2011.

No gráfico podemos observar a evolução da população residente em Portugal desde 1981 até 2011.

Actualmente, embora se verifique uma crescente preocupação com a qualidade das construções, o parque habitacional português apresenta problemas de degradação construtiva e funcional, em certos casos de alguma gravidade, derivados do reduzido investimento na sua manutenção periódica ao longo de várias décadas e dos erros e atropelos que têm sido cometidos no processo de construção.

O parque habitacional português é relativamente recente, cerca de 66% dos edifícios de habitação têm uma idade inferior a 40 anos. No entanto, pode ser caracterizado como um parque habitacional envelhecido e degradado, uma vez que

cerca de 41% dos edifícios a necessitarem de reparações, segundo fonte do Instituto Nacional de Estatística (I.N.E.).

Distribuição territorial do parque habitacional

Os resultados dos Censos 2011 indicam que o parque habitacional volta a registar na última década um forte crescimento, embora mais moderado do que o verificado na década de noventa.

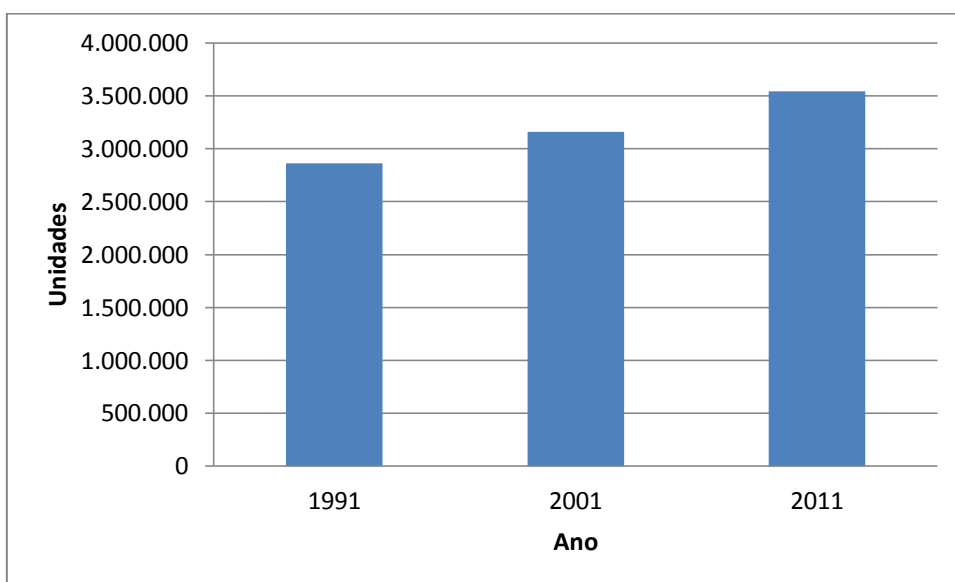


Gráfico 2.8 – Número de edifícios recenseados entre 1991 e 2011.
Fonte: I.N.E., Censos 2011.

O número de edifícios destinados à habitação e recenseados em 2011 é de 3 543 595. Face ao recenseamento de 2001, verificou-se um crescimento de respetivamente 12,1% e 16,3%, isto é mais 383 552 edifícios.

A nível internacional, o parque habitacional português é um dos mais recentes da Europa, tendo um número muito inferior de edifícios (200.298) anteriores a 1919 do que a média europeia e mais 21% de edifícios construídos após 1981, segundo fonte do I.N.E.

No entanto, constata-se que a reduzida percentagem de alojamentos anteriores a 1919 não se deve a uma perda de peso relativo, causada pelo aumento de construção nova, mas a uma diminuição abrupta destes edifícios históricos. Entre 1981 e 1991 perdeu-se 36% destes edifícios e mais 52% entre 1991 e 2001 evidenciando o elevado número de demolições ou mudanças de utilização que os edifícios mais antigos têm

sofrido. Estes dados aliados ao facto de Portugal ser o país da U.E. com a menor taxa de reabilitação de edifícios, 6%, mostram que o património histórico tem sido alvo de destruição e abandono cada vez mais acelerados, segundo fonte do I.N.E., Censos 2001.

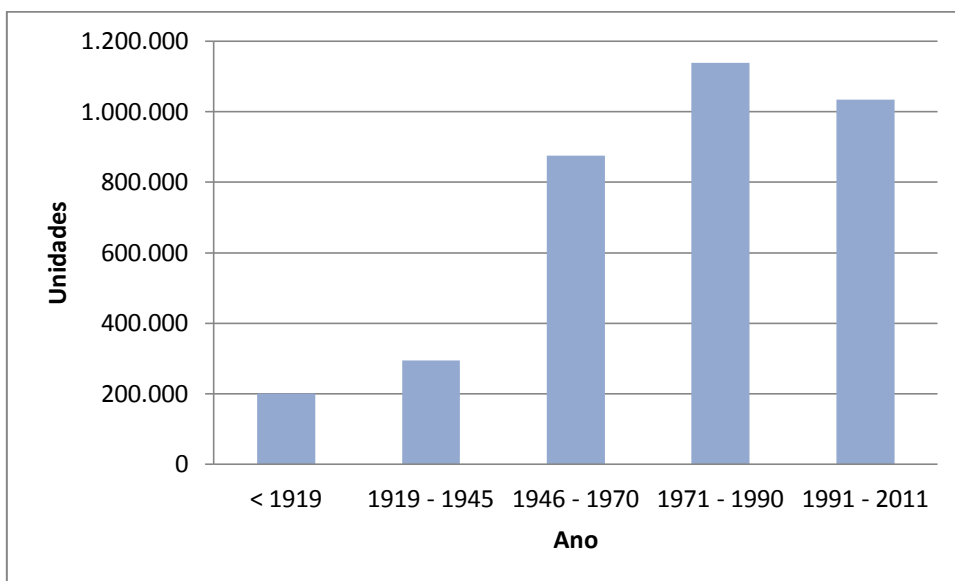


Gráfico 2.9 – Número de edifícios segundo a época de construção.
Fonte – I.N.E., Censos 2011.

Os resultados provisórios dos Censos 2011, referenciados ao dia 21 de Março de 2011 (momento censitário), indicam que a população residente em Portugal cresceu cerca de 2%, fixando-se em 10 561 614 habitantes.

O parque habitacional volta a registar um forte crescimento na última década, embora mais moderado do que na década de noventa. Os resultados dos Censos 2011 indicam que, face a 2001, se observou um crescimento de respetivamente 12,1% no número de edifícios, fixando-se em 3 543 595 edifícios.

O índice de envelhecimento dos edifícios é de 1,9, o que significa que o número de edifícios construídos até 1960 é menos do dobro daqueles que foram construídos após 2001. No entanto, pode ser caracterizado como um parque habitacional envelhecido e degradado, uma vez que cerca de 41% dos edifícios a necessitarem de reparações, segundo fonte do I.N.E.

Segundo dados da ADENE, durante o ano de 2011, as habitações que foram certificadas obtiveram as seguintes classificações de eficiência energética:

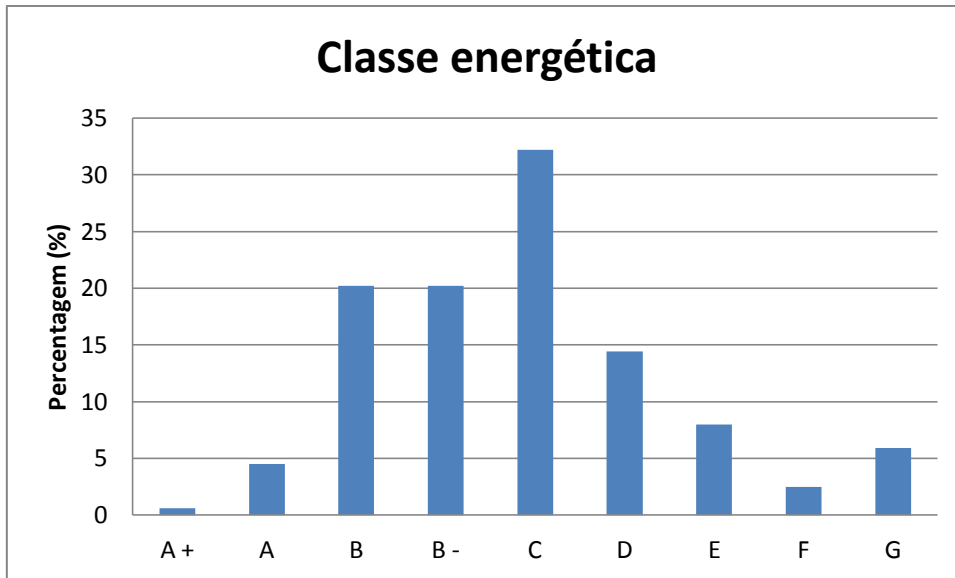


Gráfico 2.10 – Classe energética de edifícios existentes no ano 2011.
Fonte – ADENE (Agência para a Energia).

O estado de conservação do parque habitacional é, numa percentagem bastante significativa, notoriamente deficiente. Os casos de abandono, mau estado e degradação das condições de utilização, de salubridade, de segurança e de estética são uma realidade bastante frequente e até generalizada [3], demonstrando a reduzida durabilidade dos edifícios construídos e a fraca qualidade e regularidade das manutenções.

Além do estado de degradação generalizado do nosso parque habitacional, a sua elevada ineficiência no consumo de recursos e o seu fraco conforto ambiental são outros dos principais problemas dos edifícios de habitação.

Segundo a ADENE em “Edifícios existentes – método de cálculo simplificado para a certificação energética”, “os representam cerca de um terço do consumo de energia final em Portugal, com forte incidência no consumo eléctrico, onde representam mais de 60% do total, havendo a registar um elevado crescimento do consumo no sector residencial”

O sector doméstico é um dos maiores consumidores de energia do país e o consumo de energia eléctrica nas habitações tem aumentado consecutivamente ao longo dos últimos anos, contrariamente ao desejado. O mesmo acontece relativamente ao consumo de água potável pelas famílias portuguesas, o qual ultrapassa a média europeia.

O consumo elevado de recursos energéticos e hídricos está intimamente relacionado com as necessidades actuais da população, que procura aumentar os níveis de qualidade de vida e conforto no interior das suas habitações.

A maioria dos edifícios de habitação construídos nas últimas décadas não responde, sobretudo, às necessidades de conforto térmico dos seus ocupantes, motivando o aumento significativo dos consumos energéticos. Além disso, também a qualidade do ar interior e o conforto acústico ficam aquém das expectativas dos utilizadores.

O próprio sector da construção tem contribuído para uma elevada extracção e utilização de recursos materiais, originando um significativo impacte ambiental. Acresce ainda que, a produção de resíduos de construção e demolição, cuja valorização e reciclagem tem vindo a ser desprezada, tem causado diversos danos ambientais e ocupado áreas preciosas de terreno para aterros. Todos estes factores são representativos do nível de insustentabilidade do parque habitacional. Como tal, é necessário contrariar esta situação a fim de atingir o desenvolvimento sustentável.

Embora a construção habitacional recente comece a ter em conta a necessidade de tornar todo o seu processo mais sustentável, seguindo parte dos conceitos da sustentabilidade na construção, esta não é suficiente para atingir os objectivos de redução do consumo de recursos e respectivo impacte ambiental. Isto deve-se ao facto do ritmo de substituição de edifícios ser bastante lento, o qual, neste momento, é agravado pela estagnação do mercado da construção de novas habitações.

A reabilitação mostra-se, então, como a via mais eficaz e rápida para atingir a sustentabilidade ambiental, económica e social do parque habitacional actual.

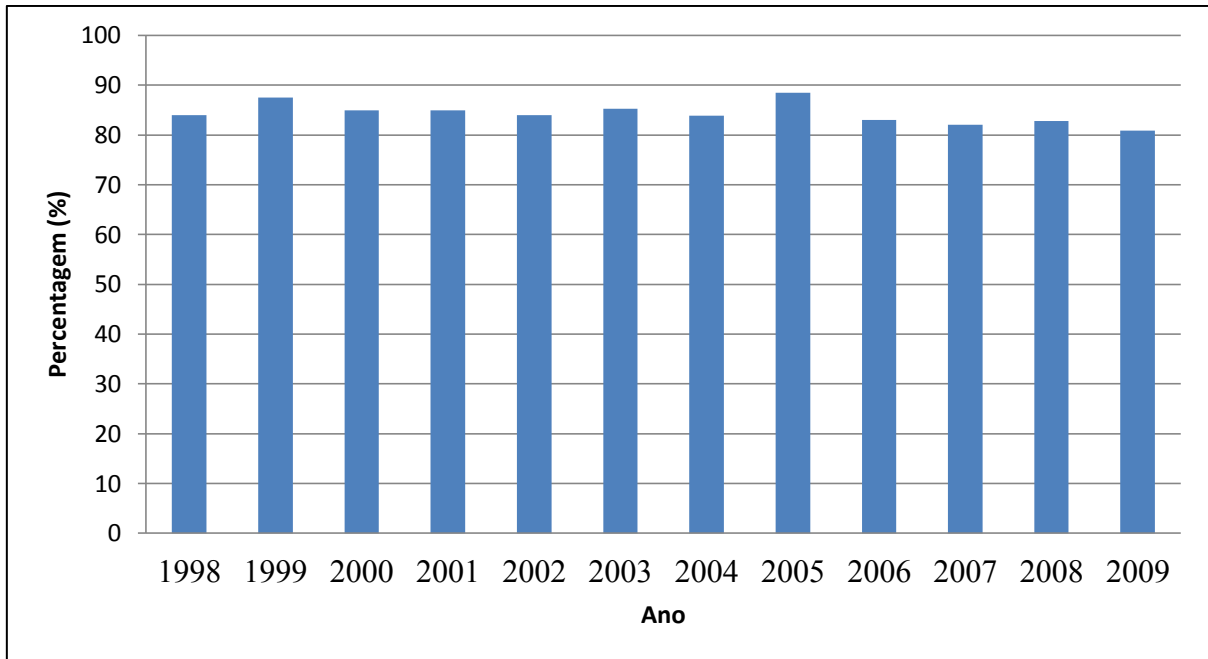


Gráfico 2.11 - Dependência energética em Portugal.

Fonte: Eurostat.

A dependência energética “mostra” o estado que a economia do nosso país depende das importações para manter as suas necessidades energéticas. Este factor é calculado pelas importações líquidas divididas pelo somatório consumo interno bruto de energia.

Nota-se, pela análise do gráfico, que Portugal é muito dependente energeticamente doutros países. Para contrariar este efeito há que desenvolver uma nova política energética, baseada em energias renováveis do nosso país e numa maior eficácia energética.

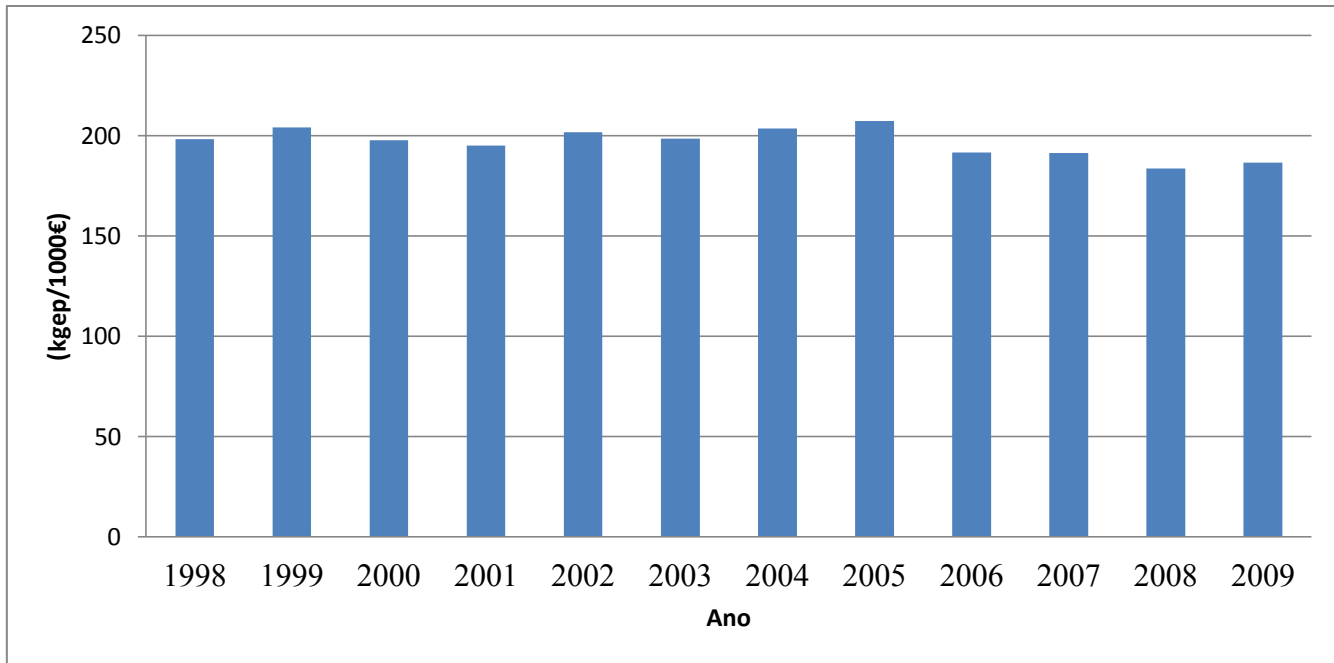


Gráfico 2.12 – Intensidade energética em Portugal.

Fonte – Eurostat.

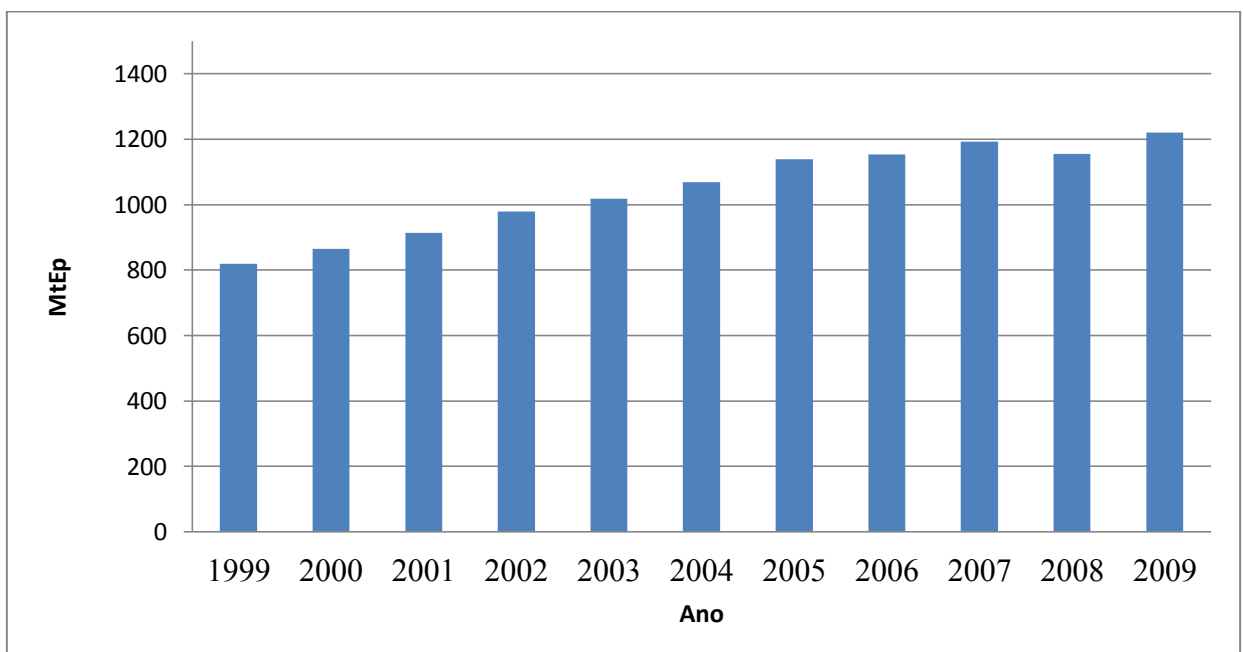


Gráfico 2.13 - Consumo energético em edifícios de Portugal.

Fonte: Eurostat.

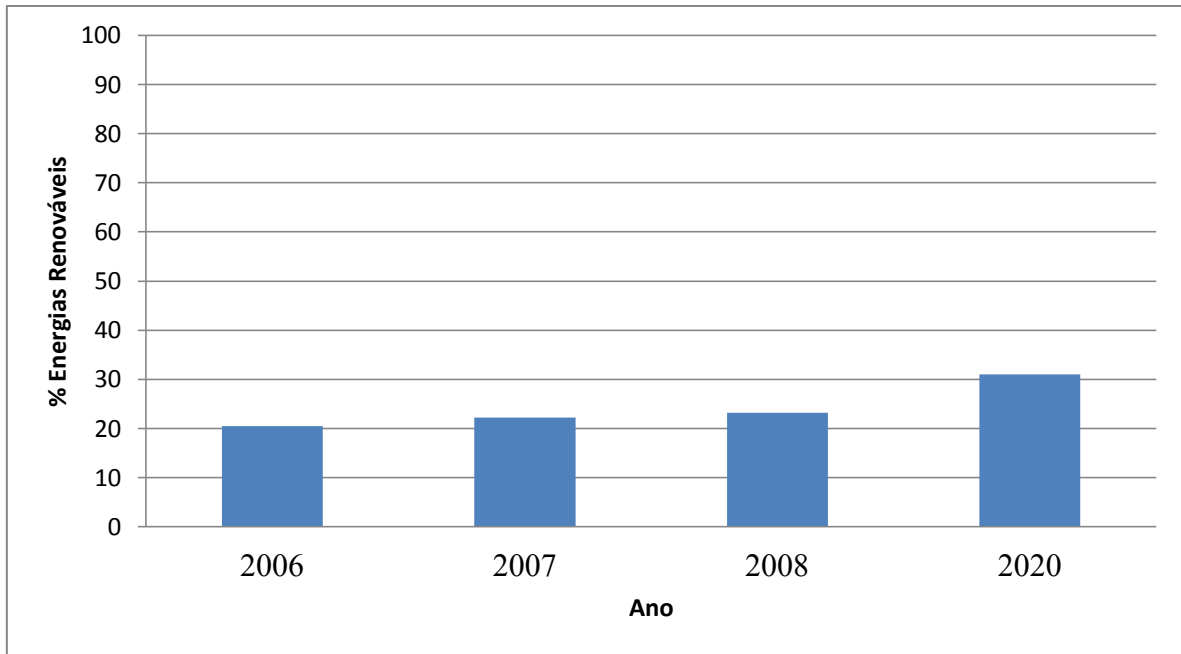


Gráfico 2.14 - Contribuição das energias renováveis no consumo de energia bruto final em edifícios de Portugal.

Fonte – Eurostat.

2.5. Políticas de sustentabilidade na U.E., em relação aos edifícios:

Estratégia da U.E.:

Resíduos:

Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008.	Relativa aos resíduos, reduzindo o impacte ambiental de produzir e gerir resíduos, evitando extrair novos recursos, que por sua vez, também contribuem para impactos ambientais.
Directiva 2005/20/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março, que altera a Directiva 94/62/CE.	Relativa a embalagens e resíduos de embalagem.

Ruído:

Directiva 2003/10/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro de 2003.	Relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído) (Décima sétima directiva especial na acepção do n.1 do artigo 16.o da directiva 89/391/CEE).
--	---

Água:

Directiva 2008/105/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008.	Relativa a normas de qualidade ambiental no domínio da política da água, que altera e subsequentemente revoga as Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE e 86/280/CEE do Conselho, e que altera a Directiva 2000/60/CE.
--	---

Emissões G.E.E. e poluição atmosférica:

O protocolo de Quioto, criado em 1997.	Os países desenvolvidos devem reduzir as suas emissões de gases efeito estufa, com base no ano de 1990, em 5% durante o primeiro compromisso (nível de emissões médio para os anos 2008-2012).
Directiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Maio de 2008.	Relativa à qualidade do ar ambiente e a um ar mais limpo na Europa.
Directiva 2008/1/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de Janeiro de 2008.	Relativa à prevenção e controlo integrados da poluição.
Directiva 2010/79/UE da Comissão de 19 de Novembro de 2010 que adapta ao progresso técnico o anexo III da Directiva 2004/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho.	Relativa à limitação das emissões de compostos orgânicos voláteis;
Directiva 2009/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009.	Relativa ao armazenamento geológico de dióxido de carbono e que altera a Directiva 85/337/CEE do Conselho, as Directivas 2000/60/CE, 2001/80/CE, 2004/35/CE, 2006/12/CE e 2008/1/CE e o Regulamento (CE) n.º 1013/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho.
Acordo de Copenhaga, criado em 2009 e acordo de Cancún, criado em 2010.	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecimento que o aquecimento total do planeta Terra terá como limite 2°C (em comparação com a pré-industrialização); - Acordo de ajuda financeira adicional a países em subdesenvolvidos para ajuda no combate a alterações climáticas; - Reconhecimento que recursos financeiros são requeridos de países subdesenvolvidos

	<p>para assegurar remoção emissão gases efeito estufa nas florestas;</p> <p>- Reconhecimento na possibilidade de uso de “mercados de carbono”.</p>
--	--

Energia:

Directiva 2001/77/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Setembro.	Relativa à promoção da electricidade a partir de FER no mercado interno da electricidade.
Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro.	Relativa ao desempenho energético dos edifícios.
Directiva 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril.	Relativa à eficiência final de energia e aos serviços energéticos.
Comunicação da Comissão [COM(2006) 545], de 19 de Outubro de 2006 “Plano de Acção para a Eficiência Energética: Concretizar o Potencial.”	A Comissão Europeia adoptou, em 2006, um Plano de Acção para a Eficiência Energética para um período de 6 anos (2007 a 2012), que pretende aumentar em mais de 20% na poupança de energia no consumo anual de energia primária da UE até 2020.
Decisão 1639/2006/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de Outubro.	Estabelece o programa EIE II “Energia Inteligente – Europa”, visa a melhoria da eficiência energética, a adopção de novas e renováveis fontes de energia, uma mais ampla penetração no mercado dessas fontes de energia, a diversificação da energia e combustíveis, o aumento da

	<p>quota de energias renováveis e a redução do consumo final de energia.</p>
<p>O Conselho Europeu, em Dezembro de 2008, aprovou o “Pacote Energia/Clima” com os seguintes objectivos até ao ano de 2020:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Uma redução de 20% na emissão de GEE comparados com os níveis de 1990, e aumentar para 30% se outros países industrializados tiverem semelhante objectivo; - Um contributo de 20% para o consumo de electricidade, de energias renováveis no ano de 2020, existindo ainda uma meta vinculativa de 10% na contribuição de energias renováveis no sector dos transportes; - Uma redução de 20% do consumo de energia primária em 2020.
<p>Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril.</p>	<p>Relativa à promoção da utilização de FER, estabelecendo para cada país da UE 20% de FER no consumo final de energia até 2020.</p>
<p>Directiva 2009/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril.</p>	<p>Relativa ao armazenamento geológico de CO₂, estabelecendo um quadro jurídico em matéria de captura e armazenamento de carbono.</p>
<p>Decisão n.º 406/2009/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Abril.</p>	<p>Relativa aos esforços a realizar pelos Estados-membros para redução das suas emissões de GEE até 2020.</p>
<p>Comunicação da Comissão [COM(2009) 519], de 7 de Dezembro de 2009 “Investir no desenvolvimento de tecnologias hipocarbónicas (Plano SET)”.</p>	<p>O Plano SET inclui, nomeadamente, as Iniciativas Industriais Europeias, que visam o desenvolvimento de tecnologias energéticas de baixo carbono (Energia eólica, solar, bioenergia, redes eléctricas,</p>

	captura e armazenamento de carbono).
Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010.	Relativa a promover o desempenho energético dos edifícios;
Edifícios com necessidades quase nulas de energia	A partir de 31 de Dezembro de 2020, todos os edifícios novos devem ter necessidades quase nulas de energia.

