

RECOMENDAÇÕES VISANDO A ADOÇÃO DE PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

Estudo de Caso: *Efficiency House Plus with
Electromobility*, Berlim

FILIPE MANUEL ALMEIDA PINTO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa

OUTUBRO DE 2012

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

Aos meus Pais,
Que tudo fizeram para que isto fosse possível

A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original
Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Todo o trabalho aqui desenvolvido não teria sido possível sem o contributo de um leque de pessoas, às quais gostaria de expressar aqui o meu profundo obrigado.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Professor Hipólito Sousa por aceitar sem hesitação trabalhar comigo no desenvolvimento deste tema, assim como por toda a orientação sem a qual não seria tão fácil a realização deste trabalho num país diferente. Agradecimento ainda por toda a bibliografia disponibilizada, simpatia e sentido crítico que foi essencial para encontrar o rumo certo no desenvolvimento deste trabalho. Também um agradecimento ao professor Fulvio Re Cecconi pelo material disponibilizado na realização de parte deste trabalho em Itália.

Agradecimento ainda para os meus pais que sempre me apoiaram nas alturas de maior volume de trabalho, orientando-me com a sabedoria equilibrada que lhes é característica quando tudo parecia impossível de fazer. Mais ainda, pela força que transmitiram e encorajamento e na contribuição para que todo este percurso fosse possível. Aos meus amigos e uma atenção especial para aqueles que contribuíram de forma direta para ser possível a realização desta dissertação. À Cecília pela disponibilidade constante para tornar o meu trabalho melhor e pelo apoio que me deu ao longo deste tempo e pelas palavras de encorajamento, à Cristina pela paciência e dedicação que dedicou ao ler todo o meu trabalho, pelas dicas práticas para o mesmo e incentivo, ao Hélder pelos esclarecimentos e prestabilidade na organização do trabalho, ao João e Sara pelas palavras de incentivo e força.

Um profundo obrigado ao Eng. Tiago Alves por todo o apoio no meu percurso académico.

A todos, muito obrigado.

RESUMO

O setor da construção civil encontra-se neste momento numa posição privilegiada para contrariar as correntes de crise ambiental, social e económica. A indústria da construção tem um considerável peso no que diz respeito a emissões carbónicas a nível mundial e ainda uma quota significativa no setor económico e de desenvolvimento tecnológico. É aqui que este trabalho se pretende integrar, começando por apresentar uma série de soluções ditas verdes, resultantes de aplicações teóricas e científicas de desenvolvimento sustentável nos campos da energia, gestão de recursos e avaliação de desempenho ambiental.

Desta forma, e após uma apresentação das origens desta temática, referindo as causas que levaram à expansão do conceito de desenvolvimento sustentável, inicia-se o processo de seleção de técnicas e soluções de carácter sustentável e de aplicação global, as quais pretendem responder aos desafios e dificuldades criadas pelo desenvolvimento não suportado anterior.

Uma simples apresentação de soluções construtivas pode não ser suficiente se não for realizado um estudo que apoie a decisões que apontem no rumo da sustentabilidade. Efetivamente, serão incluídos neste trabalho processos de avaliação dos edifícios e sua certificação ambiental considerando o seu ciclo de vida. Estes sistemas integrados de avaliação do desempenho dos edifícios irão permitir uma melhor compreensão do comportamento dos mesmos, influenciando assim a escolha de estratégias e técnicas construtivas a aplicar em cada caso especificamente. Um planeamento que assente numa avaliação cuidada e na aplicação de estratégias sustentáveis permite, então, melhorias significativas nos campos ambientais, económicos e ainda sociais, uma vez que se beneficia implicitamente a qualidade de vida das pessoas.

Um exemplo de uma *EcoHouse* será abordado com mais detalhe, permitindo ao leitor a perceção dos avanços tecnológicos que podem ser aplicados a uma estrutura habitacional e como é possível tirar partido de detalhes até então não tão desenvolvidos pela engenharia. Mais ainda sugere a integração do conceito de Eletromobilidade ao da habitação numa ação de consciencialização da sociedade para a utilização de energias limpas também no seu quotidiano de deslocações.

Por último, e numa tentativa de padronizar toda uma série de ações verdes, serão apresentados quadros síntese de estratégias com carácter sustentável a aplicar em duas grandes áreas de intervenção: centros urbanos, construção e reabilitação de edifícios.

PALAVRAS-CHAVE: sustentabilidade, eficiência, gestão, ACV, estratégias.

ABSTRACT

The construction industry is currently in a privileged position to counter the current environmental, social and economic crisis. Buildings have a considerable weight in relation to carbon footprint worldwide and also have a significant share in the economic and technological sectors development. This is where this work fits, starting by presenting a series of so-called green solutions, resulting from theoretical and scientific applications of sustainable development in energy, resources management and evaluation of environmental performance fields.

Thus, after a full explanation of the origins of this subject, referring to the causes that led to the expansion of the concept of sustainable development, it begins the process of selection techniques and solutions for sustainability and global application, which aim to respond to challenges and difficulties created by the previous non-supported development.

A simple presentation of constructive solutions may not be sufficient if it is not carried out a study that supports a whole range of decisions that point the ideal path to sustainability. Indeed, in this work will be included evaluation processes of the buildings and their environmental certification considering the life cycle. These integrated systems of performance assessment of buildings will allow a better understanding of their behaviour, thus influencing the choice of strategies and constructive techniques to apply in each case specifically. A plan that is based on a careful assessment and implementation of sustainable strategies allows significant improvements in environmental, economic and even social fields, since it implicitly benefits the quality of life.

An example of an Eco house is presented in more detail, allowing the reader to the perception of technological advances that can be applied to a housing structure and how you can take advantage of details not so developed by engineering. Additionally it suggests the integration of the concept of Electromobility to the housing in an act of awareness in society for the use of clean energy also in their everyday travelling

Finally, in attempt to standardize a range of green actions, will be presented summary tables of sustainable strategies on two major areas: urban centres, new construction and rehabilitation.