Conclusões:

Pretende-se, com esta estratégia energética, a transformação da UE numa economia energética altamente eficiente, reduzindo os desperdícios, baixar os níveis de emissão de G.E.E. através de uma política hipocarbónica, satisfazendo as necessidades energéticas mas ao mesmo tempo de uma forma sustentável.

A UE encontra-se no limiar de um período sem precedentes no que respeita à política energética. A segurança do aprovisionamento de energia, a utilização eficiente dos recursos, preços comportáveis e soluções inovadoras são aspectos de importância crucial para o nosso crescimento sustentável, para a criação de emprego e para a nossa qualidade de vida a longo prazo.

A estratégia energética da UE exige esforços significativos em termos de inovação técnica e investimento, tendo como objectivo promover um mercado dinâmico e concorrencial.

2.6 Políticas de sustentabilidade em Portugal, em relação aos edifícios:

Resíduos:

<p>Decreto-Lei n.º 73/2011, que precede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º178/2006, do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, de 5 de Setembro, e que, transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro.</p>	<p>Relativa aos resíduos e procede à alteração de diversos regimes jurídicos na área dos resíduos.</p>
<p>Decreto-Lei n.º 232/2007 do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, de 15 de Junho, que consagra no ordenamento jurídico nacional os requisitos legais europeus estabelecidos pela Directiva n.º 2001/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de Junho – Avaliação Ambiental Estratégica (AAE).</p>	<p>Relativa à avaliação dos efeitos de determinados planos e programas no ambiente.</p>
<p>Decreto-Lei n.º 366-A/97 do Ministério do Ambiente, de 20 de Dezembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º162/2000 do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, de 27 de Julho, e complementado pelo Decreto-Lei n.º 497/98, de 21 de Dezembro, seguindo a Directiva 94/62/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Dezembro.</p>	<p>Relativa a embalagens e resíduos de embalagens.</p>

Ruído:

<p>Decreto-Lei n.º 182/2006, do Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social, de 6 de Setembro, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º2003/10/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro.</p>	<p>Relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (ruído).</p>
<p>Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro</p>	<p>Aprova o Regulamento Geral do Ruído e revoga o regime legal da poluição sonora, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 292/2000, de 14 de novembro.</p>

Emissões de G.E.E., qualidade do ar:

<p>Protocolo de Quioto, em 1997.</p>	<p>Em geral, os países desenvolvidos devem reduzir as suas emissões de gases efeito estufa, com base no ano de 1990, em 5% durante o primeiro compromisso (nível de emissões médio para os anos 2008-2012).</p> <p>Para o caso concreto de Portugal, um aumento até 27% de emissão de gases efeito estufa, em relação ao ano 1990, foi acordado.</p>
<p>Decreto-Lei n.º 276/99 do Ministério do Ambiente, de 23 de Julho, que transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 96/62/CE, do Conselho de 27 de Setembro.</p>	<p>Relativa à avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente.</p>
<p>O Decreto-Lei n.º78/2006, de 4 de Abril.</p>	<p>Regula os valores limites de emissão para os poluentes para a atmosfera.</p>
<p>O Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC),</p>	<p>Define um conjunto de políticas e medidas internas que visam a redução</p>

<p>aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 104/2006, de 23 de Agosto e alterado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 1/2008, de 4 de Janeiro.</p>	<p>de emissões de GEE por parte dos diversos sectores de actividade.</p>
<p>O Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE), criado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 1/2008.</p>	<p>É aplicável a um conjunto de instalações fortemente emissoras de GEE, e como tal incluídas no Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE);</p>
<p>O Fundo Português de Carbono, criado pelo Decreto-Lei n.º 71/2006, de 24 de Março.</p>	<p>Relativo ao desenvolvimento de actividades para a obtenção de créditos de emissão de GEE, designadamente através do investimento em mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto.</p>
<p>Resolução do conselho de ministros n.º93/2010, de 26 de Novembro, o desenvolvimento de um novo quadro regulamentar para a política climática pós-2012 em Portugal.</p>	<p>Roteiro nacional de baixo carbono (RNBC 2020); Planos sectoriais de baixo carbono para cada ministério; Programa nacional para as alterações climáticas para o período 2013-2020.</p>

Água:

<p>A Lei da Água, lei n.º58/2005, de 29 de Dezembro, da Assembleia da República, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro.</p>	<p>Estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas.</p>
---	---

Energia:

Crescimento sustentável Portugal

Como estratégia de crescimento sustentável, o nosso país tem “apostado” nas áreas de energias renováveis, eficiência energética e redução das emissões de G.E.E.

Em termos de situação de referência verifica-se que o consumo total de energia final em Portugal aumentou 66% de 1990 a 2008, de 10.915 ktep. para 17.508 ktep.

Decreto-Lei n.º78/2006, de 4 de Abril.	Estabelece o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE).
Decreto-Lei n.º79/2006, de 4 de Abril.	Aprova o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE).
Decreto-Lei n.º80/2006, de 4 de Abril.	Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE).
Resolução do Conselho de Ministros n.º1/2008, de 4 de Janeiro.	Aprova o Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE II); revê e actualiza as metas das políticas e medidas do Programa Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC) 2006 – revê algumas das metas estabelecidas pela Resolução do Conselho de Ministros n.º169/2005, para o horizonte 2012.
Decreto-Lei n.º71/2008, de 15 de Abril.	Regula o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia (SGCIE), com o objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia.

<p>Resolução do Conselho de Ministros n.º80/2008, de 20 de Maio.</p>	<p>Aprova o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE), em cumprimento do disposto na Directiva 2006/32/CE, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos.</p>
<p>Decreto-Lei n.º319/2009, de 3 de Novembro.</p>	<p>Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva 2006/32/CE, de 5 de Abril, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos. Estabelece objectivos e instrumentos que devem ser utilizados para incrementar a relação custo-eficiência da melhoria da eficiência na utilização final de energia.</p>
<p>A estratégia nacional de energia (ENE 2020), segundo a Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de Abril, que adapta e actualiza a estratégia definida pela anterior Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro.</p>	<p>Reduzir a dependência energética do País face ao exterior para 74 % em 2020;</p> <p>Garantir o cumprimento dos compromissos assumidos por Portugal no contexto das políticas europeias de combate às alterações climáticas, permitindo que em 2020 60 % da electricidade produzida e 31 % do consumo de energia final tenham origem em fontes renováveis e uma redução do 20 % do consumo de energia final nos termos do Pacote Energia-Clima 20-20-20;</p> <p>Reduzir em 25% o saldo importador energético com a energia produzida a partir de fontes endógenas;</p> <p>Criar riqueza e consolidar um cluster</p>

	<p>energético no sector das energias renováveis em Portugal;</p> <p>Desenvolver um cluster industrial associado à promoção da eficiência energética;</p> <p>Promover o desenvolvimento sustentável criando condições para o cumprimento das metas de redução de emissões assumidas por Portugal no quadro Europeu.</p>
<p>Resolução do Conselho de Ministros n.º54/2010.</p>	<p>Determina um conjunto de medidas que visam criar um enquadramento para a actividade de miniprodução descentralizada de energia.</p>

Capítulo 3.

REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

3.1 Introdução

Construir novos edifícios, conforme as nossas necessidades, é imprescindível. Contudo, a reabilitação dos edifícios construídos é ainda mais imprescindível, melhorando a sua eficiência e promovendo o desenvolvimento sustentável no nosso País.

Segundo dados do Censos 2011, em Portugal existem 734 846 alojamentos vagos. Assim, reabilitar edifícios antigos significa preservar uma grande parte dos elementos construídos, reduzindo a quantidade de demolições necessárias e das correspondentes novas construções. Reabilitar significa consumir menos recursos, energia, emissão de GEE e resíduos.

A reabilitação permite a consolidação e ocupação das áreas urbanizadas e edificadas, evitando desperdícios territoriais, ambientais, económicos e sociais que caracterizam a crescente expansão urbana. Como consequências positivas desta solução podemos enumerar, em termos económicos e ambientais (tirando proveito da racionalização das infra-estruturas e equipamentos sociais existentes), património histórico, social (funcionando como um mecanismo de identificação e integração sócio-cultural.”

No nosso país, dentro da U.E., a reabilitação de edifícios representa uma parcela muito baixa no contexto da construção, não se tendo conseguido inverter esta tendência e gerar uma dinâmica capaz de dar resposta à degradação dos seus aglomerados populacionais, a qual tem implicações muito significativas na qualidade de vida dos seus habitantes, visitantes, atracção dos mesmos e sua sustentabilidade do próprio desenvolvimento urbano.

O parque edificado existente revela-se envelhecido, desproporcionado com a actual noção de conforto ambiente associadas à melhoria gradual das condições económicas e sociais das últimas décadas.

A nova legislação nas diferentes áreas de construção é incompatível com a maioria dos edifícios existentes.

O objectivo da reabilitação é aumentar o ciclo de vida do edifício e simultaneamente dotá-lo de maior adaptabilidade às funções a que está destinado. A reabilitação não só requalifica e reutiliza um espaço, como também possibilita um menor consumo de materiais e energia, relativamente à nova construção, mantendo ou mesmo melhorando os padrões de saúde e conforto a que se destina a edificação.

O termo “reabilitação” no contexto dos edifícios pode ser interpretado sob dois conceitos distintos: “melhoria” e “recuperação”.

O primeiro conceito, ou seja, “melhoria” identifica-se com as intervenções que conferem a edifícios ainda não degradados uma qualidade superior à que possuíam quando foram edificados.

O segundo conceito, ou seja, “recuperação” identifica-se com as intervenções de renovação em edifícios já degradados.

Reconstruir e reabilitar pode ser ou não mais caro do que construir de raiz, conforme o estado do edifício existente e o reaproveitamento que se consiga fazer dos materiais que o constituem. Para além disso, reabilitar é preservar as marcas históricas e culturais de um espaço, resultando daí a sua valorização social e económica. Para a elaboração de um projecto de reabilitação, é necessário antes de mais realizar um diagnóstico aprofundado do estado de conservação do edifício em causa. Interessa avaliar as anomalias existentes, identificar as suas causas, definir todos os aspectos em que é necessário intervir e avaliar tudo aquilo que pode ser reaproveitado.

3.2 A reabilitação e a sustentabilidade

A reabilitação do edificado é de crucial importância para o desenvolvimento sustentável nas suas três dimensões, contribuindo para um aumento da qualidade de vida humana e fundamental para o desenvolvimento económico das comunidades. Além destes dois importantes factores é necessário igualmente considerar a relevância que uma reabilitação possa vir a desempenhar um papel fundamental no consumo de novos recursos.

A reabilitação dos edifícios é um tema de maior importância, do ponto de vista de conservação e defesa do património, desenvolvimento sustentável, de ordenamento do território, tirando o maior uso de zonas já urbanizadas.

Com efeito, a reabilitação, ao ser aplicada em zonas já urbanizadas e por vezes degradadas mas com as infra-estruturas já existentes, promove o desenvolvimento local, contribui para contrabalançar os efeitos da reestruturação económica, contribui para a expansão urbana (muitas vezes sem nexos), gestão dos recursos mais eficaz, valorização dos resíduos e uma maior protecção do ambiente.

Em resumo, promove o desenvolvimento local contribuindo para o bem-estar económico e social da população local.

3.3 Reabilitação térmica e energética

O objecto da reabilitação térmica e energética dos edifícios é a promoção da obtenção de condições ambientais interiores de conforto térmico, com baixo impacto nos consumos de energia de aquecimento ou arrefecimento necessários para a obtenção desse conforto térmico.

A reabilitação térmica e energética dos edifícios surge assim como uma das vias mais promissoras para corrigir a sua inadequação funcional, tanto mais que, complementarmente à melhoria de qualidade térmica e das condições de conforto dos seus ocupantes, contribui para o objectivo estratégico de reduzir as necessidades energéticas do País e possibilita em muitas situações a correcção de outras manifestações patológicas ocorrentes nos edifícios em ligação com a presença de humidade e a degradação do aspecto.

Contudo, o conforto ambiental não pode ser obtido descurando o consumo energético associado, sendo esta a principal preocupação imediata e um objectivo nacional e comunitário.

Com este objectivo em mente, a reabilitação térmica e energética dos edifícios, melhora a obtenção das condições de conforto, minimizando os consumos de energia associados.

Um objectivo concretizado indirectamente com a reabilitação energética e térmica dos edifícios é o de corrigir problemas de humidade e bolores, melhorando a qualidade do ar interior e promover um ambiente mais saudável.

3.4 Metodologia para uma reabilitação térmica e energética

Dentro da reabilitação geral de um edifício, interessa encontrar soluções para a sua reabilitação térmica e energética.

As medidas, a adoptar, devem satisfazer os seguintes requisitos:

- Reforço da protecção térmica conferida pela envolvente dos edifícios (paredes exteriores, cobertura e pavimentos) e a sua compatibilização com o aproveitamento passivo da iluminação natural;

- Reforço do isolamento térmico dos vãos envidraçados, dotando-os com vidros apropriados e protecções solares, de forma a adequar os ganhos térmicos às necessidades de aquecimento e de arrefecimento;

- Controlo das infiltrações de ar;

- Recurso a tecnologias solares passivas e activas, nomeadamente a possibilidade de maximizar o aproveitamento de energias renováveis para Águas Quentes Sanitárias, reforço do aquecimento central, ou fornecimento de energia eléctrica.

A eficiência energética do edifício pode ser complementada com a melhoria da eficiência dos sistemas e equipamentos energéticos.

3.4.1 Reabilitação térmica e energética da envolvente exterior

3.4.1.1. Envolvente opaca

Uma das principais causas de perdas térmicas de um edifício é devido à constituição das suas paredes exteriores, pavimentos sobre espaços exteriores ou não aquecidos e coberturas.

O isolamento térmico, parte da normal constituição da envolvente actual, é responsável pela diminuição do consumo energético, aumento do conforto térmico e correcção de pontes térmicas.

Como consequência deste baixo valor de resistência térmica, nos edifícios tradicionais, vão ocorrer elevadas trocas térmicas entre o interior e o exterior, que se apresentam desfavoráveis para a manutenção das condições de conforto interior dos espaços climatizados, bem como efeitos de humidades, bolores, qualidade de ar interior, etc.

Atendendo que a maior parte do parque edificado existente foi construído antes desta nova legislação, a aplicação de isolamento térmico torna-se um dos importantes objectivos de uma reabilitação térmica, de forma a diminuir as perdas térmicas na estação de aquecimento e ganhos de calor desnecessários na estação de arrefecimento.

A reabilitação da envolvente exterior dos edifícios, com o objectivo do melhoramento do comportamento térmico dentro deste e promover a resolução de eventuais problemas que poderiam ocorrer se esta reabilitação não fosse realizada (condensações, humidades, bolores, melhor estética, melhor qualidade do ar interior), pode ter determinadas justificações:

- Minimizar o consumo das energias associadas aos sistemas energéticos utilizados;
- Promover o conforto térmico no interior do edifício;
- Correcto dimensionamento de eventuais novos sistemas de climatização que se venham a colocar;
- Promoção da qualidade de vida aos utentes do edifício.

É prática usual classificar as opções relativas ao isolamento térmico da envolvente exterior opaca dos edifícios em função da localização deste isolamento.

Assim temos,

- Isolamento térmico pelo exterior do edifício;
(E.T.I.C.S. – *external thermal insulating composite systems with rendering*) ou designados por sistemas de isolamento térmico por revestimento sobre isolante.
- Isolamento térmico localizado entre o interior e o exterior do edifício;
- Isolamento térmico pelo interior do edifício.

Todas estas opções são aplicáveis aos diversos elementos construtivos, embora para a situação do isolamento térmico localizado entre o interior e o exterior do edifício só pode ser aplicada no caso de elementos construtivos que integrem espaços de ar intermédios.

É de referir que as várias opções da colocação do isolamento térmico influenciam a temperatura e humidade quer do elemento construtivo quer no interior do edifício e resolução de problemas adjacentes.

A reabilitação da envolvente opaca dos edifícios não deve ser realizada sem um estudo das diversas condições e consequências, sendo escolhida a melhor opção.

Das três soluções, a mais utilizada quer pelas vantagens que apresenta, quer pela intervenção fácil é a aplicação de isolamento térmico pelo exterior.

Designadamente as vantagens da referida solução são a eliminação das descontinuidades no isolamento térmico aplicado, assim como a conservação da inércia térmica do edifício e protege de forma contínua a estrutura de suporte e restantes materiais das amplitudes térmicas exteriores. É também de intervenção fácil, permitindo a utilização do interior do edifício onde a reabilitação está a ser executada.

3.4.1.2. Envidraçados

A reabilitação térmica dos envidraçados tem como objectivo a conservação de energia e promoção do conforto térmico, e pode ser dividida nos seguintes itens:

- Reforço do isolamento térmico dos vãos envidraçados e sua caixilharia;
- Redução da permeabilidade ao ar da caixilharia e dotá-la com dispositivos que permitam a sua ventilação;
- Aplicação de envidraçados de elevado desempenho térmico;
- Controlo dos ganhos solares a admissão de luz natural, de forma a serem minorados os problemas de sobreaquecimento interior e conforto térmico;
- Incremento da área envidraçada para aquecimento do ambiente interior e aproveitamento da luz natural ou reduzir a área envidraçada para reduzir os ganhos solares e aumentar o isolamento térmico.

Na perspectiva de uma reabilitação térmica é fundamental considerar correctamente o sistema de climatização ou a sua eventual dispensa.

Efectivamente, se por exemplo, o aquecimento for realizado com base no efeito de Joule, a conservação de energia eléctrica em energia térmica é unitária, sendo o consumo de energia eléctrica idêntico às necessidades térmicas do edifício. Por outro lado, se o aquecimento for realizado através de uma bomba de calor, neste caso a conservação de energia eléctrica em energia térmica é função do *Coefficient of Performance* (C.O.P.) do equipamento, por exemplo, para um COP de 4 o consumo de energia eléctrica é cerca de 1/4 das necessidades de energia térmica.

3.4.1.3. Sistemas passivos nos edifícios:

Um sistema passivo tem como objectivo promover o aquecimento ou o arrefecimento natural do edifício em questão.

O sistema passivo de captação de energia solar é aquele que a energia térmica é captada e transmitida naturalmente por convecção, condução e radiação, sem recorrer a

meios mecânicos artificiais, ou recorrendo a estes com consumos mínimos relativamente aos ganhos que proporcionam, como por exemplo, tubos enterrados.

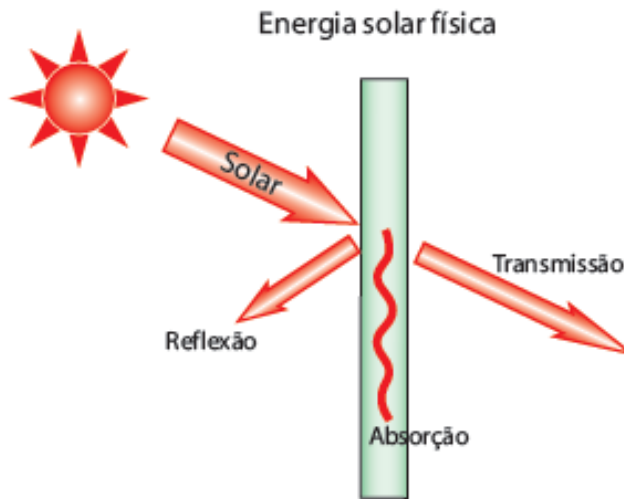


Figura 3.1 – Radiação solar

É um dado adquirido que a exposição solar no quadrante sul, no Hemisfério Norte, é a mais vantajosa do ponto de vista dos ganhos solares ao longo das estações do ano (TIRONE, 2007) e como tal, as fachadas principais devem orientar-se sempre que possível nesta direcção. Não menos importante é o posicionamento junto a estas fachadas dos espaços interiores de maior permanência.

A utilização de tecnologias solares passivas, no desempenho energético na reabilitação de edifícios pode dividir-se nos seguintes sistemas:

Sistema de ganho directo - através da radiação solar directa para o interior do edifício habitado através dos vãos envidraçados bem orientados.

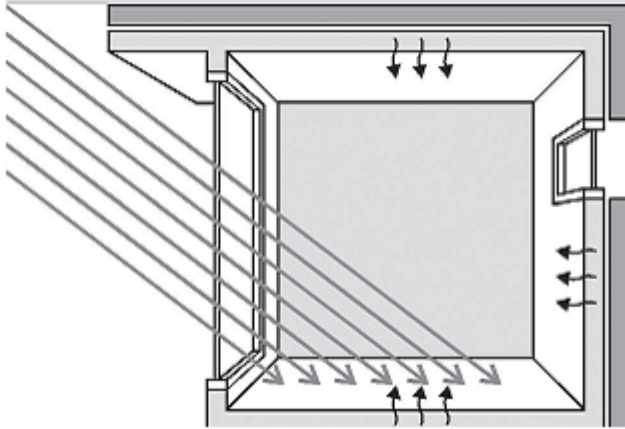


Figura 3.2 – Sistema de ganho directo.

Sistema de ganho indirecto – através da captação da energia solar por meio de uma parede colectora para o efeito construída de materiais pesados (betão, tijolos maciço, pedra) situada entre o espaço que se pretende aquecer e o vidro que forma a protecção do exterior.

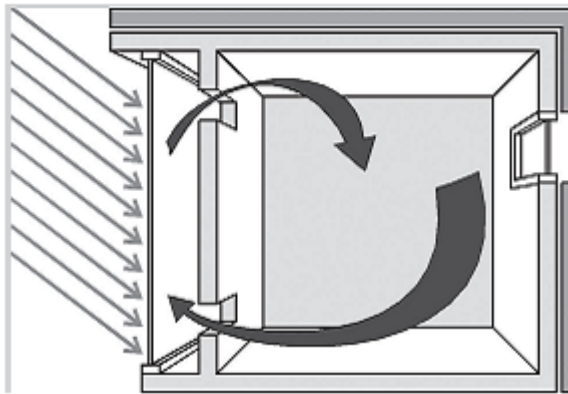


Figura 3.3 – Sistema de ganho indirecto - parede Trombe.

- Parede Trombe;
- Parede e colunas de água.

Sistema de ganho isolado (Estufas) – Sistemas combinados dos dois anteriores, compõem-se de um espaço fechado coberto de vidro, a estufa, e de uma massa acumuladora térmica, geralmente constituída pelo pavimento e parede contígua ao compartimento que se pretende aquecer.

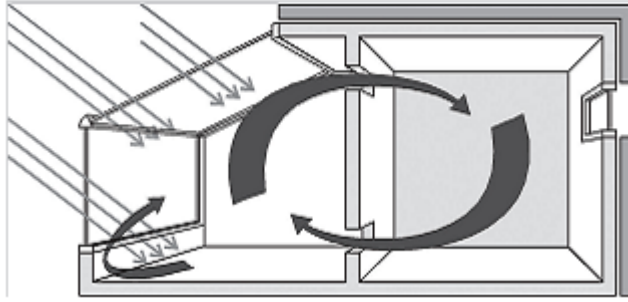


Figura 3.4- Sistema de ganho indirecto - estufa.

- Sombreamentos exteriores – Como foi dito no ponto anterior, os sombreamentos exteriores das áreas envidraçadas desempenham um papel importante na protecção contra a radiação solar, evitando o calor excessivo. São aplicados pelo exterior dos envidraçados localizados nos quadrantes nascente, sul e poente, dado que a norte não há quase incidência directa da luz solar. Além da protecção contra a radiação solar devem permitir uma boa ventilação natural, proporcionar uma boa visualização do exterior na horizontal mesmo quando se encontram totalmente descidos, permitir o fácil manuseamento pelo interior e estar relativamente distantes do envidraçado de forma a garantir uma boa ventilação natural entre ambos os elementos;



Figura 3.5 – Sombreamento exterior num edifício.