KEYWORDS: sustainability, efficiency, management, LCA, strategies.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE QUADROS	xvii
SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO	1
1.2. ENQUADRAMENTO	1
1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	2
2. ENQUADRAMENTO DA SUSTENTABILIDADE NO PANORAMA CONSTRUTIVO ATUAL	5
2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	5
2.1.1. CRESCIMENTO POPULACIONAL	5
2.1.2. CRISE PETROLÍFERA	6
2.1.3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS	7
2.1.4. NECESSIDADE DE MUDANÇA – SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL	8
2.1.4.1. Generalidades	8
2.1.4.2. Um Olhar Sobre o Futuro	10
2.2. SUSTENTABILIDADE	10
2.2.1. INTRODUÇÃO	10
2.2.2. EQUILÍBRIO	12
2.2.3. DIFERENTES ABORDAGENS DE SUSTENTABILIDADE	13
2.2.4. PANORAMA INTERNACIONAL E NACIONAL	14
2.2.5. SUSTENTABILIDADE NAS CIDADES	15
2.3. O EDIFÍCIO VERDE	16
2.3.1. GENERALIDADES	16
2.3.2. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	17
2.3.2.1. Nota Introdutória	17

2.3.2.2. Materiais Aplicados aos Constituintes dos Edifícios	17
a) Envolvente do Edifício	17
b) Pavimentos e Caixilharias	25
2.3.3. ESTRATÉGIAS PASSIVAS PARA AS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE UM EDIFÍCIO.....	29
2.3.3.1. Objetivos.....	29
2.3.3.2. Aquecimento.....	29
2.3.3.3. Arrefecimento	35
2.3.3.4. Iluminação	39
2.3.4. ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA AS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE UM EDIFÍCIO.....	41
2.3.4.1. Nota Introdutória.....	41
2.3.4.2. Energia Solar Fotovoltaica	42
2.3.4.3. Energia Solar Térmica.....	45
2.3.4.4. Energia Eólica.....	48
2.3.4.5. Energia Geotérmica.....	49
2.3.4.6. Climatização	51
2.3.4.7. Iluminação	54
2.3.4.8. Domótica	55

3. GESTÃO SUSTENTÁVEL DO PROCESSO CONSTRUTIVO;

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL

.....	57
3.1. APLICAÇÃO DE PRÁTICAS VERDES AO PROJETO	57
3.1.1. INTRODUÇÃO	57
3.1.1.1. Fase I - Projeto	58
3.1.1.2. Fase II – Execução da Obra.....	60
3.1.1.3. Fase III - Utilização	60
3.2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DOS EDIFÍCIOS	61
3.2.1. GENERALIDADES	61
3.2.2. MÉTODOS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL	61
3.2.2.1. BREEAM.....	62
3.2.2.2. LEED	63
3.2.2.3. LiderA	65

3.2.2.4. SBTool-pt	67
3.2.3. ANÁLISE DE CICLO DE VIDA	68
3.2.3.1. Generalidades	68
3.2.3.2. Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).....	69
3.2.3.3. Custo de Ciclo de Vida (CCV).....	73
3.2.4. OUTROS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS.....	76
3.3. GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO	77
3.3.1. INTRODUÇÃO	77
3.3.2. IMPACTOS AMBIENTAIS.....	78
3.3.3. A MÁXIMA DOS 4 R	79
3.3.3.1. Generalidades	79
3.3.3.2. Reduzir	82
3.3.3.3. Reutilizar	82
3.3.3.4. Reciclar.....	83
3.3.3.5. Reabilitar	84
3.3.4. GESTÃO DOS RESÍDUOS EM FASE DE PROJETO	85
3.4. GESTÃO DA ÁGUA NO PROCESSO CONSTRUTIVO	86
3.4.1. NOTA INTRODUTÓRIA	86
3.4.2. A ÁGUA E A SAÚDE	88
3.4.3. A ÁGUA E A ECONOMIA	88
3.4.4. ÁGUA: FACTOS ATUAIS	89
3.4.5. ÁGUA: PRESERVAÇÃO E TRATAMENTO.....	91
 4. MODELO DE ESTUDO: “EFFICIENCY HOUSE PLUS WITH ELECTROMOBILITY, BERLIM”	 95
4.1. INTRODUÇÃO	95
4.1.1. MOTIVAÇÃO.....	95
4.1.2. O PROJETO	96
4.1.3. ÁREAS DE MONITORIZAÇÃO DA EHPE	98
4.1.3.1. Transferência térmica e de humidade através dos elementos exteriores isolados	98
4.1.3.2. Gestão Energética.....	98
4.1.3.3. Estabilização da Rede Elétrica	98
4.1.3.4. Dimensionamento das Baterias e sua Reutilização.....	99

4.1.3.5. Apoio Social e Científico aos Residentes.....	99
4.1.4. PRINCIPAIS ÁREAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA EHPE.....	99
4.2. APRESENTAÇÃO DO PROJETO.....	99
4.2.1. NOTA INTRODUTÓRIA	99
4.2.2. O CONCEITO.....	99
4.2.3. CORPO DE EDIFÍCIO E DESENHO ARQUITETÓNICO	100
4.2.4. ESTRUTURA DO EDIFÍCIO – “CONCHA”	105
4.2.5. COMPONENTE ENERGÉTICA DO PROJETO SUSTENTÁVEL APLICADO À EHPE	107
4.2.5.1. Introdução.....	107
4.2.5.2. Bomba de Calor.....	109
4.2.5.3. Células Fotovoltaicas	110
4.2.5.4. Sistema de Armazenamento - Bateria	112
4.2.5.5. Gestão Energética do Edifício.....	112
4.2.6. SOLUÇÕES DE VENTILAÇÃO E ILUMINAÇÃO NA EHPE.....	115
4.2.6.1. Ventilação	115
4.2.6.2. Iluminação	116
4.3. TECNOLOGIA ELECTROMOBILITY.....	117
4.3.1. A IDEIA	117
4.3.2. NECESSIDADES ENERGÉTICAS.....	117
4.3.3. RECARGA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS: CONDUÇÃO E INDUÇÃO	118
4.3.3.1. Recarga por Condução	118
4.3.3.2. Recarga por Indução	118
4.4. EFFICIENCY HOUSE PLUS E A RECICLAGEM.....	119

5. RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS PASSÍVEIS DE SEREM UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO 123

5.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	123
5.2. CENTROS URBANOS	123
5.2.1. RAZÕES PARA A INSERÇÃO DE MEDIDAS SUSTENTÁVEIS NOS CENTROS URBANOS	123
5.2.2. CIDADES VERDES.....	126
5.2.2.1. Definição.....	126
5.2.2.2. Benefícios Económicos	127
5.2.2.3. Benefícios Sociais	128