Ventilação natural e arrefecimento passivo– A ventilação natural é um processo que acontece devido à diferença de temperatura entre a envolvente a norte, mais fresca, e a envolvente orientada a sul, mais quente. De facto não só permite o arrefecimento passivo do interior, por via da circulação do ar fresco em substituição do ar quente sobretudo durante a noite, como também a remoção das impurezas, como por exemplo, as libertadas pelos revestimentos interiores. Quando o efeito da inércia térmica não é suficiente e a temperatura interior se encontra acima dos níveis de conforto desejado, a ventilação natural reduz de forma eficaz esse sobreaquecimento.

3.4.1.4. Sistemas activos (Tecnologias solares activas)

As trocas de calor num painel solar incluem os diferentes tipos de fenómenos de transmissão de calor: radiação, condução e convecção.

- a) Radiação solar – Qualquer corpo por se encontrar a uma dada temperatura emite radiação, dividindo-se em radiação directa, difusa e reflectida.
- b) Condução e convecção – O calor captado por um painel é transmitido ao fluido térmico, que se pretende aquecer através de fenómenos de condução e convecção. A condução é a transferência de calor que atravessa os materiais que constituem a tubagem e as paredes do painel (transmissão de calor no meio sólido). A convecção é a transferência de calor que ocorre no fluido térmico e no ar que rodeia o painel (transmissão de calor, proveniente do meio sólido, no fluido).

Sistemas solares térmicos:

Basicamente, um sistema solar térmico pode ser definido como um equipamento que aproveita a radiação emitida pelo sol para aquecer o fluido. É constituído por dois elementos principais: o colector solar para captação da energia e o depósito em que se faz a armazenagem da água quente sanitária (AQS).

Independentemente da sua dimensão, os componentes básicos que fazem parte do sistema solar térmico para aquecimento das águas sanitárias são os seguintes:

- Colector: transforma a radiação solar incidente em energia térmica, mediante aquecimento do fluido que nele circula;

- Armazenamento: Depósito onde é colocada a reserva de água quente para consumo;
- Permutador: Efectua a transferência da energia térmica captada pelos colectores para a água quente de consumo;
- Regulação e controlo: Parte mecânica e electro-mecânica que assegura o bom funcionamento do sistema (abertura e fecho de válvulas, funcionamento das bombas de circulação comandadas pelo termóstato diferencial);
- Apoio energético: Para fazer face a períodos de menor insolação ou sem Sol, é utilizado um equipamento convencional de apoio (resistência eléctrica, caldeira a gás) que deve, no entanto, ser instalado de forma a dar sempre prioridade ao funcionamento do sistema solar.

A transferência do calor captado pelos colectores realiza-se, normalmente, de uma das seguintes formas:

- Por circulação natural (termosifão);
- Por circulação forçada.

Painéis solares fotovoltaicos;

O princípio de funcionamento deste tipo de sistema é a transformação da radiação solar em electricidade. No geral é constituído por:

- O núcleo do módulo fotovoltaico, interligado pelas células solares entre si;
- A cobertura incolor que tem como objectivo garantir a protecção das células e a passagem da radiação solar directa, difusa ou reflectida;
- Uma fina camada de plástico anti-reflector;
- Caixilho e suporte posterior.

A designação gerador fotovoltaico surge assim como o conjunto de módulos fotovoltaicos agrupados e interligados entre si. No geral, é constituído por:

Módulo ou painel fotovoltaico – conjunto das células fotovoltaicas interligadas;

Gerador fotovoltaico, que se divide em:

- Bateria (acumulador) – Equipamento que utiliza processos químicos para armazenar energia eléctrica.

- Regulador de carga – Equipamento destinado a regular a tensão das baterias.
- Inversor – Dispositivo electrónico destinado a adaptar a potência gerada às características da carga.

3.4.2 Reabilitação da iluminação natural e artificial:

O procedimento para uma reabilitação da componente de iluminação (natural e artificial) nos edifícios podem ser agrupadas em três pontos fulcrais em função do tipo de intervenção:

- 1) Intervenção na envolvente exterior do edifício;
- 2) Intervenção ao nível de espaços interiores;
- 3) Intervenção de soluções alternativas.

Havendo um procedimento de reabilitação dum edifício, nomeadamente, ao nível de um incremento da iluminação, quer natural, quer artificial, enquadrada numa perspectiva de melhorar o seu desempenho térmico e energético, os principais objectivos a atingir devem ser:

- Obter as condições de conforto visual e iluminância adequadas a cada necessidade/tarefa;
- Tirar o máximo proveito da iluminação natural não criando desconforto térmico em certas zonas ou em consumos energéticos suplementares;
- No caso da iluminação artificial, optar por uma iluminação, sistemas energeticamente eficientes não descurando a correcta luminosidade a tarefa a ser desempenhada;
- Procurar articular entre a iluminação natural e artificial de uma forma eficiente.

De forma a serem suprimidas as necessidades de iluminação nas zonas dos edifícios onde se processa uma actividade diurna, deve tirar partido sempre que possível, da iluminação de fonte natural, já que esta é a forma mais económica, funcional e adequada para proporcionar boas condições de conforto visual aos respectivos utentes.

Contudo a utilização da iluminação natural não deverá ser encarada como uma penalização em cargas de arrefecimento ou incómodo térmico e visual para os utentes do edifício. O controlo da iluminação natural pode ser conseguido, através de:

- Controlo da orientação, geometria e dimensões dos vãos envidraçados;
- Utilização de dispositivos de sombreamento;
- Controlo das propriedades dos vãos envidraçados;

3.4.3 Sistemas de ventilação e climatização:

A ventilação pode dividir-se, segundo a NORMA NP 1037:1974 e seguintes revisões, nos seguintes sistemas:

Ventilação mecânica - ventilação que utiliza componentes acionados por energia externa para movimentação do ar (ver a norma NP EN 12792).

Ventilação natural - ventilação ao longo de trajetos de fugas (infiltrações) e de aberturas (ventilação) no edifício, consequência das diferenças de pressão, sem auxílio de componentes motorizados de movimentação do ar:

- Arejamento;
- Ventilação por tiragem;
- Ventilação cruzada (ver a norma NP EN 12792).

A reabilitação dos sistemas de ventilação natural ou mecânica deve ser tal que, respeite as condições regulamentares e assegura uma ventilação adequada à boa saúde dos utentes do edifício, sem causar prejuízo do ponto de vista de consumo de energia.

Numa óptica da reabilitação energética, é crucial considerar o sistema de climatização em análise:

- Necessidade de aquecimento suprida por efeito de Joule e a conversão de energia eléctrica em energia térmica é unitária, sendo o consumo da energia eléctrica igual às necessidades de aquecimento do edifício ou sua zona;
- Necessidade de aquecimento fornecida por bomba de calor, neste caso a conversão de energia eléctrica em energia térmica é função do COP do equipamento em questão. Por exemplo para um COP de 4, o consumo de energia eléctrica é cerca de $\frac{1}{4}$ das necessidades de energia térmica.

Capítulo 4.

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE EM EDIFÍCIOS

4.1 Introdução

As diversas fases do ciclo de vida de um edifício, projecto, construção, uso e manutenção e demolição ou desmantelamento só podem ser consideradas sustentáveis quando as diversas dimensões do desenvolvimento sustentável – ambiental, económica, social e cultural – são ponderadas durante a fase de projecto. Para além de se considerarem parâmetros ao nível da escala do edifício, também se podem considerar parâmetros que avaliem a interacção do edifício com o meio em que este está implantado. Normalmente, os parâmetros que servem de apoio à avaliação da sustentabilidade estão relacionados de uma forma ou doutra com os seguintes objectivos: redução da utilização de energia e materiais não renováveis; redução do consumo de água; redução da produção de emissões, resíduos e outros poluentes. Nas diferentes metodologias de avaliação da sustentabilidade, normalmente é possível identificar os seguintes objectivos: optimização do potencial do local, preservação da identidade regional e cultural, minimização do consumo de energia, protecção e conservação dos recursos de água, utilização de materiais e produtos de baixo impacte ambiental, adequada qualidade do ambiente interior e optimização das fases de operação e manutenção.

O objectivo da avaliação da sustentabilidade é reunir dados e reportar informação que serve de base aos processos de decisão que decorrem durante as diversas fases do ciclo de vida de um edifício. A pontuação sustentável e o perfil sustentável de um edifício resultam dum processo no qual os factores mais importantes são identificados, analisados e avaliados. Actualmente, podem ser identificadas duas tendências antagónicas no contexto das ferramentas de avaliação: de um lado a complexidade e a diversidade de indicadores desenvolvidos por diferentes entidades e do outro, a evolução no sentido da sua efectiva implementação, através do desenvolvimento de indicadores comuns e simplificação do processo de avaliação.

O desenvolvimento de métodos de avaliação da sustentabilidade e respectivas ferramentas é um desafio não só para as academias, como também para a indústria.

Actualmente, existe uma variedade de ferramentas no mercado da construção que têm sido utilizadas na avaliação da sustentabilidade do edifício. Os sistemas de avaliação da sustentabilidade mais conhecidos são:

- *B.R.E.E.A.M.*, desenvolvida no Reino Unido;
- *L.E.E.D.*, desenvolvida nos Estados Unidos.

Os sistemas de avaliação da sustentabilidade estão a sofrer uma constante evolução para que sejam corrigidas as suas diversas limitações. Actualmente, o principal objectivo é desenvolver e implementar uma metodologia consensual que sirva de suporte à concepção de edifícios sustentáveis, que seja ao mesmo tempo prática, transparente e suficientemente flexível, para que possa ser facilmente adaptada aos diferentes tipos de edifícios e à constante evolução tecnológica que se verifica no domínio da construção. Existem inúmeros países que têm ou que se encontram a desenvolver sistemas próprios de avaliação da sustentabilidade, pelo que as trocas de conhecimento e a coordenação internacional se encontram a crescer exponencialmente.

Devemos considerar parâmetros do desempenho do edifício e suas interacções com o meio onde está localizado. Deve ser definido o padrão sustentável, para as melhores práticas no projecto, construção, operação e demolição, de forma a ser atingido o melhor desempenho ambiental de um edifício.

Geralmente, os parâmetros que servem como patamar de avaliação ao edifício em questão são:

Localização e interacção com os edifícios existentes;

Redução do consumo de recursos naturais, energia e água;

Preservação do ambiente;

Gestão de resíduos, incluindo reciclagem e reaproveitamento;

Redução, reciclagem e reaproveitamento dos efluentes (poluição, água, e emissão de GEE);

Utilização de materiais duráveis, de baixo impacto ambiental;

O objectivo da avaliação da sustentabilidade é reunir categorias e critérios, analisando esses parâmetros, ao longo das diversas fases do ciclo de vida de um edifício (projecto, construção, operação e demolição). É promovida a relação entre o ciclo de vida de um edifício e a sustentabilidade, reconhecendo o seu desempenho nos vários factores.

Estas propostas têm tendência a evoluir com o desenvolvimento tecnológico, dispondo de soluções melhores ambientalmente e economicamente. No entanto, os critérios e as soluções definidas pretendem ajudar a escolher, não a melhor solução existente, mas a solução que melhora de forma significativa, o desempenho existente.

A pontuação sustentável e o perfil sustentável de um edifício têm origem num processo, no qual os parâmetros com maior importância são identificados, analisados e sujeitos ao desempenho ambiental de um edifício.

Estes sistemas de avaliação da sustentabilidade de um edifício estão, constantemente a sofrer actualizações, de forma a corrigir os seus limites e também devido ao evoluir da tecnologia.

O objectivo final é desenvolver e implementar uma metodologia consensual que sirva de suporte à concepção de edifícios sustentáveis, que seja simples, idónea e de fácil adaptação às novas tecnologias que todos os dias evolui.

Diversos países desenvolveram ou estão em vias de desenvolvimento, um sistema de avaliação da sustentabilidade característico de um edifício, pelo que as permutas de informação, conhecimento e a coordenação entre estes países, de forma a tornar estes sistemas os mais semelhantes possíveis, estejam rapidamente a crescer.

4.2. Metodologia:

A avaliação da sustentabilidade em edifícios tem como referência uma série de parâmetros que se encaixam nas várias faces do desenvolvimento sustentável. A utilização de métodos de avaliação da sustentabilidade dos edifícios através da análise exaustiva de todos esses parâmetros, um a um, seria um processo moroso que desencorajaria a aplicação desses métodos, o que colocaria em causa o seu objectivo. Desta forma, os métodos existentes têm por base a classificação dos parâmetros que são mais relevantes nos objectivos da avaliação, concebendo a realidade como um todo. Um indicador permite avaliar o comportamento de uma solução face a um ou mais objectivos do desenvolvimento sustentável e um parâmetro é uma propriedade mensurável ou de fácil observação que atribui informação acerca de um acontecimento, ambiente ou área.

Para além dos normais parâmetros que contribuem para a avaliação da sustentabilidade de um edifício, existem outros que tornam o processo de avaliação difícil, nomeadamente a atribuição do peso de cada parâmetro, podendo ser variável sob contextos tecnológicos, religiosos, políticos, sociais, económicos, etc., de cada país.

A maioria dos sistemas de avaliação da sustentabilidade de um edifício têm origem nos regulamentos e legislação local, em soluções construtivas tradicionais e de melhor resultado final de cada país, sendo cada parâmetro analisado de acordo com as realidades ambiental, social, económica e política desse país.

Em suma, devido às divergências assinaladas, não existe um método de avaliação da sustentabilidade de um edifício que seja universal.

4.3. Sistemas de avaliação de sustentabilidade

Pretende-se descrever, sucintamente, os seguintes sistemas de avaliação de sustentabilidade:

- **L.E.E.D.;**
- **B.R.E.E.A.M.;**
- **LÍDER A.**

4.3.1 Sistema *Leadership in Energy & Environmental Design (L.E.E.D)*

4.3.1.1 Definição

Etimologicamente, as iniciais da sigla **L.E.E.D.** significam **Leadership in Energy and Environmental Design.**

Trata-se de um sistema de certificação de edifícios sustentáveis, desenvolvido nos E.U.A. no ano de 2000, pelo ***U.S.Green Building Council.***

O objectivo é promover o saudável, regras de boa prática, durabilidade e economia nas várias fases da vida de um edifício.

A sua avaliação é determinada pelo projecto e construção, utilizando estratégias com o objectivo de melhorar o consumo energético, eficiência no uso da água e energia utilizada, redução de libertação de G.E.E., melhor ambiente no interior do edifício, eficiência na aplicação de recursos, resíduos e seus impactos no ambiente.

4.3.1.2 Metodologia

Os critérios de avaliação, deste sistema, são determinados segundo uma lista de diversos critérios:

- 1. Localização sustentável;**
- 2. Eficiência utilização água;**
- 3. Energia e atmosfera;**
- 4. Materiais e recursos;**
- 5. Qualidade ambiente interior;**
- 6. Inovação no design e projecto.**

Os vários critérios encontram-se sujeitos a uma verificação de pré-requisitos, para uma avaliação com este sistema que possa ser válida.

Estes critérios de avaliação são divididos em créditos, sendo atribuída uma pontuação, consoante as suas características. O número de pontos ganhos determina o nível da certificação *L.E.E.D.* que o projecto recebe. A certificação *L.E.E.D.* NC-1.0, no exemplo em questão, é dividida em quatro escalões:

- Certificado (26-32 pontos);
- Prata (33-38 pontos);
- Ouro (39-51 pontos);
- Platina (52-70 pontos).

Nota: Além destas categorias, existem outras duas, que podem elevar a pontuação atribuída, designadamente, inovação no projecto e créditos regionais.

4.3.2. Sistema *Building Research Establishment Environmental Assessment Method (B.R.E.E.A.M.)*

4.3.2.1 Definição

O sistema de avaliação de sustentabilidade, *B.R.E.E.A.M. (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method)*, é um sistema em que é definido o padrão para as melhores práticas no desenvolvimento sustentável do projeto e tornou-se a medida usada para descrever o desempenho ambiental de um edifício em vários países. O sistema *B.R.E.E.A.M.* teve a sua origem no ano 1990 no Reino Unido como um instrumento de avaliação da sustentabilidade voluntário pela instituição *BRE (Building Research Establishment)*, sendo difundida, desde o seu início pelo mundo inteiro.



Figura 4.1 – Distribuição de países no mundo com o sistema *B.R.E.E.A.M.*

Objectivos do sistema de avaliação *B.R.E.E.A.M.*:

- Mitigar os impactos das construções no meio ambiente;

- Reconhecimento dos edifícios de modo a serem realizados de acordo com seus benefícios ambientais;
- Fornecer uma certificação credível, ambiental para os edifícios;
- Estimular a procura por construções sustentáveis;

Objetivos da certificação da sustentabilidade *B.R.E.E.A.M.*:

- Proporcionar o reconhecimento do mercado de edifícios de baixos impacto ambiental;
- De forma a garantir a melhor prática ambiental, são incorporados nos edifícios critérios e padrões que ultrapassam os exigidos pelos regulamentos, desafiando o mercado para fornecer soluções inovadoras que minimizem o impacto ambiental dos edifícios;
- Estimular a sensibilização dos proprietários, ocupantes, projetistas e utilizadores para o sistema BREEAM nos edifícios com um impacto reduzido sobre o ambiente.

4.3.2.2. Metodologia

O sistema de avaliação *B.R.E.E.A.M.* analisa o desempenho sustentável do edifício em questão, de acordo com as seguintes categorias e seus requisitos, sendo atribuída uma pontuação conforme o desempenho

<p>Gestão</p> <ul style="list-style-type: none"> • Comissionamento; • Impacto da construção; • Segurança. 	<p>Entulho</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resíduos de construção; • Reciclagem de materiais; • Instalações de reciclagem.
<p>Saúde e Bem Estar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luz natural; • Conforto térmico; • Conforto acústico; • Qualidade do ar interior; • Iluminação. 	<p>Poluição</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de refrigeração; • Riscos de inundação; • NOx; • Cursos de água; • Iluminação exterior e níveis sonoros.
<p>Energia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Emissões de GEE; • Tecnologias com baixo teor ou isentas de carbono; • Eficiência energética. 	<p>Solo e ecologia</p> <ul style="list-style-type: none"> • Local; • Protecção das características ecológicas; • Mitigação / valorização de valor ecológico.
<p>Transporte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acesso à rede de transportes públicos; • Infra-estruturas para peões e ciclistas; • Acesso a amenidades; • Planos de viagem e informações. 	<p>Materiais</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impacto do ciclo de vida; • Reutilização de materiais; • Fontes das matérias-primas responsáveis; • Durabilidade.
<p>Água</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo de água; • Detecção de fugas; 	<p>Inovação</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exemplos de níveis de desempenho;

<ul style="list-style-type: none">• Reutilização da água.	<ul style="list-style-type: none">• Uso de profissionais acreditados BREEAM;• Novas tecnologias e processos de construção.
---	---

Quadro 4.1 - Resumo das categorias BREEAM e as suas principais questões.

Os créditos são atribuídos em dez categorias de acordo com o desempenho. Esses créditos são então somados para produzir um único score global em uma escala de Satisfatório, Bom, Muito Bom, Excelente e Excelente +. A operação do sistema de avaliação *B.R.E.E.A.M.* é supervisionado por um Conselho de Sustentabilidade independente, representando um amplo leque de partes interessadas da indústria de construção.

O número total de pontos ou de créditos adquirida em cada secção é multiplicado por um coeficiente de correcção ambiental, factor que leva em conta a relativa importância de cada secção. Pontuações, por cada secção são, então, somados para produzir um único score total. Uma vez que a pontuação geral para o edifício é conhecida, esta é traduzida numa classificação, a escala de:

- Satisfatório;
- Bom;
- Muito Bom;
- Excelente;
- Excelente +;

A classificação por estrelas de 1 a 5 estrelas também é fornecida: ★ ★ ★ ★ ★

4.3.3. Sistema LíderA

4.3.3.1 Definição

O sistema LíderA é um sistema de avaliação da sustentabilidade que tem como princípio equacionar o ambiente na construção de edifícios e mantê-lo durante o seu período de vida útil, tornando essa construção sustentável, organizado em diferentes vertentes que incluem áreas de intervenção e que são operacionalizadas através de critérios que permitem efectuar a orientação e a avaliação do nível de procura da sustentabilidade, segundo Manuel Pinheiro (versão 2.0 LíderA).

4.3.3.2 Metodologia

O sistema assenta num conjunto de seis princípios de bom desempenho ambiental (integração local, recursos, cargas ambientais, conforto ambiental, vivência socioeconómica e uso sustentável), traduzidos em 22 áreas e 43 critérios, nos quais se avalia os ambientes construtivos em função do seu desempenho, no caminho para a sustentabilidade.

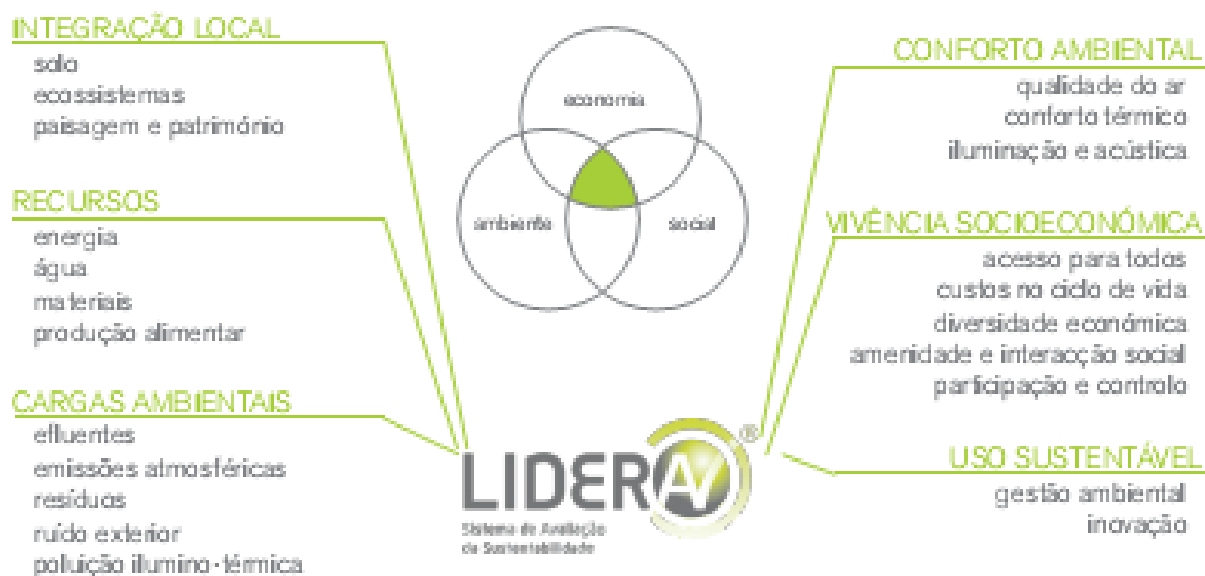


Figura 4.2 – Metodologia do sistema LíderA, adaptado de Manuel Pinheiro, 2006

Assim temos:

1. Integração no local, no que diz respeito ao solo, aos ecossistemas naturais e paisagem e património, dar crédito à dinâmica local, englobando-se nesta dinâmica.
2. Optimizando a eficiência dos recursos, nomeadamente ao consumo de energia, de água, materiais diversos.
3. Procurar reduzir as cargas ambientais, envolvendo os efluentes, as emissões atmosféricas, os resíduos, o ruído exterior e a poluição ilumino-térmica.
4. Procura em aumentar o conforto ambiental, nas áreas da qualidade do ar, do conforto térmico e da iluminação e acústica;
5. Incrementar a vivência socioeconómica, que integra o acesso para todos, os custos no ciclo de vida, a diversidade económica, as amenidades e a integração social e participação e controlo;
6. Procurar o melhor uso do edificado de uma forma sustentável, através de uma gestão ambiental e apoiada em soluções inovadoras.

Para cada tipologia de utilização e para cada critério são definidos os níveis de desempenho considerados, que permitem indicar se a solução é ou não é sustentável. A parametrização para cada um deles segue, ou a melhoria das práticas existentes, ou a referência aos valores de boas práticas, tal como é usual nos sistemas internacionais.

Estes níveis são derivados a partir de dois referenciais chave. O primeiro assenta no desempenho tecnológico, pelo que a prática construtiva existente é considerada como nível usual (classe E) e o melhor desempenho decorre da melhor prática construtiva viável até à data, o que tem como pressuposto que uma melhoria substantiva no valor actual é um passo o caminho da sustentabilidade. Decorrentes desta análise são estabelecidos para cada utilização os níveis de desempenho a serem atingidos, segundo a seguinte escala, seno A++ (mais eficiente) até G (menos eficiente):

Para o sistema LíderA o grau de sustentabilidade é mensurável e passível de ser certificado em classes de com desempenho (C, B, A, A+, A++) que incluem uma melhoria de 25% (classe C) face à prática (Classe E), passando por uma melhoria de 50% (Classe A), melhoria de factor 4 (Classe A+) até uma melhoria de factor 10 (Classe A++).

Assim, os níveis de desempenho de base do sistema LíderA são os seguintes:

- **Nível E-** Valor de desempenho igual à da prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 1;
- **Nível D-** Apresenta uma melhoria de 12,5% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 1,14;
- **Nível C-** Apresenta uma melhoria de 25% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 1,33;
- **Nível B -** Apresenta uma melhoria de 37,5% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 1,66;
- **Nível A-** Apresenta uma melhoria de 50% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 2;
- **Nível A+-** Apresenta uma melhoria de 75% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 4;
- **Nível A++-** Apresenta uma melhoria de 90% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 10;
- **Nível A+++-** Apresenta um desempenho neutral ou até regenerativo melhorando o desempenho do ambiente.

CAPÍTULO 5.

CASO PRÁTICO

5.1. Introdução

A seguinte obra, de reabilitação e ampliação, insere-se no programa de modernização do Parque Escolar, E.P.E., sita na Avenida Engenheiro Laginha Serafim, 8100-740 Loulé.

Com o objectivo de avaliar a sustentabilidade na obra da Escola Secundária de Loulé, é necessário descrever qual foi a intervenção sofrida, nomeadamente, uma parte reabilitada e uma parte de nova construção.

A Escola Secundária de Loulé, inaugurada em 1976, encontra-se inserida num lote com uma área de 27690m². As suas confrontações são as seguintes: a Norte o Parque da cidade, a Sul as piscinas municipais, a Oeste o Parque da cidade e a Este fica o seu acesso, enquadrando-se numa zona recente, a Estrada Nacional 396 com saída para Norte da cidade.



Figura 5.1 – Vista aérea da Escola Secundária de Loulé.

Descrição (anterior às obras efectuadas):

- Um edifício de serviços e administrativo;
- Três edifícios de salas de ensino, de formato em planta quadrangular;
- Edifício das oficinas de piso térreo, com estrutura quadriculada;
- Pavilhão gimnodesportivo.

A ligação entre os vários edifícios é feita por percursos cobertos em chapa (estrutura metálica com cobertura).

Os espaços exteriores são constituídos por zonas entre edifícios, sem controlo ou uso específico. A escola tem mais duas entradas; uma de serviço no topo Norte/Nascente e uma outra no limite Sul/Poente que é utilizada para os alunos e com acesso às Piscinas Municipais de Loulé.

Descrição:

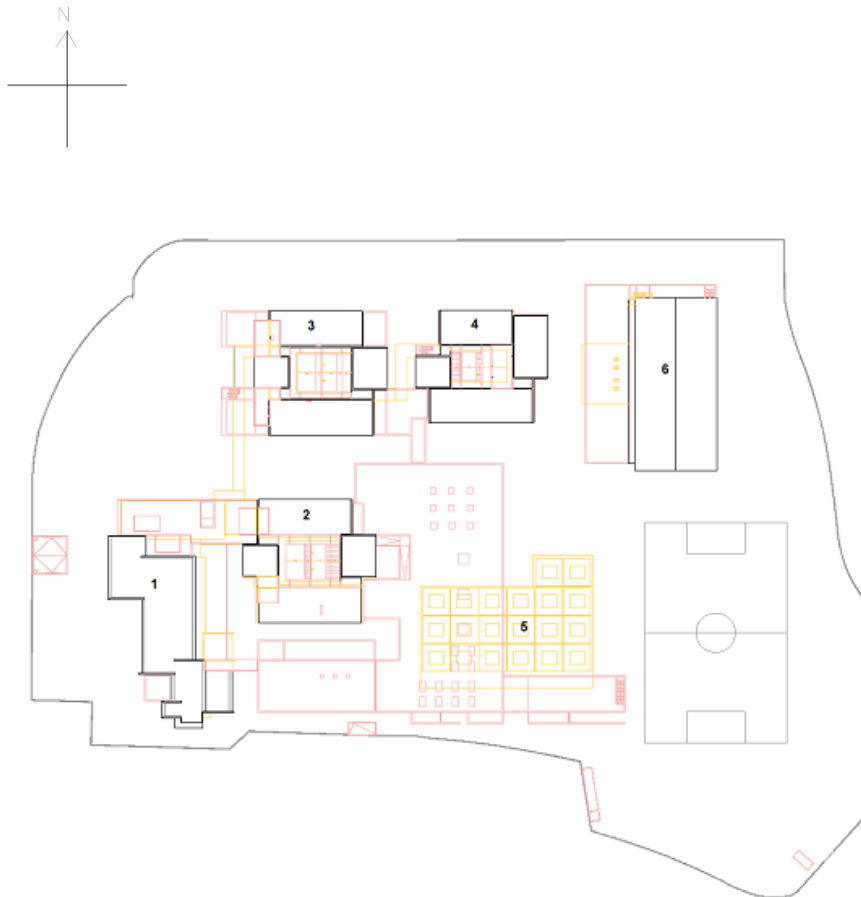


Figura 5.2 – Planta da Escola de Loulé antes da intervenção sofrida.

Legenda:

- 1 – Edifício administrativo;
- 2, 3 e 4 – Edifícios de salas de ensino;
- 5 – Edifício de oficinas;
- 6 – Pavilhão gimnodesportivo.

Nota:

- A traço amarelo – o que foi demolido;
- A traço vermelho – o que foi construído de novo;
- A traço preto/azul – o que foi mantido.

Descrição:



Figura 5.3 – Planta da Escola de Loulé depois da intervenção sofrida.

Legenda:

- Bloco A – Edifício administrativo;
- Bloco B – Edifício administrativo ou de aulas;
- Bloco C – Edifício social;
- Bloco D – Edifício de aulas;
- Bloco E – Edifício de aulas;
- Bloco F – Edifício de aulas;
- Bloco H – Pavilhão gimnodesportivo;

Bloco I – Actividades extracurriculares e apoio;

Pequena descrição das obras de reabilitação e nova construção efectuadas:

- Agregação do conjunto de edifícios soltos num único edifício, com vários blocos educacionais, através da criação de um eixo agregador, entre os vários blocos, ligado aos espaços sociais, através de um corredor de ligação entre as diversas zonas;
- Melhoria do desempenho energético do edifício, nos blocos reabilitados;
- Melhores condições de conforto, salubridade;
- Demolição do bloco de oficinas;
- Alteração da localização da entrada principal da escola ligada ao eixo principal;
- Enquadramento dos espaços exteriores com sua envolvente;
- Demolição e nova construção dos balneários de apoio ao pavilhão gimnodesportivo (Bloco G);
- Reabilitação dos blocos existentes A, D, E e F. A maior parte das áreas de ensino ocupam a maior parte da construção existente renovada, dado conseguir-se tipologicamente adaptar melhor ao novo programa deixando as áreas sociais e administrativas para a obra nova.

Existe ainda um pequeno bloco, na continuação da fachada principal da escola, que define uma entrada de serviço para cargas e descargas, recolha de resíduos sólidos urbanos, ambulância e outros, que para além de ter algumas áreas técnicas e de arrumos gerais, tem mais balneários, mais próximos do campo de futebol que é alugado a terceiros fora das horas de funcionamento da escola, não precisando “invadir” o espaço desta (bloco H).

5.2. Avaliação da sustentabilidade da Escola de Loulé, utilizando o método LíderA:

De acordo com o sistema LíderA, temos:

Vertente: Integração local

Na primeira vertente, **integração local**, pretende-se minimizar:

- Os impactos da construção e sua poluição;
- Valorizar a área ocupada, fazendo esforços de maneira a ser ocupado o mínimo de terreno intervencionado, preservando também o edificado (património) existente;
- Controlar a erosão do solo, desflorestação e preservação de recursos naturais.

- **Área: Solo**

Valorização territorial (CI)

A área intervencionada, inserido no programa de modernização da Escola Secundária de Loulé, a nova construção e reabilitação da construção existente é localizada dentro do lote da anterior escola, sendo o seu impacto reduzido para o solo e seus usos, gerindo a sustentabilidade na zona de construção e valorizar as características ambientais globais e valorizar também os locais a renovar.

Como podemos visualizar, através das fotos, a construção de novas estruturas insere-se dentro dos limites da escola antiga, não sendo utilizadas novas zonas para a sua construção, reduzindo o impacto causado para o solo, assegurando-se assim a preservação do terreno, não havendo a nova desflorestação controlando-se a erosão do solo.



Figura 5.4 – Bloco G (reabilitado) e novos balneários



Figura 5.5 – Bloco C (novo) com Bloco E (reabilitado)

Optimização ambiental da implantação (C2)

Neste segundo parâmetro, que tem como objectivo a redução da área de implantação do edifício e zonas afins, foi aproveitado o lote da antiga escola, não excedendo os seus contornos e aproveitando as áreas disponíveis conforme as necessidades de um edifício escolar.

• **Área: Ecossistemas Naturais**

Valorização ecológica (C3):

A conservação dos habitats naturais é essencial para a manutenção da biodiversidade e da singularidade das suas comunidades.

De modo a haver uma conservação local da biodiversidade, é preciso que a entronização de uma fracção desse local se subordine às preferências ecológicas das espécies e habitats a conservar.

Como política de protecção da biodiversidade local, a Parque Escolar, E.P.E, elaborou um projecto de arquitectura paisagista, levando em atenção as diversas espécies a conservar e procurar os seguintes objectivos:

- Conservação e valorização dos espaços adjacentes ao edifício escolar;
- Expansão das áreas verdes existentes;
- Protecção da biodiversidade local.

A presença de vegetação em meio urbano, é uma mais-valia para o ecossistema urbano (cria pequenos nichos para algumas espécies de aves e pássaros), melhorando a

eficiência energética (quando bem localizadas) de alguns edifícios, e funcionando como um regulador ambiental da cidade, fornecendo oxigénio, ventilação e conforto térmico.

No caso desta Escola, optou-se por manter a maioria das espécies vegetais presentes, exceptuando claro, as invasoras (Acácia, por exemplo).

Essa decisão deve-se sobretudo à falta de espaço exterior devido à implantação dos novos blocos em conjugação com os existentes.

A vegetação junto ao perímetro (vedação) da escola, é de carácter mais rústico e autóctone (persiste sem rega), no interior do recinto escolar, zonas de circulação /desportiva, a presença da vegetação faz-se sentir sobretudo ao nível arbóreo, em caldeira. Nestes espaços, optou-se por soluções na vegetação, em prol de uma maior segurança dos alunos, por exemplo, espécies sem espinhos, entre outras.

Os arbustos localizam-se sobretudo no perímetro da escola junto à vedação interligando-se com as espécies vegetais existentes, de maneira a harmonizar os espaços.

O prado vegetal serve como um elemento de revestimento vegetal em espaços onde a segurança é garantida pela visibilidade, daí não se optar pelos arbustos.

Ao nível da manutenção, nos primeiros 5 anos qualquer espécie vegetal de pequeno ou grande porte depende de rega gota-a-gota. A partir daí, e como se trata de vegetação autóctone, em princípio deverá manter-se sozinha, sendo podada em época propícia.

É de referir que o campo de jogos de desporto é de piso sintético (artificial).

Interligação de habitats (C4)

O programa de modernização da escola de Loulé, no que diz respeito ao plano de recuperação de edifícios existentes, incorpora as soluções de arquitectura paisagística, havendo um especial cuidado em preservar a biodiversidade autóctone.

Dentro desta óptica, é particularmente relevante a política de replantação de árvores no espaço Escolar, em que é preocupação da Parque Escolar manter os espaços verdes nas Escolas, e sempre que possível, aumentá-los.



Figura 5.6 – Interação de habitats (existente com novo).

Área: Paisagem e património

Integração paisagística local (C5)

A reabilitação dos blocos existentes, sobretudo quando articulada com processos mais vastos de requalificação do tecido urbano envolvente, deve pois procurar reforçar os laços que ligam as escolas, não apenas à história das cidades e dos seus habitantes, mas também ao seu futuro projectado.

Na área da integração paisagista local, houve uma preocupação na implantação dos novos edifícios conjugada com os existentes e espaços exteriores, nomeadamente na criação de espaço de lazer das áreas sociais a Norte/Nascente, tirando partido de um prolongamento exterior para estas actividades, usufruindo das condições privilegiadas exteriores, designadamente do número de dias de sol da região Algarvia. A paisagem do edifício existente foi evidenciada, na sua forma e conceito, de forma a ser preservada.

Um segundo ponto de interesse na integração paisagística local, é a alteração da entrada principal da Escola de Loulé, contudo, a sobriedade de formas foi mantida, na fachada principal do edifício escolar, criando uma frente de rua, para a avenida contígua na continuação do parque de estacionamento automóvel, em frente da escola.

De uma forma geral, o “contexto” das edificações exteriores foi mantida, como se tivesse sido sempre um único edifício.

Protecção e valorização do Património (C6):

Conforme descrito no manual de apoio ao programa de modernização das escolas, a Parque Escolar, E.P.E., ao identificar os condicionantes para os seus projectos, tem a preocupação de preservar e valorizar o património, bens ou servidões de interesse cultural.

Um dos objectivos do programa de modernização das escolas é a preservação e valorização do património, valorizando a integração das escolas na paisagem e na vida das cidades englobadas.

Neste caso particular, embora este edifício escolar sendo de 1976, faz parte de um património urbano valorizado pela população, um bem de interesse cultural, sendo preservado e ampliado, para corresponder a uma maior população de alunos, suas necessidades e membros da comunidade envolvida.

- **Vertente: Recursos**

A segunda vertente da lista a ser verificada, **recursos**, tem como objectivo:

- Diminuir o consumo de energia, água e materiais;
- Aumentar a eficiência no uso dos recursos disponíveis;
- Promover a produção local de alimentos.

Esta vertente pretende, segundo o sistema de avaliação de sustentabilidade, LíderA, diminuir o consumo de recursos naturais, tais como energia, água e materiais (matérias-primas) na ampliação e reabilitação da Escola Secundária de Loulé. Em termos de sustentabilidade, esta vertente assume um carácter muito determinante, pois equaciona o meio-ambiente, permitindo-nos avaliar a sustentabilidade para cada situação.

- **Área: Energia**

Eficiência nos consumos e certificação energética (C7):

Este critério pretende avaliar os consumos dos recursos energéticos, evidenciando a eficiência na sua utilização e no edifício ao desempenho obtido da certificação energética (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar), sendo analisadas todas as necessidades energéticas dos edifícios para as condições de conforto impostas pela legislação em vigor.

No âmbito do Programa de Modernização das Escolas destinadas ao Ensino Secundário, sob coordenação da Parque Escolar, E.P.E., este edifício escolar a reabilitar, que se enquadra, em termos regulamentares, no âmbito do R.S.E.C.E. (Decreto Lei n.º 79/2006, de 4 de Abril) configurando uma situação de grande reabilitação de um Grande Edifício de Serviços.

De forma a ser garantida a sustentabilidade, eficiência energética e qualidade do ar, foram adoptadas as seguintes medidas construtivas:

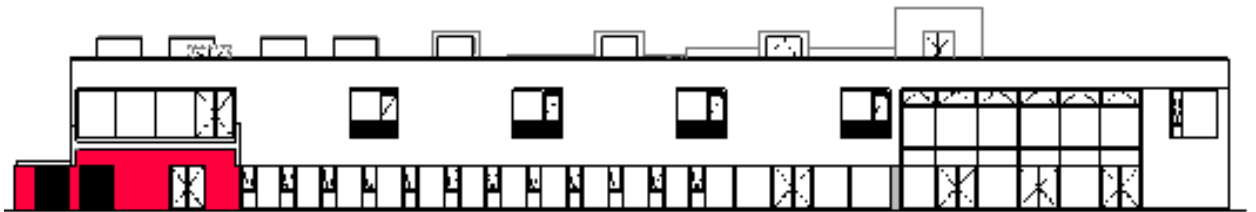
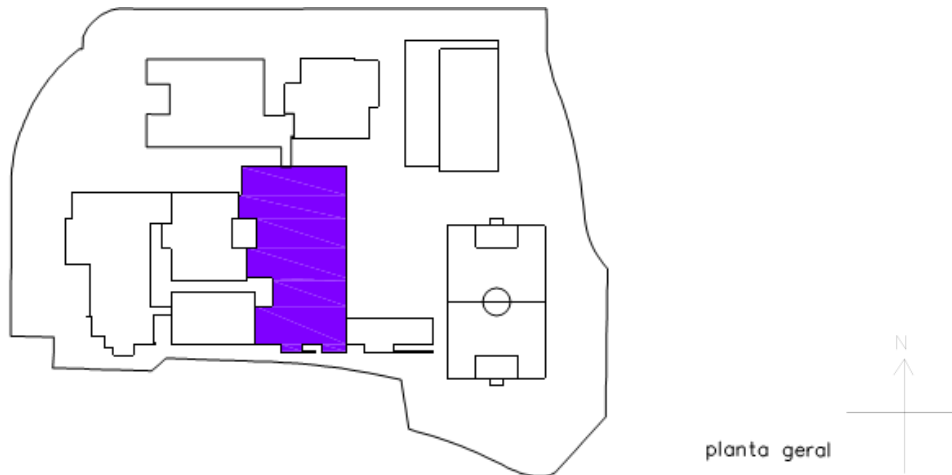
- Adequada solução construtiva da envolvente exterior do edifício;
- Envidraçados com factor solar apropriado e seu sombreamento;
- Restrição de pontes térmicas;
- Promoção de ventilações naturais;
- Na utilização de ventilações mecânicas, obrigatoriedade de instalação de recuperadores de calor;
- Elevada inércia térmica;
- Obrigatoriedade de alta eficiência energética de todos os equipamentos e sistemas de distribuição (Por exemplo: sistemas de A.V.A.C., aparelhos de iluminação, etc.);
- Utilização de energias renováveis (solar térmica e solar fotovoltaica).

Numa primeira fase, iremos abordar a eficiência dos consumos de energia numa perspectiva construtiva do edifício escolar.

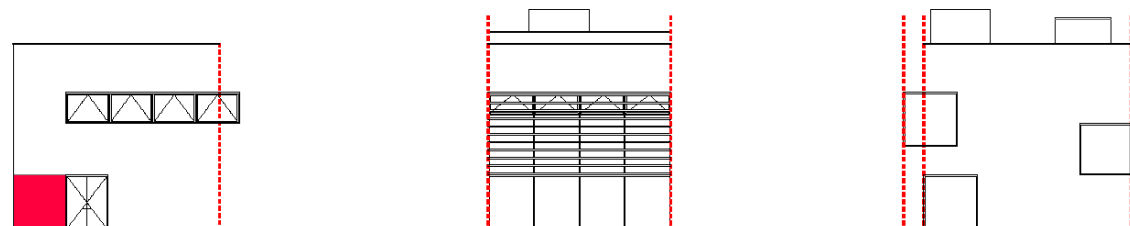
Como exemplo para uma análise do consumo energético dos vários blocos que compõem a Escola de Loulé, escolheu-se o bloco C, como exemplo de uma nova

construção e o Bloco D, como exemplo de uma reabilitação de uma construção existente.

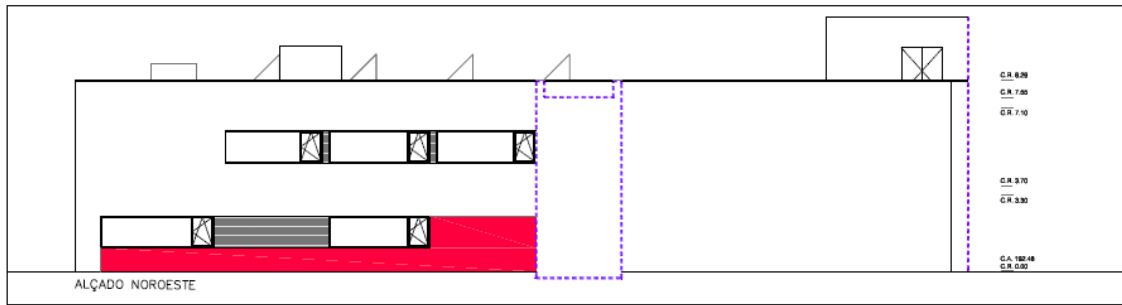
Bloco C



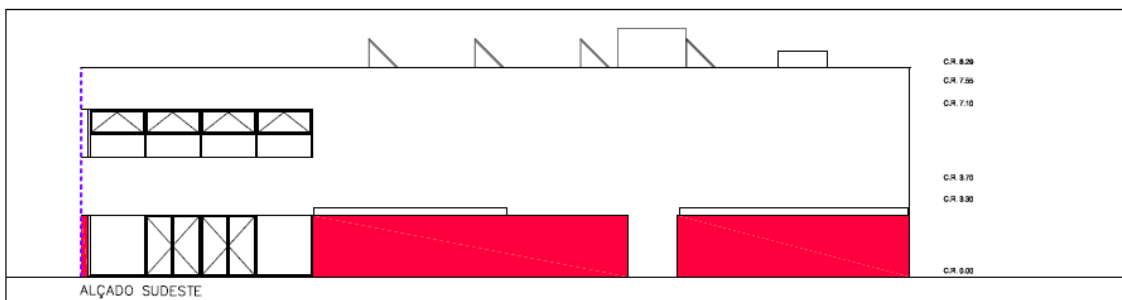
Alçado Nordeste



Alçado Sudoeste

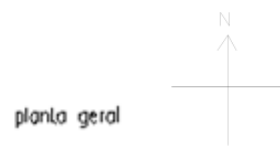


Alçado Noroeste

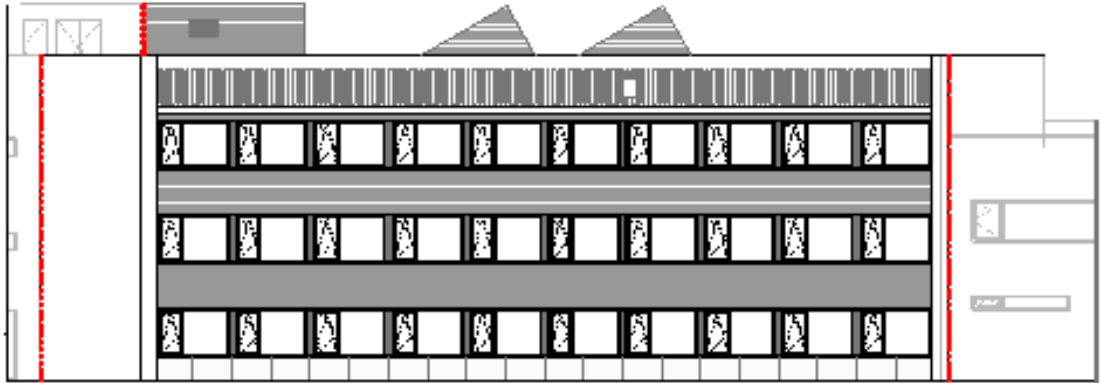


Alçado Sudeste

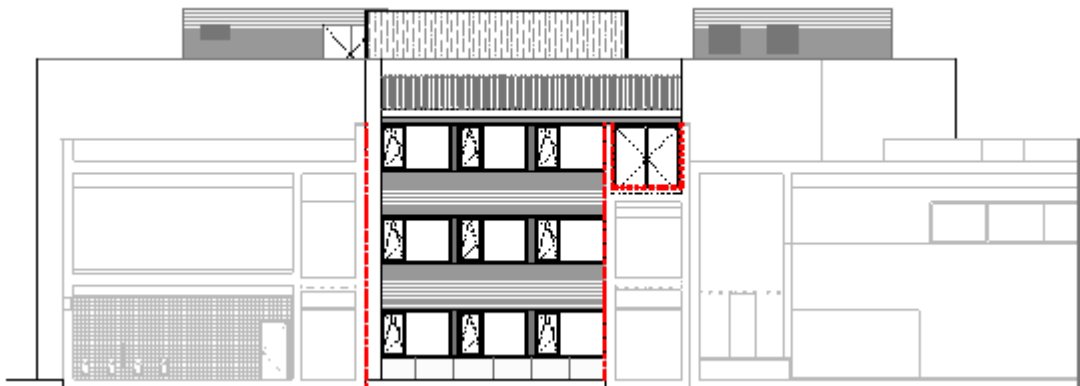
Bloco D



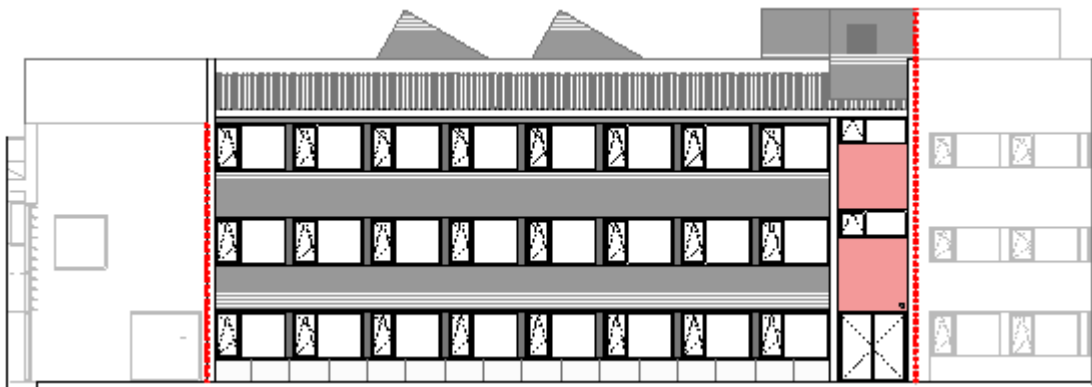
planta geral



Alçado Sudeste



Alçado Nordeste



Alçado Noroeste



Alçado Sudoeste

As soluções construtivas das envolventes dos edifícios desempenham um papel fundamental nas trocas térmicas que existem entre o exterior e o interior dos edifícios. É ponto assente nos dias de hoje, que a utilização de boas soluções arquitectónicas e construtivas são sinónimo de conforto dos utentes do espaço e de economia de energia para manter essas mesmas condições.

A energia que se perde pela envolvente exterior, é função da área (A) que envolve o interior e contacta com o exterior, expressa em m², do coeficiente de transmissão térmica (U) dos diversos elementos que contactam com o exterior, expresso em W/m².°C e da diferença de temperatura entre o parâmetro de conforto pré estabelecido no regulamento de térmica e a temperatura do ar exterior.

$$\dot{Q} = A \cdot U \cdot \Delta T \text{ [w]}$$

De forma a reduzir o consumo energético, antes de mais, é importante um bom isolamento térmico, o que implica, um coeficiente de transmissão térmica U, dos elementos da envolvente, com baixo valor. Para que tal situação seja verificada, é necessário que as paredes exteriores, cobertura e pavimento em contacto com o exterior ou locais não aquecidos estejam bem isolados. É preciso uma preocupação especial com a fenestração, pois são os elementos com pior desempenho, em geral, no isolamento da envolvente da edificação. Contudo estes são elementos essenciais aos ganhos térmicos.