5.2.2.4. Benefícios Ambientais e de Saúde	128
5.2.3. SETORES DE ATUAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NUMA CIDADE	129
5.2.3.1. Transportes	129
5.2.3.2. Edifícios	132
5.2.3.3. Energia	133
5.2.3.4. Vegetação e Paisagem	134
5.2.3.5. Água	135
5.2.3.6. Resíduos	136
5.2.3.7. Infraestruturas e Tecnologia Digital	138
5.2.4. ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS A SEREM ADOTADAS NOS CENTROS URBANOS	138
5.2.4.1. Generalidades	138
5.2.4.2. Planeamento e Regulamentação	139
5.2.4.3. Informação e Compromisso Cívico	140
5.2.4.4. Instrumentos Financeiros	141
5.3. CONSTRUÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS	141
5.3.1. ESTRATÉGIAS A SEREM CONSIDERADAS NA ELABORAÇÃO DE UM PROJETO SUSTENTÁVEL	141
5.3.2. ESTRATÉGIAS ENERGÉTICAS	142
5.3.3. ESTRATÉGIAS VISANDO O USO EFICIENTE DE ÁGUA	145
5.3.4. ESTRATÉGIAS VISANDO O USO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS	147
 6. CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	 149
6.1. CONCLUSÃO FINAL	149
6.2. CONCLUSÃO SOBRE O MODELO DE ESTUDO	150
6.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	150
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 151
 ANEXOS	 159

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1 – Crescimento populacional ao longo do período 1750 – 2100 [1].....	5
Fig. 2.2 – Plataforma petrolífera [2]	6
Fig. 2.3 - Fontes emissoras de poluição para a atmosfera [3]	7
Fig. 2.4 - Diversos cenários de temperaturas para o futuro [1]	8
Fig. 2.5 - <i>Oxford Ecohouse</i> [4].....	9
Fig. 2.6 - Ciclo gerado pelos sistemas de ar condicionado [5].....	9
Fig. 2.7 - Evolução da procura de energia [6]	10
Fig. 2.8 - Pilares da sustentabilidade – objetivos [8]	11
Fig. 2.9 - Cimeira Rio+20 [9].....	14
Fig. 2.10 - Organizações não lucrativas com fins sustentáveis [10, 11]	15
Fig. 2.11 - Cidade Sustentável: incentivo a transportes não poluentes [12]	16
Fig. 2.12 - Edifício de carácter sustentável [13]	17
Fig. 2.13 - Parede de adobe [15]	18
Fig. 2.14 - Parede de taipa [14]	18
Fig. 2.15 - Blocos de <i>Cannabric</i> [16]	19
Fig. 2.16 - Parede exterior de pedra natural [17]	19
Fig. 2.17 - Parede em palha, <i>Nebraska</i> [14].....	20
Fig. 2.18 - Parede em palha, pilares e vigas [14].....	20
Fig. 2.19 - Construção em palha [14]	21
Fig. 2.20 - Forest Stewardship Council (FSC), Certificação de Madeiras [18].....	22
Fig. 2.21 - Construção em Madeira [19]	22
Fig. 2.22 - Estrutura em bambú [20].....	23
Fig. 2.23 - Parede em blocos cerâmicos (Tijolos) [21]	24
Fig. 2.24 - Bloco de Termoargila [14]	25
Fig. 2.25 - Jardins Verticais, Interior e Exterior [14]	25
Fig. 2.26 - Soluções de caixilharias: madeira, alumínio e PVC [22]	26
Fig. 2.27 - Pavimento em madeira: várias soluções de mercado [23]	27
Fig. 2.28 - Pavimento em Cortiça [24]	28
Fig. 2.29 - Pavimento em Linóleo [25].....	28
Fig. 2.30 - Pavimentos em <i>Madertec</i> (esquerda) e em <i>Ston-ker Ecológico</i> (direita) [26]	29
Fig. 2.31 - Solstício de Inverno (cima) e Verão (baixo) e variação da radiação solar [27]	30

Fig. 2.32 - Transferência de calor numa superfície através da radiação solar [28].....	31
Fig. 2.33 - Estufas anexadas a uma habitação com procura da orientação favorável [14].....	32
Fig. 2.34 - Paredes de Trombe (modo de funcionamento) [31].....	33
Fig. 2.35 - Pontes Térmicas num edifício [14].....	34
Fig. 2.36 - Materiais Utilizados como Isolantes Térmicos [14].....	34
Fig. 2.37 - Pátio interior: Modo de Funcionamento [14].....	36
Fig. 2.38 - Evapotranspiração através de plantas [14]	36
Fig. 2.39 - Sombreamento através do controlo de paisagem [27]	37
Fig. 2.40 - Espelho de água [14]	37
Fig. 2.41 - Ventilação cruzada (simplificação) [32]	38
Fig. 2.42 - Efeito de chaminé num edifício [33].....	38
Fig. 2.43 - Palas Horizontais e sua ação de proteção [14]	39
Fig. 2.44 - Solução de iluminação natural de grande escala de uma moradia [14].....	40
Fig. 2.45 - Claraboias. Secção de Construções, DEC [Foto do Autor].....	40
Fig. 2.46 - Tubo Solar e seu Modo de Funcionamento[14].....	41
Fig. 2.47 - Janelas basculantes [34]	41
Fig. 2.48 - Fotovoltaicos [35].....	42
Fig. 2.49 - Constituição de um fotovoltaico [37]	43
Fig. 2.50 - Modo de Funcionamento de uma Célula Fotovoltaica [39]	44
Fig. 2.51 - Carta Solar do Porto [40]	44
Fig. 2.52 - Coletor Solar [41]	45
Fig. 2.53 - Energia Solar Térmica [44]	46
Fig. 2.54 - Circulação em Termossifão [43]	46
Fig. 2.55 - Circulação Forçada [43]	47
Fig. 2.56 - Circulação Forçada [43]	47
Fig. 2.57 - Energia Eólica em Telhados [46]	48
Fig. 2.58 - Energia eólica por mastro [47]	49
Fig. 2.59 - Energia Geotérmica Horizontal e Vertical [27].....	50
Fig. 2.60 - Energia Geotérmica Vertical (modo de funcionamento) [14].....	50
Fig. 2.61 - Piso Radiante [48].....	51
Fig. 2.62 - Aquecimento a Pellets [49]	52
Fig. 2.63 - Caldeira Elétrica [50].....	52
Fig. 2.64 - Caldeira de Condensação de Gás [51].....	53

Fig. 2.65 - Caldeira Combi, (pormenor) [14].....	53
Fig. 2.66 - Lâmpada de tecnologia LED [52].....	55
Fig. 2.67 - Esquema de Domótica aplicada à Iluminação[14].....	56
Fig. 3.1 - Etapas do Processo Construtivo [54].....	57
Fig. 3.2 - As três fases do Processo Construtivo: Projeto, Execução da Obra e Utilização [Diagrama do Autor]	58
Fig. 3.3 - Logótipo BREEAM [55]	62
Fig. 3.4 - Ponderação das áreas de avaliação para edifício de habitação [56]	62
Fig. 3.5 - Logótipo LEED [59]	63
Fig. 3.6 - Categorias de avaliação e ponderação (%) [60]	64
Fig. 3.7 - Níveis de certificação LEED [61].....	65
Fig. 3.8 - Logótipo LiderA [63]	65
Fig. 3.9 - Organização do método LiderA: vertentes e áreas em avaliação [62]	66
Fig. 3.10 - Níveis de desempenho sustentável [63]	66
Fig. 3.11 - Acompanhamento do método nas diferentes fases do Empreendimento [62]	66
Fig. 3.12 - Logótipo SBTool-pt [64].....	67
Fig. 3.13 - Procedimento de avaliação SBTool-pt [66].....	68
Fig. 3.14 - Níveis de desempenho sustentável SBTool-pt [66]	68
Fig. 3.15 - Etapas consideradas no processo construtivo de um edifício, adaptado de [8].....	70
Fig. 3.16 - Fases do Ciclo de vida de um produto; trocas energéticas com o planeta [69]	71
Fig. 3.17 - Resultado de ACV de um edifício para as diversas fases do ciclo de vida [8]	72
Fig. 3.18 – Resultado de ACV para os diversos sistemas construtivos de um edifício [8]	73
Fig. 3.19 - Custos previstos no CCV [67]	74
Fig. 3.20 - Dados Gerais das Soluções em comparação [71].....	75
Fig. 3.21 - Análise técnico-Económica de duas soluções construtivas [71].....	75
Fig. 3.22 - Resultado da LCC para o Indicador de Poluição entre Solução Sustentável (Branco) e uma Solução Tradicional (Rosa) [8]	77
Fig. 3.23 - Resíduos de Construção Civil [72].....	78
Fig. 3.24 - Hierarquia da utilização ideal dos materiais de construção civil [Fig. do Autor]	80
Fig. 3.25 - Máxima dos 3 R, logótipo [73].....	80
Fig. 3.26 - Edifício Reabilitado [2].....	84
Fig. 3.27 – Controlo de desperdício – gestão da água [75]	87
Fig. 3.28 - Níveis de Escassez de Água no Globo [76].....	87
Fig. 3.29 - Desigualdade no Acesso a Água Potável [77]	88

Fig. 3.30 - Logótipo da ONG Water Aid [78]	88
Fig. 3.31 - Distribuição do uso da água no Mundo, Países Desenvolvidos, Países em Desenvolvimento [79].....	90
Fig. 3.32 - Mictórios Com Aproveitamento de Água [80]	92
Fig. 3.33 - Aproveitamento da Água da Chuva para Rega de Jardins [14]	93
Fig. 3.34 - Aproveitamento da Água da Chuva e Coleta em Tanque Interior [14].....	94
Fig. 3.35 - Aproveitamento da Águas de Sabão e posterior Tratamento no sistema AquaCycle [14], [81].....	94
Fig. 4.1 - Efficiency House Plus with Electromobility – Apresentação [83]	95
Fig. 4.2 - EHPE – Características [84]	96
Fig. 4.3 - EHPE - Alçado Norte [85]	97
Fig. 4.4 - Fluxos Energéticos existentes nos vários tipos de casas [84]	98
Fig. 4.5 - Planta do Local de Implementação da Casa [87]	100
Fig. 4.6 - Corpo da casa e respetiva identificação das suas 3 zonas distintas: pública, núcleo en., privada [84].....	101
Fig. 4.7 - Zona de Recarregamento de Veículos por Indução e Informação para o Público por Ecrã Touchscreen [85].....	101
Fig. 4.8 - Corte Longitudinal da Casa (A-A) [84]	102
Fig. 4.9 - Planta do piso do R/C e suas várias utilizações (lazer, sala de conferências e <i>open space</i>) [84].....	102
Fig. 4.10 - Planta do Piso Superior [84]	101
Fig. 4.11 - Distribuição Espacial do Interior da EHPE [84]	103
Fig. 4.12 - Esquema Estrutural da Casa [84]	103
Fig. 4.13 - Fachada Oeste da Casa (Entrada) [85]	104
Fig. 4.14 - Fachada Este da Casa (Traseiras) [85]	104
Fig. 4.15 - Fachada Norte da Casa [85].....	105
Fig. 4.16 - Constituição da Cobertura [84]	106
Fig. 4.17 - Constituição da Laje Intermédia [84]	106
Fig. 4.18 - Constituição da Laje do Piso Térreo [84].....	106
Fig. 4.19 - Constituição da Parede Exterior [84]	107
Fig. 4.20 - Constituição da Parede Exterior [84]	107
Fig. 4.21 - Área Técnica da EHPE [84]	108
Fig. 4.22 - Funções da Bomba de Calor e FV na EHPE [84].....	108
Fig. 4.23 - Bomba de Ar-Água-Calor utilizada na casa [88].....	110
Fig. 4.24 - Necessidades Energéticas da EHPE [84]	111

Fig. 4.25 - Produção Energética das Células FV da EHPE [84]	111
Fig. 4.26 - Painéis Fotovoltaicos na Cobertura da Casa [85]	112
Fig. 4.27 - Esquema de Funcionamento dos Fluxos Energéticos e de Aquecimento da Casa [84] ...	113
Fig. 4.28 - Sistema de Controlo e gestão da Energia – Domótica [84]	113
Fig. 4.29 - Distribuição de tubagens na EHPE [84]	114
Fig. 4.30 - Determinação dos fluxos de energia no abastecimento elétrico da casa (Pontos de Medição) [84]	114
Fig. 4.31 - Determinação dos fluxos de energia no sistema de aquecimento da casa [84]	115
Fig. 4.32 - Esquema de Ventilação utilizado na Casa [84]	116
Fig. 4.33 - Esquema de Iluminação prevista na EHPE [84]	117
Fig. 4.34 - Recarga Elétrica Através de Condução [89]	118
Fig. 4.35 - Recarga Elétrica Através de Indução [90]	118
Fig. 4.36 - Recarga Elétrica Através de Indução na EHPE [91]	119
Fig. 4.37 - Alguns Materiais Utilizados na EHPE [84]	120
Fig. 5.1 - Comparação dos vários modelos de crescimento [92]	125
Fig. 5.2 - Cidade Sustentável [93]	126
Fig. 5.3 - Distribuição de Emissões de CO ₂ a Nível Mundial [96]	129
Fig. 5.4 - Transição para um sistema de Transportes mais sustentável [92]	129
Fig. 5.5 - Metro do Porto [97]	130
Fig. 5.6 - Ciclovía [98]	130
Fig. 5.7 - Bicicletas Comunitárias sob aluguer em Milão [99]	131
Fig. 5.8 - Parques de Abastecimento Elétrico para Veículos [100]	131
Fig. 5.9 - Distribuição do Consumo de Água em Portugal por Setor [103]	135
Fig. 5.10 - Distribuição Geográfica do Consumo de Água em Portugal [104]	136
Fig. 5.11 - Desperdícios de Água por Setor em Portugal [103]	136
Fig. 5.12 - Resíduos Urbanos Sólidos (kg/habitante) [105]	137
Fig. 5.13 - Volume de Reciclagem (em toneladas) de 2009 e 2010 [106]	137
Fig. 5.14 - Redes Inteligentes numa Cidade [107]	138
Fig. 5.15 - Criação de Estratégias Sustentáveis numa Cidade [92]	139