Assim, em virtude de melhorar as características de transmissão de calor das soluções de construção que constituem a envolvente e procurar uma adequada sustentabilidade do ambiente em geral, podemos aplicar diferentes materiais ou outras soluções construtivas que proporcionam uma resposta ao requerido.

Análise comparativa das soluções construtivas entre um bloco escolar reabilitado (D) e um bloco de uma nova construção (C):

Edifício novo - Bloco C

Envolvente Exterior – Soluções Construtivas

➤ *Parede Exterior (Composição: Do exterior para o interior):*



Figura 5.7 – Espessura da envolvente exterior Bloco C (parede).

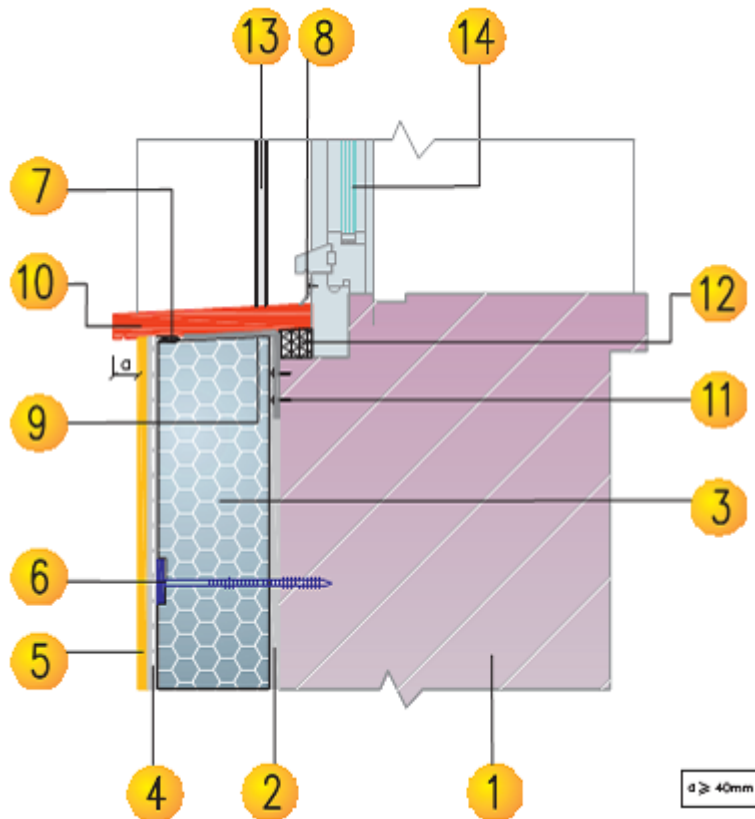


Figura 5.8 – Parede exterior do Bloco C.

- | | |
|-----------------------------------|---|
| 1 – Suporte alvenaria; | 7 – Selagem da junta com silicone; |
| 2 – Argamassa de colagem; | 8 – Remate caixilho |
| 3, 12 – Isolamento térmico; | 9,11 – Perfil metálico para apoio peitoril; |
| 4 – Revestimento armado com rede; | 10 – Parapeito em pedra; |
| 5 – Acabamento decorativo; | 13 – Caixa de estore; |
| 6 – Bucha de fixação; | 14 – Caixilho de janela. |

Este valor obtém-se a partir de factores como a condutibilidade térmica dos materiais e as espessuras dos mesmos, que se relacionam através da seguinte expressão:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} + \sum_j R_j + R_{ar}} \quad (W/m^2 \cdot ^\circ C)$$

em que:

$\frac{1}{h_e}$, $\frac{1}{h_i}$ - resistências térmicas superficiais exterior e interior respectivamente ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)

$R_j = e_j / \lambda_j$ - resistência térmica da camada j ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);

e_j - espessura da camada j (m);

λ_j - condutibilidade térmica da camada j ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);

R_{ar} - resistência térmica dos espaços de ar não ventilados ($m^2 \cdot ^\circ C/W$);

Para efeitos de cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, considera-se o Quadro II.2 “ Coeficiente de transmissão térmica em paredes simples de fachada com isolamento térmico pelo exterior” da pág.II.5 do ITE 50.

- Reboco com a espessura de 0,020m;
- Poliestireno expandido moldado (EPS) com a espessura de 0,060m;
- Tijolo furado com a espessura de 0,250 m;
- Estuque projectado com a espessura de 0,010m.

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **0,45 [W/(m²·°C)]**.

➤ **Laje de cobertura exterior:**



Figura 5.9 – Envoltente exterior do Bloco C (cobertura).

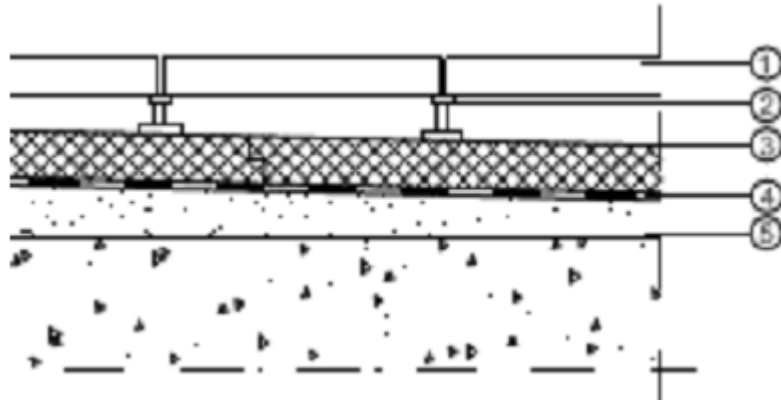


Figura 5.10 – Cobertura exterior do Bloco C.

Legenda:

- 1 – Lajeta de betão;
- 2 – Distanciadores plásticos reguláveis;
- 3 – Feltro geotêxtil;
- 4 – Sistema de impermeabilização;
- 5 – Camada de forma e laje maíça.

Para efeitos de cálculo, considera-se o Quadro II.14 “Coeficiente de transmissão térmica – Coberturas horizontais (em terraço) – Isolamento térmico pelo exterior (Fluxo ascendente) da pág.II.65 ITE 50:

- Laje de betão armado com a espessura de 0,250m;
- Camada de betão celular autoclavado (betonilha) com a espessura de 0,020m;
- Lajeta de protecção mecânica com isolamento térmico XPS com a espessura de 0,060m no total, tendo o isolamento térmico a espessura de 0,030m.

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **0,77 [W/(m².°C)]**.

Laje de pavimento sobre local não-aquecido:

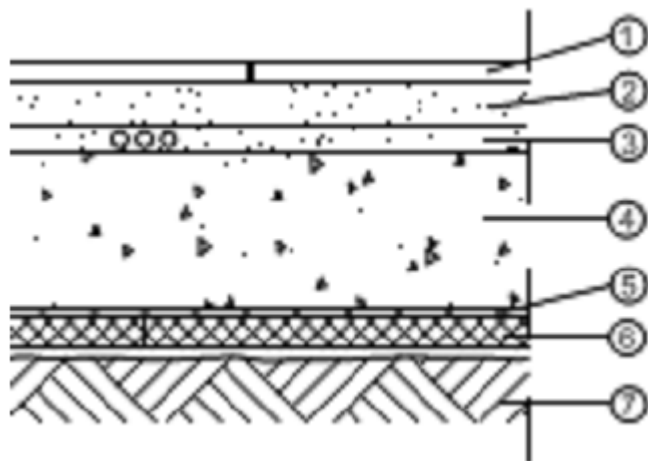


Figura 5.11 – Pavimento sobre local não aquecido do Bloco C.

Legenda:

- 1 – Revestimento de piso cerâmico;
- 2 – Betonilha de assentamento;
- 3 – Camada de dessolidarização;
- 4 – Laje maciça;
- 5 – Filme de polietileno;
- 6 – Isolamento térmico;
- 7 – Terreno natural compactado.

Para efeitos de cálculo, considera-se o Quadro II.9 “Coeficiente de transmissão térmica – Pavimentos sobre espaços exteriores com isolamento térmico pelo interior (Fluxo descendente) da pág.II.37 ITE 50:

- Pavimento sobre Local Não-Aquecido (do interior para o exterior):
 - Ladrilho cerâmico com 0,020 m de espessura.
 - Betão de Regularização com a espessura de 0,069m.
 - Isolamento térmico (XPS) com a espessura de 0,06m.
 - Laje de betão armado com a espessura de 0,25m (1)

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **0,5 [W/(m².°C)]**.

➤ Envidraçados

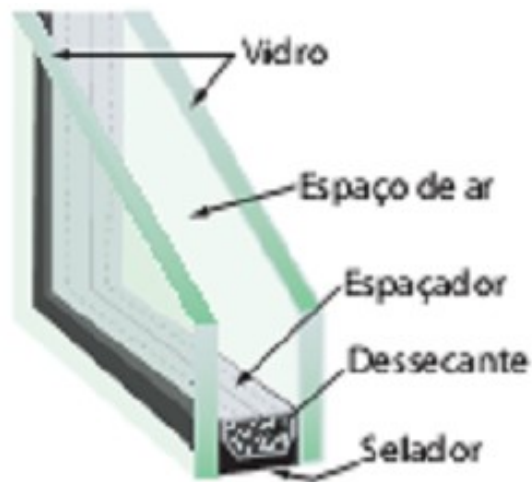


Figura 5.6 – Envidraçado.

Para efeitos de cálculo, considera-se o Quadro III.2 (cont.) “Coeficiente de transmissão térmica – vãos envidraçados verticais – caixilharia metálica com corte térmico da pág.III.5 ITE 50:

- Vidro duplo incolor com a espessura de 6mm com caixa-de-ar de 12 mm;
- Vidro exterior – vidro com a espessura de 6mm;
- Vidro interior – vidro com a espessura de 6mm;
- Caixilharia em alumínio com corte térmico.

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **3,40 [W/(m².°C)]**.



Figura 5.13 – Envolvente exterior (envidraçados).



Figura 5.14 – Envolvente exterior (sombreamento envidraçados).



Figura 5.15 – Envolvente exterior.



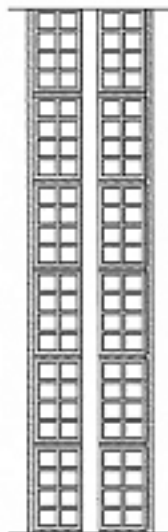
Figura 5.16 – Envolvente exterior (envidraçados)

É de referir que, para segurança dos alunos da sala de aula, somente a parte superior das janelas deveria abrir.

Edifício existente - Bloco D

Envolvente Exterior – Soluções Construtivas.

- Paredes Exteriores (Composição: Do exterior para o interior):



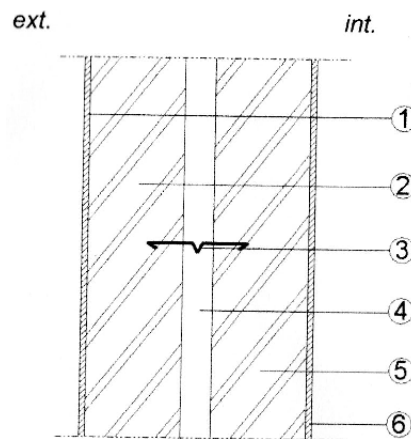


Figura 5.17 – Envolvente exterior do Bloco D (parede).

Legenda:

- 1 – Revestimento exterior;
- 2 – Pano exterior de alvenaria de tijolo;
- 3 – Estribo de ligação entre paredes;
- 4 – Espaço de ar com drenagem;
- 5 – Pano interior de alvenaria de tijolo;
- 6 – Revestimento interior.

Para efeitos de cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, considera-se o Quadro II.4 “Coeficiente de transmissão térmica em paredes duplas de fachada sem isolamento térmico” da pág.II.13 do ITE 50.

- Argamassa exterior tradicional com a espessura de 0,015m;
- Alvenaria de tijolo com a espessura de 0,11m;
- Espaço de ar;
- Alvenaria de tijolo com a espessura de 0,11m;
- Reboco interior em estuque projectado com a espessura de 0,02m.

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **1,10 [W/(m².°C)]**.

Laje de cobertura exterior:

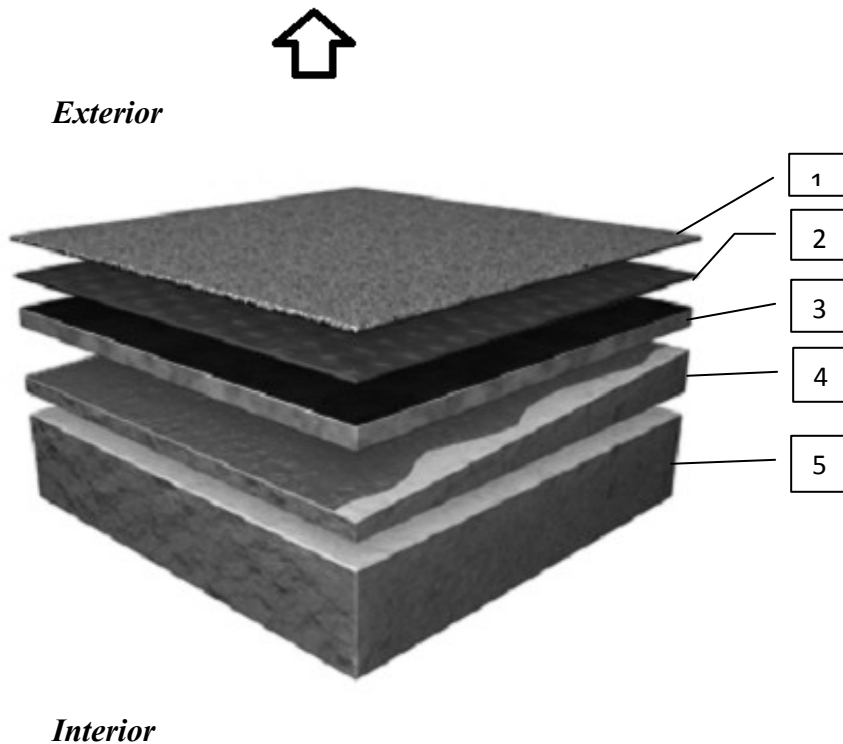


Figura 5.18 – Envoltente exterior do Bloco D (cobertura).

Legenda:

- 1 – Camada de protecção (Mosaico cerâmico);*
- 2 – Impermeabilização (tela asfáltica);*
- 3 – Isolamento térmico (polietireno extrudido XPS);*
- 4 – Camada de forma (betonilha em betão celular);*
- 5 – Elemento resistente (laje de cobertura).*

Para efeitos de cálculo do coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior, considera-se o Quadro II.18 “Coeficiente de transmissão térmica em coberturas inclinadas com isolante nas vertentes (fluxo ascendente) da pág.II.79 do ITE 50.

- Isolamento térmico (XPS) com a espessura de 0,06m

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **1,10 [W/(m².°C)]**.

Laje de pavimento sobre local não-aquecido:

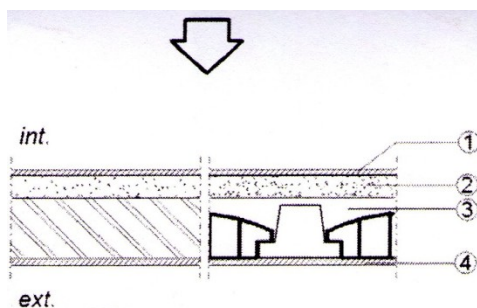
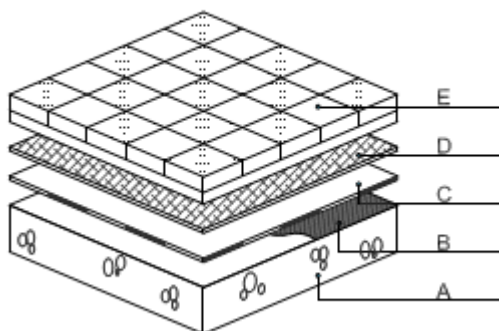


Figura 5.19 – Envoltente exterior do Bloco D (pavimento).

Fonte – ITE 50, LNEC

Legenda:

- 1 – Revestimento de piso cerâmico;
- 2 – Betonilha de assentamento;
- 3 e 4 – Laje maciça;

Para efeitos de cálculo, considera-se o Quadro II.7 “Coeficiente de transmissão térmica – Pavimentos sobre espaços exteriores sem isolamento térmico (Fluxo descendente) da pág.II.27 ITE 50:

- Pavimento sobre Local Não-Aquecido (do interior para o exterior):
 - Ladrilho cerâmico com 0,020 m de espessura.
 - Betão de Regularização com a espessura de 0,07m.
 - Laje de betão armado com a espessura de 0,25m.

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **2,5 [W/(m².°C)]**.

➤ Envidraçados

Para efeitos de cálculo, considera-se o Quadro III.2 (cont.) “Coeficiente de transmissão térmica – vãos envidraçados verticais – caixilharia metálica com corte térmico da pág.III.5 ITE 50:

- Vidro duplo incolor com a espessura de 6mm com caixa-de-ar de 12 mm;
- vidro exterior – vidro com a espessura de 6mm
- vidro interior – vidro com a espessura de 6mm
- Caixilharia em alumínio com corte térmico.

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **3,40 [W/(m².°C)]**.



Foto 11 – Sala de aula e envolvente exterior

A inércia térmica é uma premissa de vital importância num clima mediterrâneo, como o do nosso País. De forma a garantir uma elevada inércia térmica é necessário garantir a maior massa possível interior ao isolamento térmico, justificando-se plenamente o isolamento pelo exterior, visto que, para o cálculo da inércia térmica, o valor a aplicar será o da toda a massa interior ao isolamento.

Produção de AQS:

Está prevista a montagem de dois conjuntos de colectores solares para produção de A.Q.S., com sistemas de apoio constituídas por duas caldeiras a gás, uma em cada central térmica.

Bloco C:

O sistema funciona com uma fracção solar de 53,3 %. Tem 10 colectores solares.

Análise entre fornecimento painéis e avaliação no consumido.

O solar 16471 kwh /ano e as necessidades aqs são 30916kwh e o apoio através de caldeira a gás é a diferença ou seja 14445 kwh/ano.

Mês	Rad.Horiz. (kW/m ²)	Rad.Inclin. (kW/m ²)	Desperdiçado (kWh)	Fornecido (kWh)	Carga Necessária (kWh)	Apoio (kWh)
Janeiro	68	107		1215	3163	1948
Fevereiro	82	113		1265	2857	1592
Março	121	142		1568	3163	1595
Abril	164	168		1841	3061	1220
Maió	206	189		2001	3163	1162
Junho	220	192		1944	3061	1117
Julho	235	210		0	0	0
Agosto	218	215		0	0	0
Septembro	154	175		2142	3061	919
Outubro	113	148		1772	3163	1391
Novembro	78	122		1426	3061	1635
Dezembro	67	111		1298	3163	1865
Anual	1727	1892		16471	30916	14445

Quadro 5.1 – Balanço energético mensal e anual.

Fracção solar: 53,3%

Rendimento global anual do sistema: 39%

Produtividade: 742 kWh/(m² colector).

Climatização:

O sistema de climatização da Escola Secundária, é composto por:

- Unidades de climatização, do tipo bomba de calor, de volume variável de refrigerante, a “ 2 tubos”;
- Unidades de climatização do tipo “Rooftop”, bomba de calor;
- Unidades de climatização do tipo “Split” “só frio” ou bomba de calor;
- Unidade de climatização do tipo “Split” baixa temperatura;
- Unidade de tratamento de ar novo (UTAN);
- Unidades de recuperação de calor (REC);

De um modo sucinto, a climatização é realizada da seguinte forma:

Bomba de calor, de volume variável de refrigerante, a “dois tubos”. Os sistemas serão compostos por unidades exteriores que alimentam um conjunto de unidades interiores que serão do tipo conduta, com ou sem recuperador de calor, consoante o nível de ocupação e respectivas necessidades de ar novo de cada local. As unidades exteriores ficarão instaladas nas coberturas dos edifícios.

A climatização dos grandes locais, tais como o refeitório, a biblioteca, sala polivalente, sala de trabalho de docentes e oficinas, será feita pela instalação de várias unidades, bomba de calor, do tipo “Rooftop”, com recuperação de calor, ficando alojadas nas coberturas as unidades exteriores.

Por último, na cozinha estão previstos os seguintes equipamentos: chiller (bomba de calor), tecto ventilado, UTAN, recuperador de calor, unidades de climatização para baixas temperaturas.

Ventilação:

Está prevista a montagem de ventiladores de extracção, de insuflação e de pressurização.

A ventilação natural é de primeira importância, assegurando uma correcta renovação de ar. Nos locais onde tal não seja possível a ventilação é assegurada por sistemas de ventilação mecânicos de extracção de ar viciado e, complementarmente, existirão meios de admissão/compensação de ar novo.

A exigência do R.S.E.C.E., em termos de ventilação, impõe uma eficiência de, no mínimo, 50% na recuperação do calor. As unidades utilizadas na Escola de Loulé têm uma eficiência entre 50 e 60%.

As unidades utilizadas nos grandes espaços, por exemplo, refeitório, auditório, biblioteca, tem sondas de CO₂, de modo a ser assegurada uma adequada qualidade do ar interior. Estas sondas permitem modelar o caudal das U.T.A.N. em função do regime de ocupação do espaço.

Energia renováveis (fotovoltaica):

No domínio da energia solar fotovoltaica para cada escola da Parque Escolar, E.P.E., é projectada uma central fotovoltaica, com uma potência média de 150 kW, tendo como objectivo produzir energia eléctrica para vender à rede de distribuição, tendo em conta que a escola de um modo geral se situa no seio da comunidade, perto de locais de consumo de energia eléctrica, fazendo com que esta produção tenha poucas perdas no transporte, contribuindo de alguma forma para a diminuição do impacto ambiental (nomeadamente emissão de G.E.E.).

O principal objectivo desta iniciativa é desenvolver e testar todos os seus acessórios das várias escolas, de forma a serem tornadas escolas mais eficientes energeticamente, mais sustentáveis em que se procura uma poupança no uso da energia com a produção de energia renovável local, com a finalidade da redução das emissões de carbono para a atmosfera.

Assim sendo, os principais objectivos, segundo a Parque Escolar, E.P.E (relatório de sustentabilidade), deste programa são:

- Redução do consumo energético, implicando uma diminuição das emissões de gases com efeito estufa para a atmosfera terrestre;
- Monitorizar os consumos de todos os equipamentos ligados em rede e conseguir relatórios agregados dos consumos energéticos que permitam conseguir um entendimento claro dos hábitos e consumo energético das Escolas;
- Optimizar o consumo global de energia, através da criação e divulgação de políticas de poupança junto dos utilizadores (funcionários, professores e alunos);

- Implementação de gestão técnica centralizada nos sistemas de iluminação, de A.V.A.C., computadores, videoprojectores, quadros interactivos e sistemas de videovigilância nas escolas;
- Regular o consumo energético através das tecnologias de informação e das redes de infra-estruturas.

Como política sobre energias renováveis, a Parque Escolar, E.P.E., pretende tornar os edifícios escolares em energeticamente auto-suficientes através da produção de energias renováveis localmente.

Com o objectivo de possibilitar, por um lado, a avaliação das tecnologias disponíveis no mercado das energias renováveis e, por outro lado, testar as respectivas modalidades de exploração e potencial de produção, foi decidido avançar com a implementação do Programa Renováveis nas Escolas com centrais fotovoltaicas e eólicas. Foi também, implementado o denominado programa Escolas Verdes, com o objectivo de tornar as escolas como miniprodutores de energia eléctrica representando um contributo, conforme:

- O desenvolvimento de um modelo energético nas escolas;
- Apoio na implementação dos projectos de energias renováveis alternativas nas escolas;
- Monitorização dos consumos e da poupança energética alcançada, com benefícios em termos de redução das necessidades de redes e redução das perdas no transporte;
- O aumento da produção de base renovável do País;
- Redução de dependência energética do exterior e das emissões de G.E.E.;
- Dinamização dos sectores ligados a produção de energias renováveis e soluções de eficiência energética;
- Manutenção dos equipamentos como forma de maximização da produção energética.



Figura 5.21 – Energias renováveis (solar).

Como forma de resposta, a Parque Escolar, E.P.E., apresenta segundo o relatório de sustentabilidade ambiental, a seguinte estratégia:

- Eficiência energética das Escolas;
- Promoção das energias renováveis;
- Plano de redução dos consumos energéticos nas Escolas;
- Implementação de projectos-piloto de eficiência energética;
- Melhorar os indicadores ambientais nas Escolas;

Plano de redução de consumo energético nas Escolas:

A Parque Escolar, E.P.E., tem uma forte preocupação com os consumos energéticos das escolas e para tal definiu um conjunto de medidas com vista à redução dos mesmos, que tem vindo a aplicar nas Escolas intervencionadas, sempre que possível:

- Instalação de baterias de condensadores;
- Reforço da manutenção preventiva;
- Distribuição uniforme de cargas;
- Colocação de variadores de velocidade;
- Seccionamento dos circuitos de iluminação.