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 - Vantagens e desvantagens do uso de pedra natural [14]	19
Quadro 2.2 - Origem das madeiras mais usadas na construção civil [14].....	21
Quadro 3.1 - Estratégias Verdes na Fase de Projeto; adaptado de [5]	58
Quadro 3.2 - Estratégias Verdes na Fase de Execução de Obra, adaptado de [5]	60
Quadro 3.3 - Estratégias Verdes na Fase de Utilização do edifício, adaptado de [5]	60
Quadro 3.4 - Classificação BREEAM [57].....	63
Quadro 3.5 - Classificação LEED [57]	64
Quadro 3.6 - Avaliação da sustentabilidade SBTool-pt [65]	67
Quadro 3.7 - Vantagens e Desvantagens do LCC [8].....	76
Quadro 3.8 - Potencial de Reciclagem [74]	83
Quadro 3.9 - Deficit Global de Água [1]	89
Quadro 3.10 - Consumo de Água Geral num País Desenvolvido (ex.: Reino Unido) [1]	90
Quadro 3.11 - Consumo de Água numa Residência em País Desenvolvido (ex.: Reino Unido) [1]	90
Quadro 3.12 - Áreas de dependência de água [1]	91
Quadro 3.13 - Medidas de Preservação da Água, adaptado de [1].....	92
Quadro 4.1 - Funções da Tecnologia utilizada na EPHE [84]	108
Quadro 4.2 - Características e dados da bomba de calor [84]	109
Quadro 4.3 - Áreas da EHPE [84]	109
Quadro 4.4 - Características e dados das células fotovoltaicas [84]	110
Quadro 4.5 - Características sustentáveis de alguns dos materiais utilizados na EHPE [84].....	120
Quadro 5.1 - Comparação do custo de investimento entre urbanização em cidade desenvolvida e uma outra cidade em desenvolvimento, Adaptado de [92]	127
Quadro 5.2 - Custos e benefícios de investimento de mobilidade sustentável num cidade [92]	132
Quadro 5.3 - Volume de eletricidade gerado em Portugal e respetivas fontes [101]	133
Quadro 5.4 - Volume de eletricidade consumido em Portugal por setores [101]	134
Quadro 5.5 - Estratégias de Planeamento e Regulamentação em Centros Urbanos, adaptado de [92]..	139
Quadro 5.6 - Estratégias para Informação e Compromisso Cívico em Centros Urbanos, adaptado de [92].....	140
Quadro 5.7 - Estratégias Financeiras de apoio ao Desenvolvimento Sustentável em Centros Urbanos, adaptado de [92]	141
Quadro 5.8 - Considerações a ter em conta em fase de Projeto numa Obra de Construção Civil, adaptado de [108]	142

Quadro 5.9 - Medidas sustentáveis ao nível da eficiência energética, adaptado de [108].....	143
Quadro 5.10 - Medidas sustentáveis ao nível da eficiência hídrica, adaptado de [108].....	146
Quadro 5.11 - Critérios de Seleção de Materiais de Construção Civil, adaptado de [108], [109], [110], [111].....	147

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CO₂ - dióxido de carbono

°C – graus Celsius

Kg – quilograma

MJ – megajoules

m - metro

λ - condutibilidade térmica [W/m.K]

EI – energia incorporada [MJ/kg]

K - coeficiente de transmissão térmica [W/m²°K]

V – Volt

Hz – Hertz

L - litros

AVAC – aquecimento, ventilação e ar condicionado

CNUAD – conferência das nações unidas sobre ambiente e desenvolvimento

LPN – Liga para a Proteção da Natureza

BCSD – Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável

A21L – Agenda 21 Local

PDM – Plano Diretor Municipal

FSC – Forest Stewardship Council

PVC – cloreto de polivilina

LED – light-emitting diode

SCC – Secção de Construções Cíveis

ACV – análise ciclo de vida

CCV – custo de ciclo de vida

EHPE – Efficiency House Plus with Electromobility

BMS – Building Management System

UNEP – United Nations Environment Programme

TEEB – The Economics of Ecosystems and Biodiversity

INAG – Instituto da Água

SPV – Sociedade Ponto Verde

GEE – gases de efeito de estufa

ANQUIP – Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

COV – Compostos Orgânicos Voláteis

1

INTRODUÇÃO

1.1. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho pretende ilustrar a situação de deterioração ecológica em que se encontra o planeta e o contributo que a construção civil tem tido para a evolução negativa dos fatores ambientais. Mais do que uma constatação, o âmbito deste trabalho é realçar as oportunidades que a construção civil oferece no desenvolvimento de novos edifícios como uma oportunidade de contribuir para uma evolução mais sustentável. Uma vez que a construção é um dos setores que mais contribui para a degradação da Natureza, neste trabalho evidenciam-se as oportunidades de desenvolver novas tecnologias que contribuam para o sucesso de uma nova construção verde, diminuindo os impactos ambientais.

Desta forma, neste trabalho será exposto todo um conjunto de soluções construtivas que podem contribuir para o caminho de sustentabilidade necessário ao panorama construtivo atual.

Nesta dissertação é ainda realizada uma análise do ciclo de vida dos edifícios e seus componentes, assim como as vantagens associadas a esta avaliação sob o ponto de vista da sustentabilidade. Diferentes visões do desempenho de edifícios serão apresentadas assim como os sistemas de avaliação associados.