Desenho passivo do edifício (C8)

A definição de desenho passivo do edifício, aplicado ao modelo de avaliação da sustentabilidade, é aquela que, o projecto ideal é aquele que tira partido de todos os recursos que a arquitectura bioclimática pode fornecer. O problema é que, para que tal situação ocorra, o lote já deveria ter a exposição ideal com o intuito de permitir as maiores faces das fachadas na direcção Norte/Sul (no caso de encostas ser sempre voltado a Sul, etc.). Isto faz com que o foco dos consumos das habitações seja virado um pouco para montante do início do projecto. É de fundamental importância que a problemática da energia seja incorporada pelos arquitectos urbanistas, com o objectivo de planearem uma disposição dos lotes de forma mais favorável, conseguindo, com isso, uma optimização dos recursos naturais aquando do projecto das edificações. Ainda na questão urbanística, é importante a preocupação com o coeficiente de reflexão do entorno das edificações. Como também é de grande importância a disposição de pátios secos e húmidos no interior do edifício, a fim de se tirar partido do arrefecimento radiativo e evaporativo como recurso nas zonas mais quentes. A preocupação das ruas e a altura dos edifícios têm de deixar de ter a máxima taxa de ocupação como directriz e passar a ter o consumo energético como foco. A exposição solar das edificações tem de ser melhor estudada, pois o sombreamento de horizonte, em muitos casos, impede o acesso de algumas construções ao recurso solar.

Um projecto utilizando concepção passiva utiliza a forma e as soluções de construção do edifício de forma para captar, armazenar e distribuir a energia solar para aquecimento, ventilação e luminosidade dentro do edifício.

Os edifícios escolares são responsabilidade de um organismo central, logo as soluções construtivas tendem a ser replicadas. O objectivo do projecto passivo é assegurar que a forma, materiais aplicados e sistemas de um edifício são integrados de maneira a maximizar os benefícios da energia ambiente para aquecimento, arrefecimento, luminosidade e ventilação. No caso de uma escola, nas salas de aula podemos ter uma elevada concentração de cargas térmicas que têm de ser reduzidas de forma a obter um adequado conforto. A solução para este problema pode ser um edifício com desempenho passivo, reduzindo estas cargas térmicas, mantendo uma luminosidade e ventilação naturais.

Em edifícios de escolas novas, envidraçar jardins ou átrios pode fornecer um útil espaço não aquecido mecanicamente e, neste exemplo, concretizar o objectivo de projecto passivo em tornar o espaço ameno com o mínimo de energia utilizada.

No caso particular da Escola de Loulé, ao implantar os edifícios novos conjugados com os edifícios existentes, houve uma preocupação da definição de espaços exteriores, designadamente na criação de uma praça a Nordeste das áreas sociais, usufruindo de um prolongamento exterior das actividades de convívio e de estudo informal, aproveitando a quantidade de dias de sol que a região dispõe.

Um dos principais exemplos de uma boa solução construtiva, em que se tira partido do desempenho passivo, foram as coberturas metálicas inclinadas nos blocos de aulas. O objectivo da substituição desta cobertura é garantir uma adequada iluminação natural, bem como evitar o sobreaquecimento. Deste modo, foi colocada uma cobertura metálica inclinada cujas faces mais verticais e viradas a Norte são constituídas por painéis alveolares de policarbonato com alto valor luminoso e um baixo coeficiente de transmissão térmica, de modo a assegurar uma adequada luminosidade e temperaturas amenas, evitando sobreaquecimento. Na projecção das escadas dos pátios existe uma cobertura com uma chapa do mesmo material mas com uma aplicação de película solar reflectora garantindo-se, deste modo, temperaturas amenas.

As zonas de maior dimensão, viradas a Sul, serão revestidas a chapa metálica, isoladas quer térmica como acusticamente, sendo a forra interior de cor branca para poder reflectir a luz solar.



Figura 5.22 – Desenho passivo nas coberturas metálicas inclinadas , viradas a Sul.

Englobadas neste solução construtiva da cobertura metálica, existem quatro grelhas de desenfumagem, garantindo-se uma ventilação natural, permitindo o arrefecimento nocturno nas várias zonas contíguas nas épocas do ano de temperatura exterior mais elevada.

Outro dos exemplos de desempenho passivo, no bloco C, é a existência de zonas de duplo pé-direito para funcionar como grandes bolsas de ventilação e renovação do ar, permitindo a ventilação natural, permitindo, uma vez mais, o arrefecimento nocturno.

De modo a ajudar a ventilação e captação de luz natural, foram criadas três claraboias ao largo da sala de leitura, equidistantes, reforçando a ideia da luz reflectida e difusa, permitindo uma luminosidade mais uniforme e criando um ambiente mais adequado à sua utilização.



Figura 5.23 – Desenho passivo (iluminação e ventilação naturais)

Intensidade em carbono (C9):

No seguinte critério, do sistema de avaliação LíderA, e segundo o livro “Apresentação sumária do LíderA”, “a intensidade em carbono estabelece o balanço de carbono emitido face à utilização de energia, quer esta seja proveniente de fontes renováveis, quer esta seja proveniente de fontes não renováveis. A situação ideal seria a optimização da utilização de energia proveniente de fontes renováveis e a eficiência dos equipamentos.

Na Escola de Loulé, houve uma preocupação com a eficiência dos diversos aparelhos e gestão da energia utilizada, bem como a utilização de fontes de origem solar.

- **Área: Água**

Divide-se em:

Segundo o sistema de avaliação, LíderA, a utilização sustentável da água pressupõe uma estratégia de redução dos consumos, que pode ser obtida através da adequabilidade da água à sua utilização, bem como na eficácia dessa mesma utilização.

Em particular, na Escola de Loulé, inserido nos sistemas gerais do edifício, na rede de águas, conforme a sua localização:

No exterior do edifício;

No interior do edifício.

Consumo de água potável (C10):

De forma a reduzir o consumo de água potável (C10), os terminais das redes de água (torneiras dos balneários) são de baixo caudal e com temporização de forma a obtermos baixo consumo/poupança de água, assim como sanitas com autoclismo de dupla descarga. É também importante que o projecto seja executado de forma a reduzir o percurso de circulação de água, garantindo-se uma maior eficiência e menores perdas no consumo de água.



Figura 5.24 – Consumo de água

Assim sendo, a utilização sustentável da água define um uso, na óptica de reduzir o seu consumo, que é obtido através do consumo racional e adequado, assim

como pela eficiência do sistema de distribuição, reforçada com a adição de mecanismos, como os descritos acima.

No que concerne à produção de águas quentes sanitárias (AQS), é fundamental que o projecto seja executado de forma a reduzir o percurso de circulação de água, garantindo-se uma mais eficiente distribuição.

A produção de AQS destina-se a balneários (zona de banhos), cozinhas, salas de preparação de laboratórios, cafetaria/bar.

A preparação de AQS é feita por uma estação de aproveitamento de energia solar, com um sistema de apoio a gás, quando a energia solar não é suficiente para aquecer a água à temperatura desejada, embora a diferença térmica da água produzida seja inferior à de utilização de água da rede, como se pode evidenciar no refeitório da escola.

Gestão das águas locais (C11).

Na primeira situação, ou seja, a rede de águas (destinada ao consumo, rega ou combate a incêndios) no exterior do edifício é constituída em tubo PEAD.

O sistema de rega implementado tem a designação de rega gota-a-gota. Trata-se de um sistema de rega localizado, em que a água é aplicada junto da planta por meio de gotejadores intercalados em tubagem apropriada, nos quais a água se escoia a baixa pressão e no gotejador a pressão anula-se obrigando a água a cair em gotas.

Este sistema combinado com a vegetação local e autóctone leva a uma boa gestão e economia de recursos aquíferos.

Na segunda situação, ou seja, a rede de águas (destinada ao consumo ou combate a incêndios) é em tubo multi-camada, cravado. No caso da rede de água quente, este deverá possuir uma espessura de isolamento adequado, de forma a reduzir as perdas térmicas.

- **Área: materiais**

Durabilidade (C12)

A construção de um qualquer edifício requer um grande consumo de recursos materiais e a produção e uso destes materiais têm um impacto significativo no meio ambiente e nos custos desse edifício.

Na óptica da procura da sustentabilidade desses materiais consumidos na construção, é necessário reduzir a quantidade de materiais novos.

Assim sendo, é privilegiado o uso de materiais valorizados, reciclados e/ou renováveis e locais de modo a minimizar esses impactos.

Está implícito, no consumo dos materiais, a durabilidade destes, especialmente na envolvente do edifício, nos pormenores de acabamento, equipamentos e nas redes prediais. Numa perspectiva sustentável dever-se-á, aumentar a durabilidade dos materiais, já que minimiza o consumo de materiais novos.

De modo a ser mantido um bom nível na qualidade do ar interior (Q.A.I.), os materiais utilizados ao longo tempo têm de ser duráveis, particularmente, não se desagregarem.

Na fase de projecto do edifício, os materiais a aplicar devem ser duráveis de modo que o seu tempo de vida seja longo, bem como potenciar a sua conservação e manutenção. Por exemplo, as redes prediais, o tempo de vida deve ser nunca inferior a 20 anos, acabamentos do edifício e equipamentos 5 a 10 anos, estrutura do edifício superior a 40 anos, etc.

Como exemplos na escola de Loulé da durabilidade adequada dos materiais, especialmente ao da envolvente exterior temos:

Os envidraçados exteriores são constituídos por caixilhos em alumínio com vidro duplo, sendo o seu peitoril ou soleira exterior também em alumínio e o interior será revestido a pedra, assegurando-se deste modo uma adequada durabilidade, limpeza e elevada resistência mecânica.



Figura 5.25 – Envolvente exterior (envidraçados oscilo-batentes).

Interior do edifício:

De notar, a constituição dos pavimentos, que são em mosaico hidráulico nas circulações, vinílico nas salas de ensino resistente ao tráfego e a produtos químicos, resultantes da limpeza destes. No pavilhão gimnodesportivo, cozinhas e oficinas o pavimento é anti-derrapante à base de três componentes: resina de metacrilato, catalisador e aspensão de quartzo e na camada final haverá uma selagem com metacrilato transparente. Este pavimento é muito resistente, tem vários graus de atrito (anti-derrapante) e como não tem juntas, tem menos manutenção e pode ser lavado simplesmente com água (mangueira).

Os diversos materiais a aplicar no edifício escolar deverão estar isentos de poluentes.

Os materiais a evitar a todo o custo na construção e mobiliário, são os indicados a seguir, a menos que sejam certificados como ecologicamente limpos:

- Aglomerados de madeira;
- Aglomerados de cortiça de ligante fenólico;
- Tintas de base solventes (esmaltes alquímicos);
- Colas de base solvente;

- Mastiques de base solvente;
- Lã mineral a vista;
- Têxteis de fibra curta (alcatifas);
- Amianto;
- Fibrocimento ou compósito de amianto;
- Betumes e massas de regularização com C.O.V.'s (compostos orgânicos voláteis);



Figura 5.26 – Interior do edifício escolar (corredor acesso a salas de aula)



Figura 5.27 – Interior do edifício escolar (refeitório)



Foto 19 – Envoltente exterior



Foto 20 – Interior do edifício (refeitório)

Materials locais (C13)

No âmbito da construção/reabilitação do edifício escolar, em pelo menos 50%, foi levado em consideração a aplicação de materiais locais, com uma distância inferior a 100km.

Materials de baixo impacto (C14)

Utilização de materiais certificados ambientalmente, reciclados e/ou renováveis e de baixo impacto, sendo que se devem evitar (por serem perigosos) materiais que contenham os seguintes componentes: chumbo, amianto, arsénico, cádmio, mercúrio, sulfato, formaldeído, etc.

Área: Produção alimentar

Produção alimentar (C15)

As medidas adoptadas no projecto de construção não contribuíram para uma melhoria na avaliação da sustentabilidade do edifício em estudo.

- **Vertente: cargas ambientais**

A terceira vertente da lista a ser verificada, **cargas ambientais**, tem como objectivo:

- Diminuição e gestão dos efluentes;
- Diminuição e gestão das emissões atmosféricas;
- Diminuição, gestão e valorização dos resíduos;

- **Área: Efluentes**

Tipo de tratamento águas residuais (C16)

O tratamento de águas residuais, na Escola Secundária de Loulé, não será feito localmente, sendo função desta recolher todos os efluentes produzidos nas casas de banho, cozinha, bares, salas de aula e outros em que forem previstos aparelhos de descarga.

Os efluentes produzidos serão recolhidos através de colectores ou ramais, suspensos nos tectos falsos dos pisos inferiores, ligando-se na prumada a tubos de queda e a caixas de pavimento localizadas no exterior do edifício escolar, tendo como função o encaminhamento dos efluentes para a rede existente e posterior tratamento camarário.

Reutilização de águas residuais e pluviais (C17)

A rede de esgotos pluviais também não tem qualquer aproveitamento local, sendo as águas recolhidas encaminhadas para a rede pública existente.



Figura 5.30 – Rede de esgotos



Figura 5.31 – Rede de esgotos

A legislação indica que as águas residuais tratadas devem ser, sempre que possível ou adequado, reutilizadas (Decreto Lei n.º 152/97). As águas de rega são objecto de enquadramento no Decreto Lei n.º 236/98 (capítulo V), estando as normas de qualidade definidas no mesmo diploma (artigo 60.º e anexos XVI e XVII).

Reutilização das águas residuais:

A norma portuguesa NP 4434:2005 aplica-se à reutilização de águas residuais urbanas na rega de viveiros, plantas ornamentais, rega culturas agrícolas, florestas relvados e outros espaços verdes.

No que diz respeito aos requisitos de qualidade das águas residuais para rega de espaços verdes, a NP 4434 baseou-se nos critérios indicados no Anexo XVI do Decreto Lei N.º236/98, de 01 de Agosto.

• **Área: Emissões Atmosféricas**

Produção de emissões atmosféricas (C18):

Procura-se eliminar dispositivos que utilizem combustão: esquentadores, caldeiras, lareiras, aquecedores a gás, fumo de tabaco, transporte, etc.

No caso concreto da Escola Loulé – não está previsto equipamento deste tipo, o AQS faz-se por energia solar térmico com apoio com caldeira a gás.

Não estão previstas medidas concretas contra emissões atmosféricas dos aparelhos produtores.

Indicadores	2007	2008	2009	2010
1.Emissão de CO2 (consumo de combustíveis fósseis – ton)	27	74	189	388
2.Consumo de materiais				
Papel (kg)	N.D.	N.D.	4000	33207
“Tonners” (kg)	N.D.	N.D.	150,4	279
Tinteiros (l)	N.D.	N.D.	3282	0
3.Consumo de água (m ³)	800	930	871	2658
4.Consumo de energia eléctrica				
Electricidade (kWh)	295693	267487	419649	951648
Combustíveis (l)	10143	27945	71217	145786
RÁCIOS	2007	2008	2009	2010
Emissão de CO2 / Colaboradores	1,42	1,20	1,27	1,06
Consumo de papel / Actividade	-	-	3,06	1,81
Consumo de água / Actividade	0,90	0,83	0,67	0,14
Consumo de electricidade / Actividade	332,99	237,98	320,83	51,91
Consumo de combustíveis / Actividade	11,42	24,86	54,45	7,95

Quadro 5.2 – Indicadores da sustentabilidade Parque Escolar, E.P.E.

Fonte: relatório de sustentabilidade 2010

Nota: Em 2010 não houve consumo de tinteiros porque a Parque Escolar, numa medida ambientalista e economicista, recolheu todas as impressoras que funcionavam com esta tecnologia e adoptou impressoras de média dimensão que funcionavam com “tonners” e permitem taxas de poupança superior.

Área: Resíduos

- Produção de resíduos (C19);
- Gestão de resíduos perigosos (C20);
- Valorização dos resíduos (C21).

O Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de Junho, altera o regime geral da gestão de resíduos e transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro, relativa aos resíduos, que como objectivo principal “...reforçar a prevenção da produção de resíduos e fomentar a sua reutilização e reciclagem com vista a prolongar o seu uso na economia antes de os devolver em condições adequadas ao meio natural...”

- **Área: Resíduos**

Produção de resíduos (C19):

No presente caso de estudo, a Escola de Loulé, prevê o planeamento e equipamento de recolha dos detritos sólidos, respectiva triagem e encaminhamento para o exterior, prevendo-se a construção de locais de recolha (ecopontos) e armazenamento até à saída para o exterior para reciclagem, reutilização com o objectivo de valorização de resíduos.

A compostagem é o conjunto de técnicas aplicadas para controlar a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter, no menor tempo possível, um material estável, rico em húmus e nutrientes minerais; com atributos físicos, químicos e biológicos superiores (sob o aspecto agronómico) àqueles encontrados na(s) matéria(s) prima(s).



Figura 5.32



Figura 5.33



Figura 5.34



Figura 5.35



Figura 5.36



Figura 5.37



Figura 5.38



Figura 5.39

Figuras 5.32 a 5.38 – Gestão dos R.C.D.

Gestão de resíduos perigosos (C20):

Na fase de construção existe uma separação dos resíduos, conforme fotos dos contentores para entulho, reciclagem ou reaproveitamento.

Antes de começar os trabalhos de demolição, reabilitação e construção de novos blocos de edifícios, houve a preocupação da promover a segurança ambiental dos trabalhadores e mais tarde dos utentes da escola e respectivos funcionários.

Os blocos descritos na caracterização da Escola, ou seja edifícios individuais, estavam ligados por caminhos abertos, com cobertura de lusalite.

Na composição das chapas de lusalite entra o composto amianto.

Uma das principais preocupações do programa de remodelação do Parque Escolar foi a recolha de amianto, nomeadamente em coberturas de chapas de fibrocimento contendo amianto e pavimentos vinílicos que também apresentam na sua composição amianto.

O amianto é uma designação comercial genérica para a variedade fibrosa de seis minerais metamórficos de ocorrência natural. Possui excelentes propriedades com elevada resistência mecânica, química (isolamento térmico, eléctrico, térmico, acústico ou resistência fogo) como material de construção, sendo largamente aplicado nos edifícios.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), todos os tipos de amianto são perigosos para a saúde, apesar dos sintomas das doenças surgirem passados cerca de 20 a 50 anos após a exposição a fibras de amianto, actualmente, a comunidade científica

considera que todas as variedades de amianto (fibras minerais) são agentes cancerígenos.

Segundo o relatório de sustentabilidade de 2010 da empresa Parque Escolar, E.P.E., “...foram retirados até à data mais de 200 000 m² de amianto, em 109 escolas...”

Reciclagem de resíduos (C21):

Este critério promove um aumento da valorização dos resíduos produzidos durante as várias fases.

No presente caso, ou seja na fase de construção, a reciclagem dos resíduos centrou-se, principalmente, nos seguintes elementos:

1. Betão;
2. Aço;
3. Materiais cerâmicos;

Nos dois primeiros materiais, nos trabalhos de demolição, à giratória (máquina utilizada na demolição) é feita uma separação entre o betão e o aço incorporado, de forma a serem reciclados separadamente. O betão e materiais cerâmicos são moídos, e depois utilizado em enrocamentos, base de fundações, base de caminhos ou estradas. O aço é derretido e reciclado para elaborar novo aço.



Figura 5.40 – R.C.D. para reciclagem.

Área: Fontes de Ruído para o exterior

Fontes de ruído para o exterior (C22):

O caso de estudo, tratando-se de um edifício escolar, não possui equipamento anormal de poluição sonora.

Área: Poluição Ilumino-Térmica

Poluição ilumino-térmica (C23):

A Parque Escolar (E.P.E.) adopta a norma europeia EN 12646-1:2002 como referência para o nível de iluminação interior para os vários espaços funcionais.

Cumprindo com o nível de iluminação exigido para um espaço funcional, e tendo em vista a minimização dos custos de exploração e manutenção, deverá utilizar-se o menor número possível de luminárias, de forma a uma boa eficiência energética.

Vertente: Conforto Ambiental

- Níveis da qualidade do ar (C24);
- Conforto térmico (C25);
- Níveis de iluminação (C26);
- Isolamento acústico/Níveis sonoros (C27).

Níveis de qualidade do ar (C24):

No interior deverá ser dada prioridade à ventilação natural. Deve ser feita uma avaliação da libertação de COV's nos materiais utilizados, bem como micro-contaminações.

No exterior, nas zonas de maior utilização assegurar a renovação e criação de condições, nomeadamente vegetação, para melhorar a qualidade do ar.

Foram seguidas as disposições regulamentares para a boa qualidade do ar interior (QAI).

Conforto térmico (C25):

O sistema de climatização do edifício escolar deve assegurar as condições de conforto térmico, nomeadamente temperatura, humidade e velocidade do ar.

Nesta fase da construção não foi possível responder à satisfação de conforto térmico conforme actividade desenvolvida, segundo o RSECE.

Níveis de iluminação (C26):

Os níveis de iluminação deverão ser adequados a cada tarefa realizada, dando-se preferência à iluminação natural.

Um dos principais aspectos, relativo ao correcto desempenho da escola em termos de ventilação e iluminação natural é o facto que no bloco C, existem zonas de duplo pé-direito para funcionar como grandes bolsas de ventilação e renovação do ar, permitindo a ventilação natural, facilitando, uma vez mais, o arrefecimento nocturno.



Figura 5.41 – Zona de duplo pé-direito.

De modo a ajudar a ventilação e captação de luz natural, foram criadas três claraboias ao largo da sala de leitura, equidistantes, reforçando a ideia da luz reflectida e difusa, permitindo uma luminosidade mais uniforme e criando um ambiente mais adequado à sua utilização.



Foto 32– Desenho passivo (iluminação e ventilação naturais).

Isolamento acústico/Níveis sonoros (C27):

A manutenção de níveis sonoros deve ser adequada às actividades realizadas, sendo condicionada por um projecto de acústica. Em obra, houve a preocupação em separar a estrutura do edifício dos elementos de enchimento (alvenarias de tijolo, betonilhas), de forma a evitar vibrações e impactos acústicos incómodos. Foram utilizados materiais de forma a satisfazer o projecto de acústica, como por exemplo: impactodam, lã de rocha, poliestireno, etc.

Vertente Socioeconómica:

- Acesso aos transportes públicos (C28);
- Mobilidade de baixo impacto (C29);
- Soluções inclusivas (C30);
- Flexibilidade – adaptabilidade aos usos (C31);
- Dinâmica económica (C32);
- Trabalho local (C33);
- Amenidades locais (C34);
- Interação com a comunidade (C35);
- Capacidade de controlo (C36);
- Condições de participação e governância (C37);
- Controlo dos riscos naturais (C38);
- Controlo das ameaças humanas (C39);
- Custos no ciclo de vida (C40).

Acesso aos transportes públicos (C28):

A escola de Loulé encontra-se junto a uma avenida principal da cidade de Loulé, com acessos a transportes públicos, nomeadamente, autocarros. A estação de comboios encontra-se, sensivelmente, a 7,4km.

Mobilidade de baixo impacto (C29):

Como resposta a uma mobilidade de baixo impacto, em redor da Escola existem infraestruturas de ciclovias e seu estacionamento.

Soluções inclusivas (C30):

O acesso da entrada do edifício é alterado, deixando de se fazer para uma escadaria a uma cota superior e passa para um acesso mais central de cota igual ao passeio.

Flexibilidade – adaptabilidade aos usos (C31):

Existe a possibilidade da utilização dos espaços desportivos por terceiros, e as suas infraestruturas.

Dinâmica económica (C32):

As medidas adoptadas no projecto de construção não contribuíram para uma melhoria na avaliação da sustentabilidade do edifício em estudo.

Trabalho local (C33):

Na fase de construção do edifício é utilizada uma mão-de-obra a nível local, bem como a empresas de construção e serviços locais.

Amenidades locais (C34):

Existem amenidades locais na proximidade dos utentes do edifício, nomeadamente, Parque da Cidade, piscinas municipais, centro de saúde e zonas de serviço e comerciais na periferia do edifício.

Interacção com a comunidade (C35):

O edifício serve os utentes da região, interagindo com a comunidade como escola e dispondo de condições para actividades desportivas extra-curriculares.

Capacidade de controlo (C36):

Os equipamentos previstos terão comando e controlo a partir de um sistema central.

Condições de participação e governância (C37):

Na fase em que a obra foi visitada para fazer este trabalho, a capacidade de controlo não foi avaliada, pois os aparelhos de climatização e iluminação não estavam ainda montados e em funcionamento.

No entanto os equipamentos previstos terão comando e controlo a partir de um sistema central, dedicado à gestão dos diversos equipamentos.

Controlo dos riscos naturais (C38):

Existe um projecto de segurança inerente aos trabalhos executados, sendo seguida a legislação adequada.

Controlo das ameaças humanas (C39):

O processo de construção e reabilitação do edifício foi realizado em várias fases, sendo o acesso à zona intervencionada vedada por tapumes metálicos. Existe também um porteiro na entrada da obra que controla o seu acesso.

Custos no ciclo de vida (C40):

É de presumir que as soluções e seu equipamento realizadas são o mais eficientes, rentáveis e de melhor qualidade preço, uma vez que a obra é adjudicada a quem apresenta melhor preço e referências??

Vertente: Uso sustentável

- Condições de utilização ambiental (C41);
- Sistema de gestão ambiental (C42);
- Inovação (C43).

Todos os critérios da vertente uso sustentável não foram avaliados neste trabalho, pois o edifício encontra-se em construção e não em fase de manutenção.

Uma vez definidos os conceitos que estruturam o edifício escolar de Loulé, é possível enquadrá-los no sistema LiderA através da verificação dos critérios que o compõem. A todos os critérios foi atribuído um nível de desempenho apesar de ser uma análise relativamente preliminar, uma vez que esta ainda é uma fase de construção.