O projeto do edifício de habitação denominado “*Efficiency House Plus with Electromobility*” é o caso de estudo que surge neste trabalho, servindo de modelo para o restante tecido residencial no que respeita à adoção de práticas sustentáveis na conceção de um novo edifício ou na intervenção de um edifício existente.

Outro dos objetivos é também organizar uma série de regras práticas que visam a sustentabilidade de edifícios passíveis de serem adotadas na construção em Portugal, considerando as condicionantes técnico-económicas e características da construção portuguesa. Todas essas recomendações terão em conta a situação económica, tecnológica e social do país.

1.2. ENQUADRAMENTO

É sabido que a população mundial tem crescido exponencialmente até aos dias correntes, com previsão de um crescimento ainda maior nos anos que se avizinham. Ao mesmo tempo esta mesma população é cada vez mais exigente sob o ponto de vista energético, pelo que o planeta é alvo de um esforço cada vez maior no sentido de sustentar estas necessidades. As novas tecnologias deveriam permitir ao Homem tirar partido dos produtos anteriormente produzidos gerando menos impactos negativos sobre o ambiente. Isto é, obter a mesma qualidade de vida sem prejudicar ao mesmo nível os recursos naturais. Este é o conceito que está implicitamente ligado ao desenvolvimento sustentável. No entanto o consumo de energia segue a tendência de crescimento populacional, ou seja, o

desenvolvimento tecnológico pode ainda não estar a acompanhar devidamente as necessidades da sociedade.

Ainda assim, e ao longo dos últimos anos, verifica-se uma certa tendência do mercado da construção para adoção de técnicas construtivas sustentáveis em busca de um equilíbrio entre a construção e a natureza. Esta é uma consequência de muitos anos de construção descontrolada no que respeita a normas ambientais.

Decorria a década de 70, quando os primeiros sinais de esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. Instalou-se, conseqüentemente, uma crise que levou a um aumento significativo do preço do petróleo. Desta forma a escassez prevista para o uso do petróleo obriga a especulações de preços e, ao mesmo tempo, a um esforço de desenvolvimento de outras tecnologias como forma de o substituir parcial ou até totalmente.

Adicionalmente, nos anos 80 surgiu outro choque com o qual a população mundial teve que lidar: o aquecimento global. Surgiu a temática do efeito de estufa, que resulta de uma redução da camada de ozono na atmosfera, por acumulação de gases cada vez mais intensos provenientes da atividade humana. O principal gás responsável pelo efeito de estufa é o Dióxido de Carbono (CO₂), cujas emissões resultam em 50% dos edifícios.

Não obstante, apesar de um conjunto de advertências mundiais estas não tiveram grande influência no planeamento da construção mundial nos anos imediatos, já que a sociedade não se consciencializou desta realidade preocupante. A construção continuou a seguir um rumo que não teve em conta as considerações. Apesar de não ser maioritário surgiram vários movimentos para uma construção sustentável. O facto de os edifícios consumirem mais de metade de toda a energia usada nos países desenvolvidos, além de produzirem também cerca de metade dos gases nocivos ao planeta, motivou os mais interessados a desenvolver edifícios com menores consumo energéticos e impactos ambientais, surgindo as primeiras *Eco Houses*.

Estas soluções usam essencialmente uma fonte de energia renovável e inesgotável: o sol. A tecnologia solar adotada em edifícios de habitação permite reduções significativas quer no consumo, quer na poluição atmosférica que causam. Para além da energia solar existem também outras técnicas que permitem alcançar objetivos semelhantes, que serão desenvolvidas neste trabalho. Apesar de algumas companhias/empresas desenvolverem projetos cada vez mais sustentáveis, regista-se ainda uma certa relutância e resistência para uma mudança rápida e eficaz no sentido de tornar as edificações habitacionais o mais sustentável possível e com isso reduzir a pegada ecológica causada pela construção.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta tese terá como base uma pesquisa bibliográfica extensa e será do tipo monográfica, pelo que não será aplicada/estudada qualquer componente prática nem de análise laboratorial.

Em termos de organização do trabalho, este será dividido em seis capítulos.

A primeira parte será dedicada a um enquadramento histórico associado aos problemas causados no planeta pela atividade humana e pelos avanços tecnológicos. Esta deterioração da qualidade do planeta em prol de uma qualidade de vida superior individual e coletiva nos países desenvolvidos, acarreta problemas de índole climática, qualidade do ar e ainda problemas de saúde. Entre outros fatores, entra também o crescimento da população que contribui também no mesmo sentido.

O segundo capítulo debruça-se sobre o panorama construtivo existente e a temática de sustentabilidade. É feita uma referência ao seu surgimento e as condicionantes que levaram à implementação de práticas sustentáveis na construção atual. Serão ainda apresentadas técnicas e soluções construtivas que contribuem para uma eficiência energética de desempenho superior na construção habitacional.

No terceiro capítulo é desenvolvido um campo de análise projetual, onde se pretende determinar as ações capazes de diminuir a pegada ecológica na construção durante a fase de projeto. Serão apresentados vários métodos de avaliação do desempenho ambiental dos edifícios assim como a análise ciclo de vida e custos de ciclo de vida. A gestão dos resíduos na construção é também explanada neste capítulo, onde surgindo os conceitos de reciclagem de materiais, gestão de água, entre outros.

O quarto capítulo analisa de forma aprofundada de uma *Eco House* localizada em Berlim, Alemanha: a *Efficiency House Plus with Electromobility*. Dá-se atenção detalhada a todo o processo construtivo, desde a fase de projeto, passando pela execução e conclusão da obra. Aspectos como a gestão energética, arquitetura sustentável dos principais elementos, materiais, ciclos de vida associados, desempenho sustentável tecnológico, etc., serão desenvolvidas pormenorizadamente para uma percepção completa do que é possível realizar nos dias de hoje e ainda uma nota conclusiva sobre a necessidade cada vez maior da adoção destas técnicas construtivas.

O quinto capítulo terá uma índole não de desenvolvimento de técnicas mas sim uma apresentação muito prática e sucinta de condutas sustentáveis para a construção portuguesa em geral. Falar-se-á, portanto, energias solares, águas, materiais, etc. Será uma adaptação do que foi descrito em capítulos anteriores à realidade da construção em Portugal.

O último capítulo terá um carácter essencialmente conclusivo de todo o trabalho desenvolvido nesta dissertação onde evidenciará com clareza as vantagens da utilização destas regras práticas de sustentabilidade na construção.

2

ENQUADRAMENTO DA SUSTENTABILIDADE NO PANORAMA CONSTRUTIVO ATUAL

2.1. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

2.1.1. CRESCIMENTO POPULACIONAL

A evolução da construção tem acompanhado a emancipação no número de indivíduos no mundo. O crescimento populacional segue uma tendência exponencial (Fig. 2.1) sendo, por isso o número de pessoas cada vez maior sobretudo nos países em desenvolvimento e subdesenvolvidos. Outro dos problemas registados é a existência de uma população cada vez mais idosa nos países desenvolvidos dada a evolução das tecnologias na área da saúde. Este aumento significativo traduz-se numa qualidade de vida cada vez melhor das populações tendo como principal ação intrínseca uma maior exigência de recursos ao planeta e consequentemente um impacte ambiental acrescido.

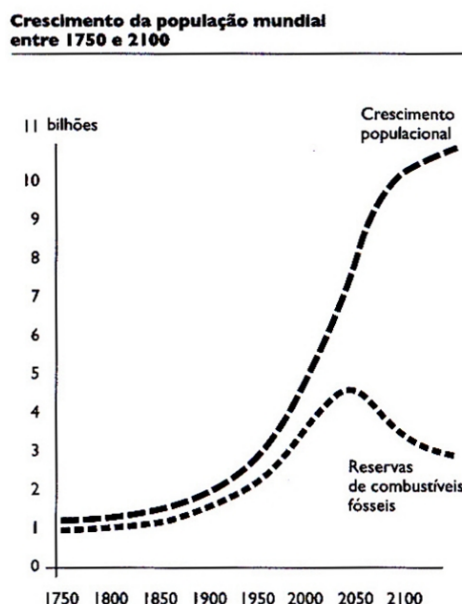


Fig. 2.1 – Crescimento populacional ao longo do período 1750 – 2100 [1].

A população mundial aumentou mais de duas vezes desde a década de 50 do século passado, atingindo os 7 bilhões de habitantes em Outubro de 2011. A Fig. 2.1 demonstra este comportamento exponencial de crescimento da população até ao presente, incluindo ainda uma projeção de como evoluirá a população até ao ano de 2100. Na mesma figura é possível observar a relação entre este crescimento e a existência das reservas naturais de combustíveis fósseis. Este segundo tema será analisado no ponto 2.1.2.

Ao mesmo tempo que a população evolui, também a economia cresce significativamente. Desde os anos 50 que a economia quintuplicou, apresentando resultados de crescimento impressionantes, apenas abrandados pelas crises económicas que ocorreram e ainda ocorrem atualmente. Estes dados traduzem-se em importantes alterações, conduzindo a maiores necessidades de acesso a recursos naturais e às atividades construtivas com efeitos ambientais que importa salientar.

Com este enquadramento percebe-se que os recursos disponíveis pelo planeta não são infinitos e que se regista um esforço cada vez mais acentuado para sustentar o crescimento quer da população, quer o seu nível vida nos países desenvolvidos (essencialmente).

2.1.2. CRISE PETROLÍFERA

Um dos fatores que mais influencia a procura por uma construção mais sustentável é o esgotamento dos combustíveis fósseis. Os edifícios são responsáveis por mais de metade de todo o consumo de energia a nível de países desenvolvidos. Ora, como a energia mais utilizada nos dias de hoje é ainda proveniente dos combustíveis fósseis, verifica-se uma dependência direta entre consumo e fornecimento de petróleo (Fig. 2.2), a forma mais comumente utilizada de combustíveis fósseis. Estes podem apresentar-se sob três formas: petróleo, gás e carvão.

Em meados da década de 70 do século passado instalou-se a primeira crise dos mercados petrolíferos. Surgiu com o facto de as primeiras projeções efetuadas por “futuurologistas” apontarem para uma escassez próxima das reservas de petróleo. Assim, e de acordo com o que foi calculado na época apenas haveria petróleo para os 30 anos seguintes. Esta especulação fez agitar os mercados petrolíferos e, conseqüentemente aumentar em muito o preço deste combustível.



Fig. 2.2 – Plataforma petrolífera [2].

Com os elevados preços apresentados pelos mercados dos combustíveis, sentiu-se necessidade de optar por outra via de abastecimento energético, pelo que a mudança para o campo da fonte energética da eletricidade parecia o mais correto e de caráter mais sustentável. Assim, e com alguma naturalidade surgiram os primeiros projetos de casas sustentáveis. Este movimento, denominado “Movimento da Casa Solar”, tinha como principal objetivo a construção de edifícios habitacionais unifamiliares que, na sua vida útil, usassem a energia limpa e reciclável do Sol. Estas primeiras tentativas de construção sustentável usaram a energia solar passiva e sistemas de aquecimento solar da água. Estas técnicas estabeleceram as bases nas quais iriam assentar as futuras inovações tecnológicas para as casas sustentáveis do futuro, os edifícios verdes (desenvolvido no ponto 2.3).

2.1.3. MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Nos anos 80 outro grande choque surgiu na sociedade: as mudanças climáticas. De repente e sem qualquer precedente, procedeu-se ao estudo da sanidade da camada de Ozono e concluiu-se que os valores obtidos eram demasiado baixos. Além disso, verificou-se o aumento substancial dos gases que geram o efeito de estufa. Isto fez com que as advertências a nível mundial fossem reais e alarmantes a curto prazo. Para melhor ser possível entender este fenómeno e a sua relação com a construção é de salientar que o principal gás que provoca o efeito de estufa é o CO₂ e a principal entidade emissora de CO₂ na atmosfera são os edifícios, cerca de 50% como já foi referido (Fig. 2.3).



Fig. 2.3 – Fontes emissoras de poluição para a atmosfera [3].

Se a produção de gases de efeito de estufa mantiver este ritmo, previsões efetuadas pelo *National Weather Service* (Estados Unidos da América), apontam para impactos significativos no ambiente e que por volta do ano de 2080 incluirão as seguintes alterações:

- aumento de 3^oC nas temperaturas médias globais, comparativamente às registadas em 1990 (Fig. 2.4);
- desflorestação das florestas tropicais e pastagens, com consequente perda de absorção de CO₂;
- redução significativa dos índices pluviométricos na Austrália, Índia, África do Sul, e na maioria dos continentes sul-americano, europeu e zona do Médio Oriente. Já os aumentos serão indicados para a América do Norte, Ásia e África Central;
- subida do nível do mar de cerca de 40 cm relativamente ao seu nível atual, com uma estimativa de um crescimento de 13 milhões de pessoas diretamente afetadas atualmente com inundações para 94 milhões em 2080;

- por último e não menos importante, seguem-se os impactos na saúde que serão gerais e muito diversos. Por volta do ano de 2080 estima-se que mais 290 milhões de pessoas estarão sob risco de malária com maior incidência na Ásia Central e China. Menos pessoas irão morrer no inverno nas cidades temperadas e mais pessoas irão perder a vida na estação de aquecimento, devido a problemas relacionados com o calor. Outro dos problemas de saúde mais importantes a salientar, é a taxa de cancro de pele, que irá disparar nos próximos anos. A título de curiosidade, em 1935 nos EUA a probabilidade de ter cancro de pele eram de 1 em 1500, sendo que no ano 2000 essa probabilidade aumentou para 1 em 75 [1].