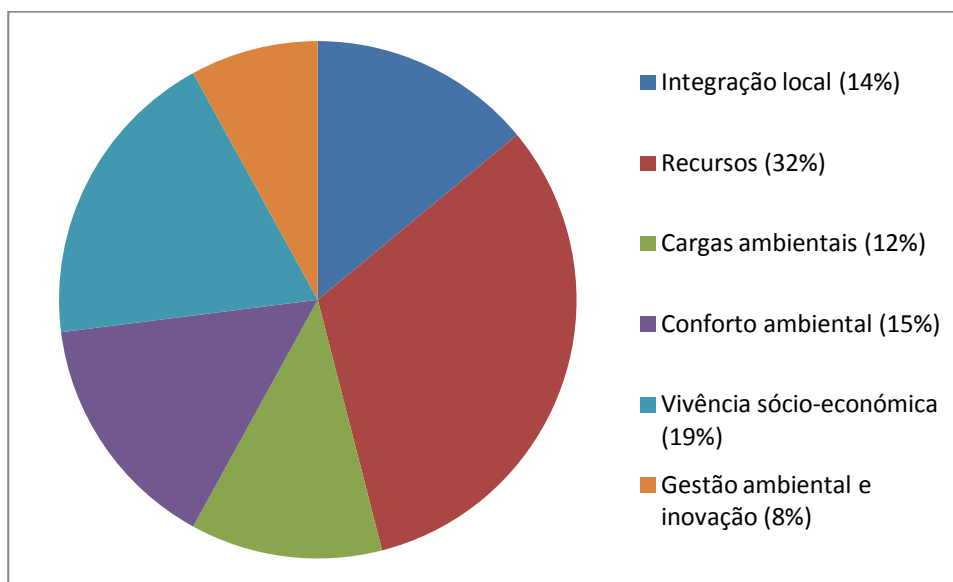


Gráfico 5.1 – Ponderação das vertentes segundo o sistema LiderA.

Assim, os níveis de desempenho de base do sistema LiderA são os seguintes:

- **Nível E-** Valor de desempenho igual à da prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 1;
- **Nível D-** Apresenta uma melhoria de 12,5% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 1,14;
- **Nível C-** Apresenta uma melhoria de 25% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 1,33;
- **Nível B -** Apresenta uma melhoria de 37,5% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 1,66;
- **Nível A-** Apresenta uma melhoria de 50% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 2;
- **Nível A+-** Apresenta uma melhoria de 75% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 4;
- **Nível A++-** Apresenta uma melhoria de 90% face à prática habitual, com factor de ponderação equivalente a 10;

- **Nível A+++**- Apresenta um desempenho neutral ou até regenerativo melhorando o desempenho do ambiente.

Vertente	Área	%		Critério	Nível	Factor	Factor x % da Área
	Solo (7%)	0,35	1	Valorização territorial	A	2	0,70
		0,35	2	Optimização ambiental da implantação	D	1,14	0,40
Integração local	Ecossistemas naturais (5%)	0,25	3	Valorização ecológica	B	1,66	0,415
		0,25	4	Interligação de habitats	C	1,33	0,33
	Paisagem e património (2%)	0,1	5	Integração paisagística local	E	1	0,1
		0,1	6	Protecção e valorização do património	B	1,66	0,166
Recursos	Energia (17%)	0,567	7	Certificação energética	A	2	1,134
		0,567	8	Desempenho passivo	C	1,33	0,75
		0,567	9	Intensidade de carbono	E	1	0,567
Recursos	Água (8%)	0,40	10	Consumo de água potável	D	1,14	0,456
		0,40	11	Gestão de águas locais	D	1,14	0,456
	Materiais (5%)	0,167	12	Durabilidade	C	1,33	0,222
		0,167	13	Materiais locais	C	1,33	0,222
		0,167	14	Materiais de baixo impacto	C	1,33	0,222
	Produção alimentar (2%)	0,2	15	Produção local de alimentos	E	1	0,2
Cargas ambientais	Efluentes (3%)	0,15	16	Tratamento das águas residuais	E	1	0,15
		0,15	17	Caudal reutilização águas residuais condensados	E	1	0,15
	Emissões atmosféricas (2%)	0,2	18	Caudal emissões atmosféricas	E	1	0,2
	Resíduos (3%)	0,1	19	Produção de resíduos	B	1,66	0,166

		0,1	20	Gestão de resíduos perigosos	B	1,66	0,166
		0,1	21	Reciclagem resíduos	B	1,66	0,166
	Ruído exterior (3%)	0,3	22	Fontes de ruído para o exterior	E	1	0,3
	Poluição ilumino-térmica (1%)	0,1	23	Poluição ilumino-térmica	E	1	0,1
Conforto ambiental	Qualidade do ar (5%)	0,5	24	Níveis de qualidade do ar	A	2	1,0
	Conforto térmico (5%)	0,5	25	Conforto térmico	B	1,66	0,83
	Iluminação e acústica (5%)	0,25	26	Níveis de iluminação	A	2	0,50
		0,25	27	Conforto sonoro	A	2	0,50
Vivência sócio-económica	Acesso para todos (5%)	0,167	28	Acesso transportes públicos	A	2	0,334
		0,167	29	Mobilidade baixo impacto	E	1	0,167
		0,167	30	Soluções inclusivas	B	1,66	0,277
	Diversidade económica (4%)	0,133	31	Flexibilidade/adaptabilidade usos	C	1,33	0,177
		0,133	32	Dinâmica local	E	1	0,133
		0,133	33	Trabalho local	C	1,33	0,177
	Amenidades e interação social (4%)	0,2	34	Amenidades locais	A	2	0,40
		0,2	35	Interação com a comunidade	A	2	0,40
	Participação e controlo (4%)	0,1	36	Capacidade de controlo	B	1,66	0,166
		0,1	37	Condições de participação e governância	E	1	0,10
		0,1	38	Controlo dos riscos naturais	B	1,66	0,166
		0,1	39	Controlo das ameaças humanas	A	2	0,20
	Custos no ciclo de vida (2%)	0,2	40	Custos no ciclo de vida	C	1,33	0,266
Uso sustentável	Gestão ambiental (6%)	0,3	41	Condições de utilização ambiental	C	1,33	0,40

		0,3	42	Sistema de gestão ambiental	E	1	0,30
	Inovação (2%)	0,2	43	Inovações	E	1	0,20
							14,4%

Quadro 5.3 – Avaliação e desempenho da sustentabilidade, segundo o método LíderA

Assim, o nível de desempenho da sustentabilidade para a Escola de Loulé, segundo o sistema LíderA é de 14,4% superior ao valor padrão do sistema LíderA, enquadrando-se na classe D.



É de notar que a avaliação efectuada caracteriza-se por alguma subjectividade, no entanto é um ponto de partida para as fases posteriores. Desta forma optou-se apenas por enquadrar os níveis de desempenho entre o nível E e o nível A, em que o primeiro representa a prática habitual e o segundo uma melhoria de 50% face a essas mesmas práticas, sendo os níveis de desempenho que não foram considerados (A +, A ++ e A ++++) atribuídos a uma avaliação mais objectiva e como tal devem ser considerados apenas em fases mais adiantadas.

Na fase de construção foram evidenciadas soluções que levam a níveis de avaliação e desempenho da sustentabilidade em que foi atingida a classe D, levando a um aumento de 14,4% na sustentabilidade, em relação ao valor padrão classe E.

5.3 Estudo económico das soluções construtivas

Numa perspectiva económica, o seu estudo consistiu em quantificar o custo de produção da solução adoptada. São englobados os seguintes custos, para quantificar o custo total da respectiva solução construtiva dos blocos em análise, C e D:

Bloco C (edifício novo – ampliação):

- a) Aquisição ou instalação do material da solução construtiva;
- b) Custo da mão-de-obra;
- c) Custos indirectos, que englobam os custos de manutenção, reparação ou substituição.

Bloco D (edifício reabilitado):

- a) Substituição da solução construtiva existente;
- b) Custo de mão-de-obra;
- c) Aquisição ou instalação do material para reabilitação (novo);
- d) Custo de mão-de-obra;
- e) Custos indirectos, que englobam os custos de manutenção, reparação ou substituição.

Para cálculo do custo de cada solução construtiva foi utilizado a base de dados do programa “CYPE”.

O estudo económico consistiu em quantificar o custo de produção da unidade funcional de 1 m² das várias soluções construtivas da envolvente do respectivo edifício.

Dividiu-se a envolvente em três categorias:

- Parede exterior;
- Pavimento em contacto com o piso térreo;
- Cobertura exterior.

No caso do estudo económico, este período é pré-fixado em 50 anos. Isto porque em períodos superiores a este, a análise, poderia incorrer em erros derivados de três factores:

- a) A tecnologia do produto tenderia a tornar-se obsoleta;
- b) Os dados futuros tornar-se-iam incertos;
- c) Um futuro muito distante faz o custo inicial perder importância.

É de salientar que também se procurou quantificar os resíduos da solução construtiva em questão.

Procurou-se, também, quantificar os resíduos resultantes de cada solução construtiva, descritas previamente, a começar na página 84 até à página 94.

	Bloco C (novo) Custo solução construtiva / m ²	Bloco D (reabilitado) Custo solução construtiva / m ²	Bloco C (novo) Resíduos (kg)	Bloco D (reabilitado) Resíduos (kg)
Parede exterior	115€	135€	30 kg	50 kg
Cobertura exterior	190€	110€	15kg	105kg
Pavimento exterior	150€	50€	10kg	105kg
Envidraçados	420€	430€	1kg	60kg

Quadro 5.4 – Estudo económico das diversas soluções construtivas e resíduos produzidos para o bloco C e D

CAPÍTULO 6.

UMA SOLUÇÃO MAIS SUSTENTÁVEL

6.1 Introdução

Neste capítulo procurou-se encontrar formas de construir o mesmo edifício do caso prático, mas com um melhor desempenho térmico e sua sustentabilidade.

No nosso País os edifícios, geralmente, são constituídos por:

- Estrutura reticulada em betão armado com aço;
- Paredes de alvenaria em tijolo cerâmico;
- Isolamentos acústicos e térmicos sintéticos;
- Envidraçados com caixilharia de alumínio e vidro.

Todos estes materiais são consumidores ávidos de recursos naturais e energia no seu fabrico, provocando largas emissões de GEE e resíduos. Tendo como objectivo a contribuição para a sustentabilidade da construção, urge reduzir a produção destes compostos assim como reciclando ou reutilizando os mesmos.

6.2 Aplicação de materiais mais sustentáveis

6.2.1 Estrutura do edifício:

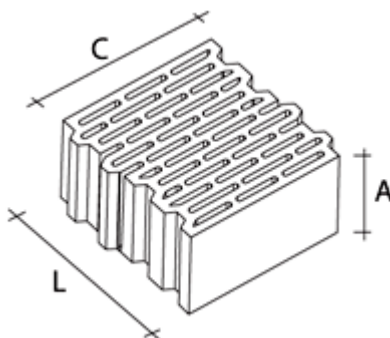
O betão, devido às elevadas quantidades utilizadas na construção, é um dos veículos ideais para a incorporação segura e económica de milhões de toneladas de resíduos e subprodutos industriais, como é o caso das cinzas volantes provenientes de centrais termoeléctricas.

A utilização de cinzas volantes, parcialmente em substituição do cimento normal, no fabrico do betão, tem como vantagens (objectivo) ambientais a menor emissão de GEE, menores consumos energéticos, aproveitamento dos materiais a serem utilizados o mais próximo do seu local de produção (de forma a evitar impactes ambientais adicionais devido ao transporte).

A estrutura em betão armado de um edifício deve ser realizada, sob o ponto de vista sustentável, com betão constituído por incorporação de cinzas volante.

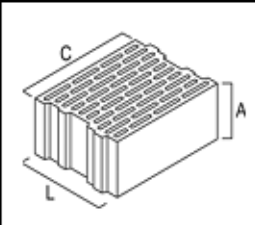
6.2.2 Parede exterior:

É adoptado um bloco em betão leve de agregados de argila expandida, sendo edificado um pano de alvenaria, que consegue verificar a regulamentação, em vigor, térmica e acústica, sendo característicos também por possuírem uma elevada inércia térmica, o que numa transferência de energia, proporciona um maior tempo para o sistema atingir o equilíbrio energético, possuindo um coeficiente de transmissão térmica de: $U=0,51 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.



BMT - C 35 - A 19 - L 38 (cm)

CARACTERÍSTICAS: GEOMÉTRICAS, MECÂNICAS E FÍSICAS

	CÓDIGO	DIMENSÕES (mm)	PESO (*)	CONS.	PESO TOTAL	PESO TOTAL C/ REBOCO (**)	RESIST. À COMPRES (L1)	ISOLAM. SONS COND. AÉREA (**)	COEF. TRANSM. TÉRMICO (U) (L2)	REACÇÃO AO FOGO
	MTM 38	C - A - L	350 - 190 - 380	19	15,0	285	349	≥ 2,5	53	0,42

(*) Os pesos são médios e admitem uma variação de ± 5% (**) Inclui 40 mm de reboco (20 + 20)

(L1) Laboratório Artebel (***) Base outros Prod.Artebel (L2) Laboratório de IteCons

Produto com marcação



Figura 6.1 – Características mecânicas e físicas do bloco de alvenaria.

Fonte : Artebel

VANTAGENS:

- Cumpre RCCTE em todas as zonas climáticas
- Isolamento Repartido
- Tratamento regulamentar das Pontes Térmicas
- Elevada inércia térmica
- Montagem simples
- Mão-de-obra não especializada
- Tempo de execução muito inferior ao de paredes duplas
- Resistência Mecânica Elevada
- Simplicidade em segmentar
- Estabilidade dimensional
- Verticalidade e planimetria de superfícies.

6.2.3 Isolamento térmico:

A cortiça é uma matéria-prima endógena 100% natural, renovável e reciclável, extraída sem prejuízo para o sobreiro. A sua produção resulta na valorização do montado de sobreiro, que por sua vez desempenha um papel determinante na preservação da biodiversidade, na retenção de CO₂ e no combate aos incêndios e à desertificação. A produção de cortiça em Portugal e em toda a bacia ocidental do Mediterrâneo é ainda uma actividade sustentável na sua tripla acepção: ambiental, social e económica.

Ao nível da construção, associa a ecoeficiência a um excelente desempenho e uma grande diversidade de aplicações, tanto a nível infraestrutural (isolamentos, juntas de expansão) como estético (revestimentos de chão e paredes de diversos aspectos visuais), com todas as vantagens associadas à cortiça.

A utilização da cortiça como material sustentável, apresenta as seguintes vantagens:

- Na floresta de sobreiros, existente em Portugal, a captura de CO₂ é cerca de 4,8 milhões de toneladas de CO₂ (cerca de 5% das emissões de Portugal), segundo a A.P.A. Este ecossistema é também uma mais-valia à biodiversidade e uma barreira natural contra a desertificação e fogos florestais, resultando numa combustão lenta sem emissão de gases tóxicos;
- Excelente isolamento acústico e isolamento térmico (λ condutibilidade térmica 0,036 a 0,04 W/mK);
- Permeável ao vapor de água;
- Boa inércia térmica;
- Estabilidade dimensional;
- Anti vibração;
- Inerte aos produtos químicos;
- Boa durabilidade;
- Impermeável.

6.2.4 Cobertura exterior

Foi adoptada uma solução de “cobertura verde” que não é mais do que uma cobertura coberta de vegetação, com todas as suas vantagens:

Melhoria do desempenho energético-ambiental dos edifícios;

Redução do efeito “ilha de calor”;

Boa gestão de águas pluviais;

Melhoria da qualidade do ar;

Aumento da biodiversidade e dos produtos alimentares para as populações urbanas;

6.2.5 Envidraçados

Um dos aspectos fundamentais, sob uma perspectiva de desempenho energético sustentável é a iluminação natural, e como se trata de um edifício escolar é fundamental proteger os olhos dos seus utentes. Desta forma sugere-se a adopção da tecnologia Smart Glass, desenvolvida nos Estados Unidos da América pelo National Renewable Energy Laboratory, permitindo controlar a quantidade de radiação solar que atravessa os vãos envidraçados, tornando-os opacos ou translúcidos consoante as necessidades, através da relação entre duas películas transparentes coladas pelo interior dos envidraçados. A primeira película é composta por células fotovoltaicas que, ao ser exposta à radiação solar actua sobre as propriedades electrocromáticas e de baixa emissividade da segunda película.

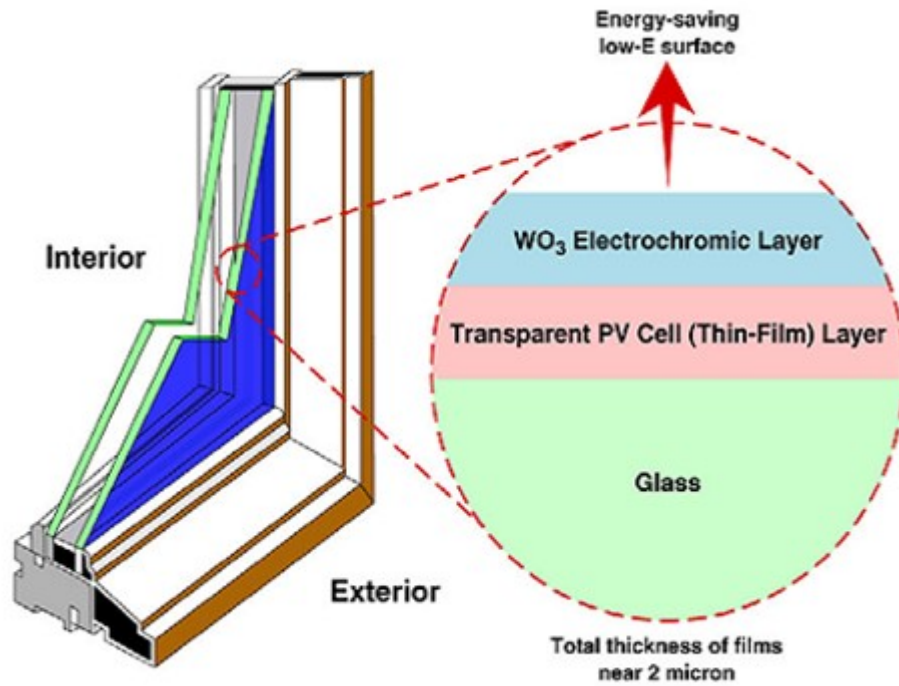


Figura 6.2: Esquema de funcionamento da tecnologia *Smart Glass*.
Fonte: National Renewable Energy Laboratory (2009).

As principais vantagens desta tecnologia são as seguintes:

- Controlo manual sobre a transparência ou opacidade dos envidraçados;
- Protecção da radiação solar directa quando esta é indesejada;
- Protecção contra os ganhos solares indesejados;
- Redução dos consumos energéticos para arrefecimento e aquecimento;
- Evita a colocação de sombreamentos exteriores nos envidraçados;

6.3 Cálculos

6.3.1 Envolvente exterior

6.3.1.1. Parede exterior

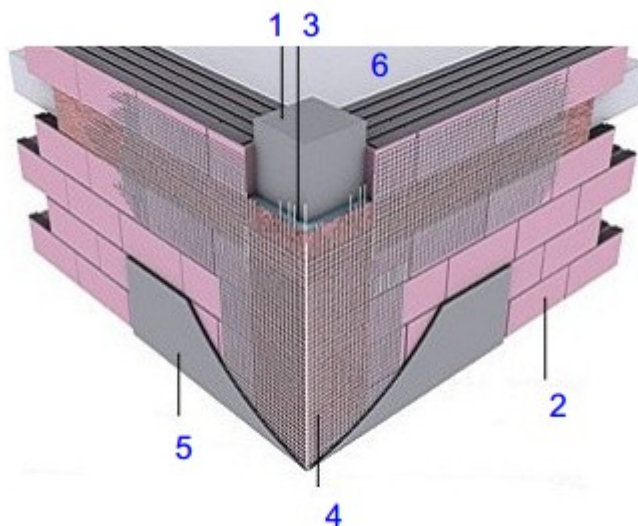


Figura 6.3 – Envolvente exterior (parede).

Legenda:

- 1 – Pilar estrutural;
- 2 – Alvenaria;
- 3 – Isolamento térmico;
- 4 – Armadura (fibra de vidro);
- 5 – Reboco exterior;
- 6 – Reboco interior.

Para efeitos de cálculo do coeficiente de transmissão térmica da parede exterior, consideramos:

- Reboco exterior com a espessura de 0,020m;
- Isolamento térmico – aglomerado de cortiça expandida (ICB) com a espessura de 0,060 m;

- Alvenaria - bloco em betão leve de agregados de argila expandida com a espessura de 0,380 m. ($u=0,42\text{W/m}^2\text{°C}$)
- Reboco interior - estuque projectado com a espessura de 0,010m.

		Esp.(m)	ρ (kg/m ³)	λ (W/m.°C)	R [m ² .°C/W]
	Convecção exterior fluxo horizontal				0,040
	Reboco exterior tradicional	0,020	1800-2000	1,300	0,015
Parede Exterior	Isolamento térmico - Aglomerado de cortiça expandida (ICB)	0,060	90-140	0,040	1,500
	Alvenaria – Bloco em betão leve	0,380			2,380
	Reboco interior - estuque projectado	0,010	600-900	0,300	0,033
	Convecção interior fluxo horizontal				0,130
	TOTAL	0,470			4,100

Quadro 6.1 – Cálculo da resistência térmica da parede exterior.

Assim sendo temos uma espessura total de 0,470 m e uma resistência térmica global no valor de 4,100 [(m².°C)/W].

Como o coeficiente de transmissão térmica (U) é o inverso da resistência térmica, ou seja, $U = 1/ R$, obtemos um valor de $U = 0,244$ (W/m²°C).

6.3.1.2 Cobertura exterior

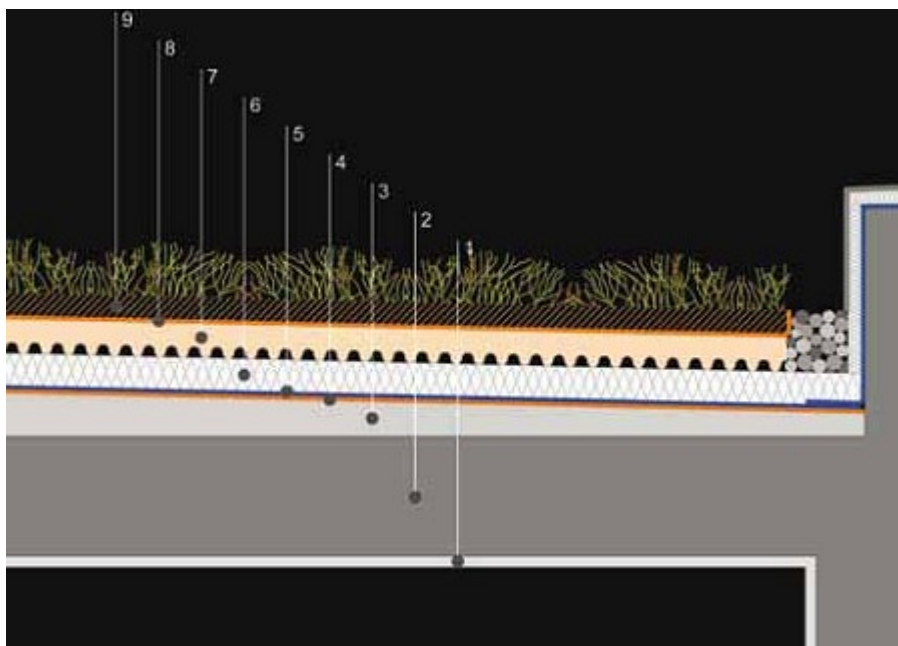


Figura 6.4 – Envolvente exterior (cobertura).

Legenda:

- 1 – Revestimento interior;
- 2 – Laje em betão armado;
- 3 – Camada de betonilha;
- 4 – Manta Geotêxtil;
- 5 – Sistema de impermeabilização reciclável;
- 6 – Isolamento térmico de materiais naturais;
- 7 - Manta Geotêxtil;
- 8 – Placa de espuma natural para retenção de água pluvial;
- 9 – Substrato vegetal.

Para efeitos de cálculo do coeficiente de transmissão térmica da cobertura exterior, considera-se o Quadro II.14 “Coeficiente de transmissão térmica – Coberturas

horizontais (em terraço) – Isolamento térmico pelo exterior (Fluxo ascendente) da pág.II.61 ITE 50:

- Revestimento interior em estuque tradicional com a espessura de 0,02m;
- Laje maciça em betão armado com a espessura de 0,25m;
- Camada de betão celular autoclavado (betonilha) com a espessura de 0,020m;
- Isolamento térmico – aglomerado de cortiça expandida (ICB) com a espessura de 0,10 m;

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **0,35 [W/(m².°C)]**.

6.3.1.3 Pavimento exterior

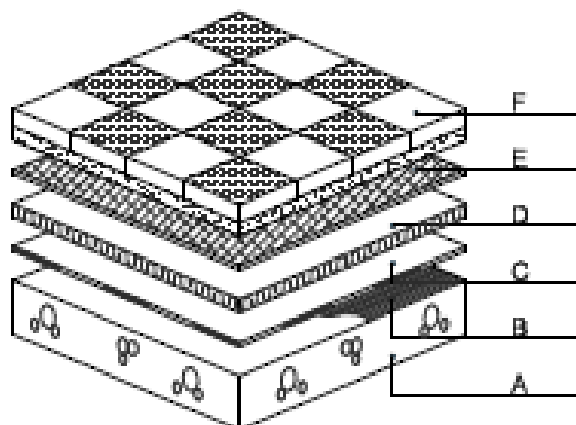


Figura 6.5 – Envolvente exterior (pavimento).

Legenda:

- A – Laje maciça de betão armado;
- B – Camada de dessolidarização;
- C – Impermeabilização;
- D – Isolamento térmico;
- E – Camada separadora e betonilha de regularização;
- F – Revestimento cerâmico.

Para efeitos de cálculo do coeficiente de transmissão térmica, considera-se o Quadro II.9 “Coeficiente de transmissão térmica – Pavimentos sobre espaços exteriores com isolamento térmico pelo interior (Fluxo descendente) da pág.II.37 ITE 50:

- Pavimento sobre Local Não-Aquecido (do interior para o exterior):
 - Ladrilho cerâmico com 0,020 m de espessura.
 - Isolante térmico (ICB) com a espessura de 0,10m.
 - Laje maciça com a espessura de 0,25m.

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **0,38 [W/(m².°C)]**.

6.3.1.4 Envidraçados

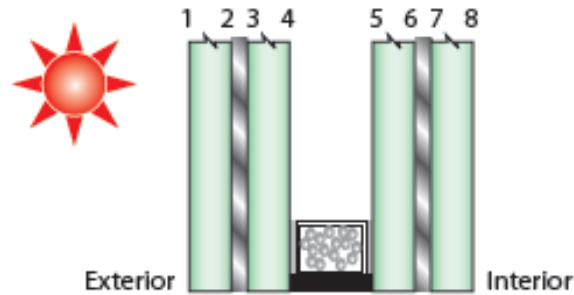


Figura 6.6 – Envoltório exterior (envidraçados).

Para efeitos de cálculo do coeficiente de transmissão térmica, considera-se o Quadro III.3 “Coeficiente de transmissão térmica – Vãos envidraçados verticais – Caixilharia de plástico da pág.III.6 ITE 50:

- Vão envidraçado duplo com um vidro de baixa emitância duplo em cada janela.

O coeficiente de transmissão térmica (U) é de **2,40 [W/(m².°C)]**.

	Coeficiente de transmissão Térmica Bloco C [W/(m ² .°C)]	Coeficiente de transmissão Térmica Bloco Sugestão [W/(m ² .°C)]
Parede exterior	0,450	0,244
Cobertura exterior	0,770	0,350
Pavimento exterior	0,500	0,380
Envidraçados	3,400	2,400

Quadro 7.1 – Comparação entre soluções construtivas do Bloco C e Bloco Sugestão.

CAPÍTULO 7.

CONCLUSÕES

O projecto de trabalho que agora se conclui, tem como objecto avaliar o desempenho energético e sustentabilidade na reabilitação do edificado. Para tal, foi elaborado um caso prático, num edifício escolar, onde se procurou a aplicação de um dos métodos de avaliação de sustentabilidade, bem como avaliar o seu desempenho energético das suas componentes construtivas, seja numa nova construção ou na reabilitação de uma existente.

A metodologia global adoptada, no caso prático e sua análise, permitiu contribuir para o objectivo estabelecido no presente trabalho de projecto, o qual visava elaborar uma caracterização das necessidades existentes no parque dos edifícios em Portugal, ao nível da sustentabilidade, no geral, centrando-se num caso prático em particular, numa escola no distrito de Loulé.

Desde o seu início, na reabilitação e ampliação do edifício escolar, foi adoptada uma política ambiental adequada à sua utilização, considerando os princípios de procura de sustentabilidade descritos neste sistema de avaliação.

Segundo dados do I.N.E., o parque edificado em Portugal é constituído por mais de cinco milhões de fracções, das quais a grande maioria foi construída antes de 1990, data da publicação da primeira regulamentação térmica em Portugal.

O valor total da intervenção do edifício escolar é de 10040 m², sendo a área de nova construção no valor de 6750m², ou seja 67,3% do total e a área reabilitada no valor de 3290 m², correspondendo a uma percentagem de 32,7% do total.

Foram identificados os parâmetros mais determinantes de cada sistema consoante a área de sustentabilidade. Estes parâmetros foram seleccionados pelo grau de importância que os vários sistemas lhes atribuem, tendo havido o cuidado de abranger o maior número de parâmetros relevantes para a sustentabilidade.

Com este conjunto de parâmetros foi realizada uma análise da aplicabilidade ao caso prático, seguido o sistema de avaliação da sustentabilidade LíderA, é possível verificar que o desempenho final corresponde à Classe C, dada a melhoria em 14,4% face às práticas habituais. (Quadro 5.3).

A reabilitação do edificado deve ter em linha de conta o custo económico das soluções adoptadas. Por outro lado, importa promover a correcção de situações de inadequação funcional, através da aplicação da devida regulamentação, designadamente ao desempenho térmico e sua sustentabilidade, nomeadamente a implementação de medidas de reabilitação térmica e energética da envolvente, incluindo os vãos envidraçados, bem como da componente de iluminação natural e artificial que têm como objectivo a satisfação das necessidades de conforto dos ocupantes e a eficiência no desempenho energético global, tendo-se ainda evidenciado a necessidade de articulação com a sua sustentabilidade e o retorno do investimento.

	Bloco C (novo) Custo solução construtiva / m ²	Bloco D (reabilitado) Custo solução construtiva / m ²	Bloco C (novo) Resíduos (kg)	Bloco D (reabilitado) Resíduos (kg)	Coefficiente de transmissão Térmica Bloco C [W/(m ² .°C)]	Coefficiente de transmissão Térmica Bloco D [W/(m ² .°C)]
Parede exterior	115€	135€	30 kg	50 kg	0,45	1,10
Cobertura exterior	190€	110€	15kg	105kg	0,77	1,10
Pavimento exterior	150€	50€	10kg	105kg	0,50	2,50
Envidraçados	420€	430€	1kg	60kg	3,40	3,40

Quadro 7.1 – Comparação entre as soluções construtivas Bloco C e D.

Ao analisar a comparação entre os resultados entre as soluções construtivas adoptadas nos Blocos C (novo) e D (reabilitado), verificamos de um modo geral, o maior custo de uma nova construção mas uma menor produção de resíduos, nas soluções construtivas adoptadas no Bloco C (novo), sendo fulcral a valorização e boa gestão no aproveitamento e reciclagem dos resíduos para uma reabilitação eficaz, do ponto de vista sustentável, somente sendo consumidas novas matérias essenciais para o processo de nova construção.

Porém, sob o ponto de vista de desempenho energético não podemos fazer uma comparação entre as duas soluções construtivas, adoptadas nos dois blocos C (novo) e D (reabilitado), pois trata-se de soluções distintas, atingindo-se nas soluções adoptadas no bloco C (novo) valores mais baixos, o que reflecte um melhor desempenho energético mas uma penalização em termos de sustentabilidade e no uso de matérias-primas novas.

Como última análise, é importante salientar que deverá ser adoptada uma política de reabilitação de resíduos incorporando-os em novas soluções construtivas de superior desempenho energético mas tendo em consideração a sustentabilidade dos materiais.

CAPÍTULO 8.

PERSPECTIVAS FUTURAS

Edifícios com necessidades quase nulas de energia

8.1 Objectivo

A Directiva Europeia 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010, no Artigo 9º “Edifícios com necessidades quase nulas de energia” define o seguinte:

- “o mais tardar em 31 de Dezembro de 2020, todos os edifícios novos sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia; e
- Após 31 de Dezembro de 2018, os edifícios novos ocupados e detidos por autoridades públicas sejam edifícios com necessidades quase nulas de energia”

De acordo com a mesma Directiva Europeia, os Estados-Membros têm o dever de desenvolver planos nacionais (Artigo 9º §3) com o objectivo de promover os edifícios com necessidades quase nulas de energia em edifícios reabilitados.

O presente capítulo procura a sugestão do conceito de “Casa Passiva”, segundo a norma “Passivhaus” adaptado ao clima do nosso País, na óptica de melhorar o seu desempenho energético e sustentabilidade.

8.2 Norma “*Passivhaus*”

8.2.1 Definição

A norma “*Passivhaus*”, teve a sua origem em Maio de 1988 entre os professores Bo Adamson da Universidade de Lund, na Suécia, e Wolfgang Feist do *Institut für Umwelt und Wohnen* (Instituto de Habitação e Meio Ambiente, Alemanha).

A definição do conceito para um edifício elaborado segundo a norma “*Passivhaus*” ou “casa passiva”, é segundo o *passive house institute* (PHI), “ um edifício no qual o conforto térmico, conceito segundo a norma ISO - 7730 “*Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD index and specification of the conditions for thermal comfort*”, pode ser alcançado apenas através do aquecimento ou arrefecimento posterior, da massa de ar novo que é exigida para alcançar as condições satisfatórias da qualidade do ar interior, sem ser necessária uma recirculação adicional do ar”. Isto é, se um edifício for muito bem isolado, estanque e dispuser de um sistema de ventilação com recuperação de calor do ar rejeitado, o pouco que é necessário para o aquecimento do edifício vai poder ser obtido através do sistema de ventilação, ou seja, o calor pode ser transportado pelo ar, levando ar novo para dentro do edifício e, ao aquecer este ar, o edifício é menos arrefecido.

O sistema de ventilação fornece constantemente uma boa qualidade de QAI, extraíndo automaticamente humidade e usando filtros finos que impeçam o pó, pólen e outras partículas de entrar.

Actualmente, o custo adicional de uma “casa passiva” está entre 3 a 8% do preço da casa, segundo dados do PHI.

Um edifício elaborado segundo a norma “*Passivhaus*”, é um edifício que assegura um ambiente interior confortável no Inverno sem a necessidade de um sistema de aquecimento convencional. Para permitir isto, é essencial que as cargas de aquecimento não excedam 10 W/m² de área útil. Simulações e medições, segundo o PHI, mostram que isto corresponde a uma necessidade anual para aquecimento de 15 kWh/m² por ano. Para permitir isto, é essencial que as cargas de aquecimento não excedam 10 W/m² de área útil de modo a permitir o uso de um sistema de pré-aquecimento do ar pouco potente. Simulações e medições mostram que, para um clima típico da Alemanha, isto corresponde a uma necessidade anual para aquecimento de 15 kWh/m² por ano. As “casas passivas” necessitam assim de aproximadamente 85%

menos energia para aquecimento que uma casa construída segundo os padrões dos regulamentos dos edifícios da Alemanha.

Característica do edifício	Valores limite a respeitar
Consumo energético aquecimento/ano	15 kWh / m ²
Consumo energético arrefecimento/ano	15 kWh / m ²
Carga térmica de pico	10 W/m ²
Energia primária/ano	120 kWh/m ²
R.p.h.	0,6

Quadro 8.1 - Requisitos para um edifício, segundo a norma “Passivhaus”.

O conceito tem como base um excelente isolamento térmico que mantém o calor desejado no interior e o indesejado no exterior, um sistema de ventilação que fornece ar novo constante ao interior e um sistema de recuperação de calor de elevada eficiência que permite que o calor existente no ar e que é extraído seja reutilizado. Os resultados apontam para poupanças energéticas até 90% relativamente aos edifícios comuns da Europa Central, segundo o PHI.

O conceito de “casa passiva” é um padrão de construção, em que, simultaneamente, é eficiente energeticamente, confortável, ecológica e acessível. No entanto, uma casa passiva é mais do que um edifício pouco dispendioso, em termos energéticos.

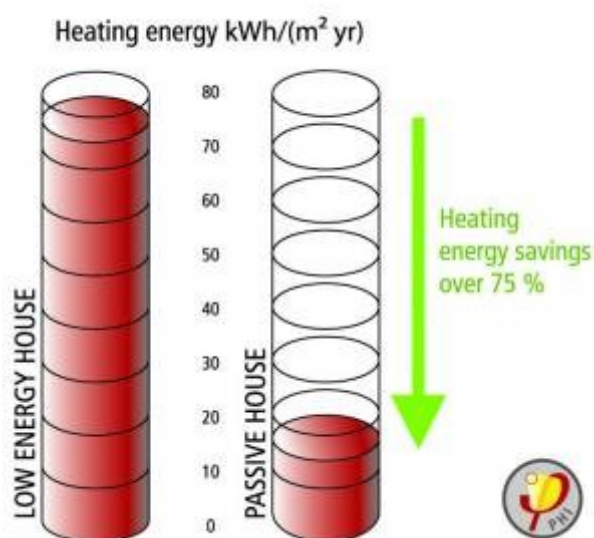


Figura 8.1 – Comparação entre um edifício com baixo consumo energético (esquerda) e “casa passiva” (direita).

8.2.2 Requisitos

A norma do PHI, para a Europa Central, exige que o edifício cumpra os seguintes requisitos:

- O consumo energético, para aquecimento tenha como valor limite 15kW/m^2 por ano de área útil;
- O consumo de energia primária total do edifício (incluindo aquecimento, arrefecimento, aq's e electricidade) tenha como valor limite 120kW/m^2 por ano de área útil;

O conceito, desenvolvido pelos alemães, considera cinco elementos fundamentais na construção de uma “*Passivhaus*”:

- Um nível de isolamento térmico muito elevado;
- A utilização de janelas triplas, o requisito rigoroso em termos de protecção térmica com $U < 0,85 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$;
- Uma construção livre de pontes térmicas;
- Estanquicidade;
- Uma ventilação de conforto com recuperação de calor altamente eficiente.

Esta é a receita, segundo o PHI, para um edifício de elevada eficiência.

A fonte de energia para uma “casa passiva” pode ser de fonte renovável, contribuindo desta maneira para um edifício com necessidades quase nulas de energia.

8.2.3 Edifícios “passivos” e sua sustentabilidade

De forma a promover a sustentabilidade, juntar um edifício segundo a norma “*Passivhaus*” e utilizar energias renováveis é uma solução a considerar. O resultado desta simbiose é um edifício muito próximo de zero nas emissões de GEE, consumo energético convencional baixo, sendo a sua fonte de energia, as energias renováveis.

Apesar de não obrigar à sua utilização, esta é uma situação prevista pelo software de projecto *Passive House Planning Package* (P.H.P.P.), permitindo, através do balanço energético, calcular um valor para a energia primária consumida ao qual se pode subtrair aquilo que é conseguido via fontes renováveis. Após este cálculo é feita a conversão em termos de CO₂ emitido, sendo assim possível ver a redução alcançada.

8.2.4 Aplicação do conceito da norma “*Passivhaus*” a países do Sul da Europa

No sentido da aplicação da norma “*Passivhaus*” a países do Sul da Europa, foram desenvolvidos dois projectos de investigação e disseminação financiados pelo Programa IEE da Comissão Europeia (os projectos “*Passive-On*” e o “P.E.P.”). O projecto “*Passive-On*” (<http://www.passiveon.org/en/>) fundamentalmente analisa a questão da sua aplicabilidade a países do sul da Europa (Portugal, Espanha e Itália), mas também está associado países como o Reino Unido e a França como climas “temperados”.

Nos países quentes do sul da Europa, as necessidades de aquecimento são geralmente inferiores às dos países nórdicos da Europa. Isto não está só relacionado com o números de “graus dias” de uma localização particular mas também na quantidade de radiação solar.

Os termos “Passivo” e “*Passivhaus*” podem originar uma confusão, pelo que os parceiros do projecto (Itália, França, Alemanha, Espanha, Portugal e o Reino Unido) acordaram na distinção entre sistemas “Passivos” de projecto e a norma “*Passivhaus*”.



Figura 8.2 - Países parceiros do projecto *PASSIVE-ON*

8.2.4.1 Aplicação em Portugal:

Para o nosso País, a aplicação da norma “*Passivhaus*”, apresenta algumas questões, nomeadamente às diferenças do clima entre os países da Europa Central (Alemanha) e Portugal. Em Portugal, a necessidade de arrefecimento, que não assume grande importância na Alemanha, é um dos factores de crucial importância, especialmente em zonas como o Alentejo ou o Algarve.

O objectivo do PHI é que o conceito de “*Passivhaus*” seja aplicável em qualquer parte do globo, e que, consoante cada tipo de clima, sejam definidos requisitos de certificação.

O conceito “*Passivhaus*” foi criado para responder aos requisitos do clima de países da Europa Central, mais frios do que Portugal.

Embora os edifícios no nosso País necessitam de ser aquecidos no Inverno, este fenómeno é acompanhado por uma necessidade de arrefecimento no Verão, sendo uma questão fundamental, principalmente no Sul do País.

Segundo o PHI, numa casa “*Passivhaus*” existem os seguintes requisitos, com o objectivo de diminuir a carga de arrefecimento:

- Um nível óptimo de isolamento térmico, em que o seu objectivo é proteger a casa das diferenças de temperatura, não só para os meses de Inverno mas também para os meses de Verão;
- Aproveitar as soluções de arrefecimento passivas – tudo o que nos ajude a arrefecer o edifício de forma passiva, por exemplo, as janelas devem ser orientadas de forma favorável ao balanço energético, devem existir elementos de sombreamento exteriores, abrir as janelas à noite (arrefecimento nocturno), ventilação cruzada, etc.

No ano de 2007, em Portugal e em outros países do Sul da Europa, surgiu o projecto *PASSIVE-ON*, financiado pelo *SAVE Intelligent Energy for Europe*, e que teve a presença na altura do I.N.E.T.I. (actual L.N.E.G.) e da Natural Works, com o objectivo da aplicação da norma “*Passivhaus*” em climas quentes da Europa, tendo resultado numa proposta, que assenta nos seguintes requisitos:

- **Energia para aquecimento:** As necessidades úteis de aquecimento não podem exceder o limite de 10 W/m² (15 kWh / m² por ano de área útil);

- **Energia de arrefecimento:** As necessidades de calor sensível úteis, para o arrefecimento não devem exceder o limite de 10 W/m^2 ($15 \text{ kWh} / \text{m}^2$ por ano de área útil);
- **Energia primária:** A energia primária para todos os consumos, incluindo o aquecimento ambiente e de AQS, arrefecimento, iluminação e outros equipamentos eléctricos não exceda o limite de $120 \text{ kWh} / \text{m}^2$ por ano de área útil.
- **Estanquidade ao ar:** Se a qualidade do ar interior e o elevado nível de conforto térmico é obtido por meio de um sistema mecânico de ventilação, a envolvendo do edifício deve cumprir o teste de pressurização (50 Pa), de acordo com a norma EN 13829, em não mais de 0.6 rph-1 . Em localizações com condições de projecto com temperaturas acima de $0 \text{ }^\circ\text{C}$, o teste de pressurização com um limite de 1.0 rph-1 é normalmente suficiente para atingir o critério de aquecimento;
- **Temperatura interior de conforto durante o inverno:** A temperatura operativa dos espaços deve ser mantida acima dos $20 \text{ }^\circ\text{C}$ no inverno, utilizando os acima mencionados consumos de energia;
- **Temperatura interior de conforto durante o Verão:** Na estação quente, a temperatura operativa dos espaços permanece entre a banda de conforto definida na norma EN 15251. Se existir um sistema principal de arrefecimento activo, a temperatura operativa do espaço consegue ser mantida abaixo de $26 \text{ }^\circ\text{C}$.

Esta definição, especialmente em relação ao arrefecimento, será revista quando for adquirida maior experiência com casas Passivhaus em climas quentes.

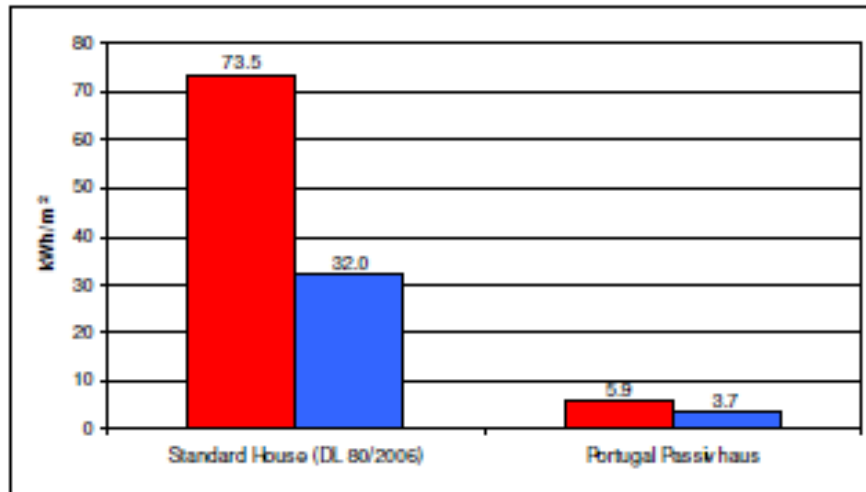


Gráfico 8.1 – Estimativa das necessidades anuais de aquecimento (vermelho) e de arrefecimento (azul) para um edifício típico e um edifício “*Passivhaus*”

Fonte – A norma “*Passivhaus*” em climas quentes da Europa: Projecto *PASSIVE-ON*.

CAPÍTULO 9.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AMARO, António Leitão [et al] – **Opções energéticas para Portugal**. Lisboa : Pactor, 2010. ISBN 978-989-693-003-5
- [2] BRAGA, Jaime ; MORGADO, Eduardo – **Guia do ambiente – Desenvolvimento sustentável: Oportunidade inadiável**. Lisboa : Monitor – Projectos e Edições, Lda, 2012. ISBN 978-972-9413-83-4.
- [3] CARLOS, A.Pina dos Santos; Luis Matias – **Coefficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios – versão actualizada 2006, ITE 50**, 13ª edição. Lisboa: Editor LNEC, 2008. ISBN – 978-972-49-2065-8
- [4] ECO, Umberto – **Como se faz uma tese em ciências humanas**, 16ª edição. Lisboa : Editorial presença, 2010. Depósito legal n.º305 957/10
- [5] EUROSTAT – **Energy, transport and environment indicators**, 2010 edition. Luxembourg : Publications office of the European Union, 2011. ISBN – 978-92-79-16303-6.
- [6] FREITAS, Vasco Peixoto de [et al] – **Edifícios existentes – Medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior**. Algés (ADENE?) : Maiadouro, S.A. , 2011. ISBN 978-972-8646-16-5
- [7] GANG, Chen – **L.E.E.D. AP exam guide study materials, sample questions, mock exam, building L.E.E.D. certification (LEED-NC) and going green**. USA? : Outskirts press, 2008. ISBN 978-1-4327-2842-7.
- [8] MARÃO, Joana; Pedro, João Branco – **Princípios de edificação sustentável**. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), 2012. ISBN 978-972-49-2243-0
- [9] PAIVA, José A. Vasconcelos de – **Medidas de reabilitação energética em edifícios**. 2ª ed. Lisboa : Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2003. ISBN 978-49-1859-9
- [10] PAULO, Santos [et al] – **Edifícios existentes – Método de cálculo simplificado para a certificação energética. No âmbito do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios**. Algés : ADENE, 2009. ISBN 978-972-8646-15-8.
- [11] PEREIRA, Alexandre ; POUPA, Carlos – **Como escrever uma tese, monografia ou livro científico utilizando o Word**. Lisboa : Edições Sílabo, 2008. ISBN 978-972-618-511-6.
- [12] PINHEIRO, Manuel Duarte – **LíderA: Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos. Versão de trabalho [Em linha]**. Lisboa, Instituto Superior Técnico, 2011.

- [13] RODRIGUES, António Moret ; PIEDADE, António Canha da ; BRAGA, Ana Marta – **Térmica de edifícios**. Amadora : Edições Oríon, 2009. ISBN 978-972-8620-13-4.
- [14] SANTOS, António J. – **Cadernos edifícios 05. Conservação e reabilitação de edifícios recentes**. Lisboa : Laboratório nacional de Engenharia Civil, 2010. ISBN 978-972-49-2197-6
- [15] SANTOS, Carlos A.Pina dos ; MATIAS, Luís – **ICT Informação Técnica Edifícios ITE 50 – Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente de edifícios, versão actualizada 2006**. Lisboa : Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2007. ISBN 978-972-49-2065-8.
- [16] THORPE, David – **Sustainable home refurbishment: the Earthscan expert guide to retrofitting homes for efficiency**. London : Earthscan, 2010. ISBN 978-1-84407-876-9.
- [17] TIRONE, Livia ; Nunes, Ken – **Coberturas eficientes**. Algê: Adene, 2011. ISBN 978-972-8646-22-6.
- [18] TIRONE, Livia ; NUNES, Ken – **Construção sustentável**. 3ªed. Lisboa : Tirone Nunes, S.A., 2010. ISBN 978-989-96913-0-8.
- [19] TORGAL, F. Pacheco ; Jalali, Said – **A sustentabilidade dos materiais de construção**. Vila Verde : TecMinho, 2010. ISBN 978-972-8600-22-8.
- [20] VICENTE, Luiz Moura – **Poupar energia, baixar custos, proteger o ambiente**. Lousada, 2008. ISBN 978-989-95332-2-6.

Directivas europeias:

Directiva 2001/77/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Setembro;

Directiva n.º2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro;

Directiva 2003/10/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 6 de Fevereiro de 2003;

Directiva 2005/20/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março, que altera a Directiva 94/62/CE;

Directiva 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril;

Directiva 2008/1/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de Janeiro de 2008;

Directiva 2008/50/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de Maio de 2008;

Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008;

Directiva 2008/105/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2008;

Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril;

Directiva 2009/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril de 2009;

Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010;

Directiva 2010/79/UE da Comissão de 19 de Novembro de 2010 que adapta ao progresso técnico o anexo III da Directiva 2004/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho;

Decretos-Lei:

Decreto-Lei n.º78/2006 (S.C.E.), de 4 de Abril;

Decreto-Lei n.º 79/2006 Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios (R.S.E.C.E.), de 4 de Abril;

Decreto-Lei n.º 80/2006 Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (R.C.C.T.E.), de 4 de Abril;

Decreto-Lei n.º9/2007 Regulamento geral do ruído, de 17 de Janeiro;

Decreto-Lei n.º 232/2007 do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, de 15 de Junho;

Decreto-Lei n.º 73/2011, que precede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º178/2006, do Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, de 5 de Setembro;

Decreto-Lei n.º 366-A/97 do Ministério do Ambiente, de 20 de Dezembro, alterado pelo Decreto-Lei n.º162/2000 do Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, de 27 de Julho, e complementado pelo Decreto-Lei n.º 497/98, de 21 de Dezembro;

Decreto-Lei n.º 182/2006, do Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social, de 6 de Setembro;

Decreto-Lei n.º 276/99 do Ministério do Ambiente, de 23 de Julho;

Decreto-Lei n.º71/2008, de 15 de Abril;

Decreto-Lei n.º319/2009, de 3 de Novembro.