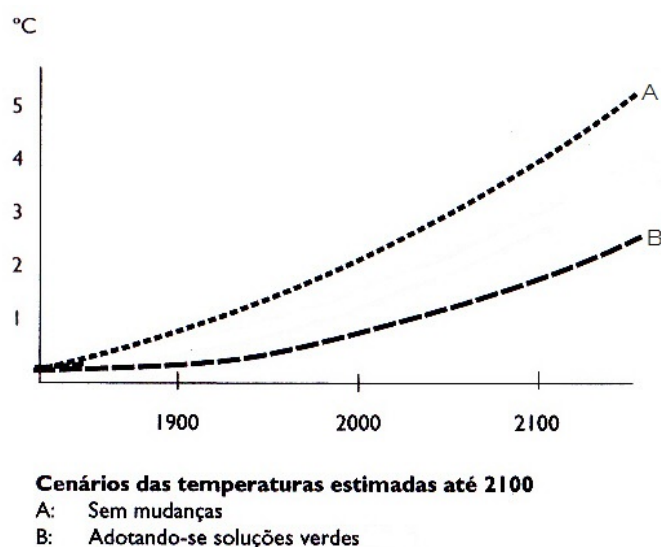


Fig. 2.4 – Diversos cenários de temperaturas para o futuro [1].

O número de impactos causados pela poluição é naturalmente impossível de enumerar na totalidade, pois a cada dia que passa ocorre uma alteração diferente no ecossistema provocada pela emissão de gases.

2.1.4. NECESSIDADE DE MUDANÇA – SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1.4.1. Generalidades

Os edifícios como principais causadores de emissões de gases de efeitos de estufa são primordialmente os alvos sobre os quais “medidas de austeridade ambientais” devem ser introduzidas. A diversidade de edifícios e a adaptação ao meio em que estão inseridos pode ser uma vantagem aquando da sua intervenção.

Um relatório relativamente recente efetuado pela Comissão sobre a Poluição Ambiental no Reino Unido afirma que se desejarmos tentar estabilizar as mudanças climáticas, será necessário introduzir cortes de cerca de 60% em todas as emissões de CO₂, ou seja, por exemplo usar menos 60% da energia para se manter uma casa com o mesmo desempenho do que é atualmente registado [1]. Apesar de ser um número aparentemente elevado, é possível alcançar este objetivo com algumas medidas tecnológicas aproveitando essencialmente a energia do sol e outras que à frente serão tratadas. Estas

inovações que contribuem para uma construção sustentável oferecem o estatuto de *Ecohouse* aos edifícios.



Fig. 2.5 – *Oxford Ecohouse* [4].

A título de exemplo é possível mencionar a *Oxford Ecohouse* (Fig. 2.5), uma casa com carácter sustentável que emite cerca de 140kg de CO₂ por ano, enquanto que outra de tamanho similar na mesma região produz em média 6500kg [5]. Isto justifica-se pelo facto de a *Oxford Ecohouse* funcionar essencialmente com energia solar renovável. Isto demonstra o quão importantes são as tecnologias solares para um estilo de vida mais eficiente ecologicamente.

Contudo, nos dias de hoje, a solução mais rápida e fácil não é fazer das habitações um abrigo mais eficaz contra o aquecimento global, nem tão pouco adotar tecnologias solares, mas sim instalar sistemas de ar condicionado (AVAC), que são elementos chave no círculo vicioso que gera o referido fenómeno (Fig. 2.6).

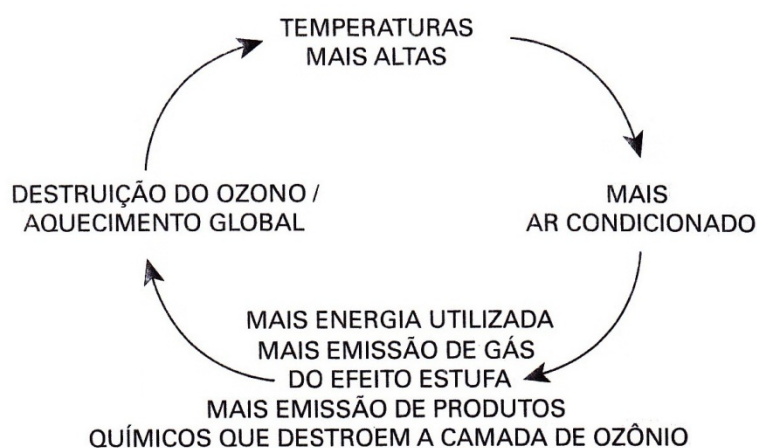


Fig. 2.6 – Ciclo gerado pelos sistemas de ar condicionado [5].

Entre todas as tecnologias, os sistemas AVAC representam a principal causa de emissões de gases de efeito de estufa. Os Estados Unidos da América, país que representa apenas 4% da população mundial, regista uma produção de 25% de CO₂ de todo o planeta e 40% de toda a energia nacional produzida vai diretamente para uso em sistemas de ar condicionado [6]. Estamos perante um valor astronómico que tem forçosamente que mudar. A mentalidade de gerar um microclima interno das habitações independente do externo diminui em muito a eficiência energética cada vez mais pretendida nos dias de hoje.

Outra problemática associada à construção atual é o facto de os edifícios possuírem uma grande área de vidro na sua envolvente exterior. Este gera superaquecimento e, conseqüentemente, um desconforto interno extremo ou obrigue à instalação de um sistema AVAC [5, 6].

2.1.4.2. Um olhar sobre o futuro

Estima-se que a procura de energia continue a crescer exponencialmente no futuro. Por isso a companhia petrolífera Shell publicou um estudo efetuado na década de 90, que ainda hoje se mantém atual, e que faz previsões da procura energética até ao ano de 2060.

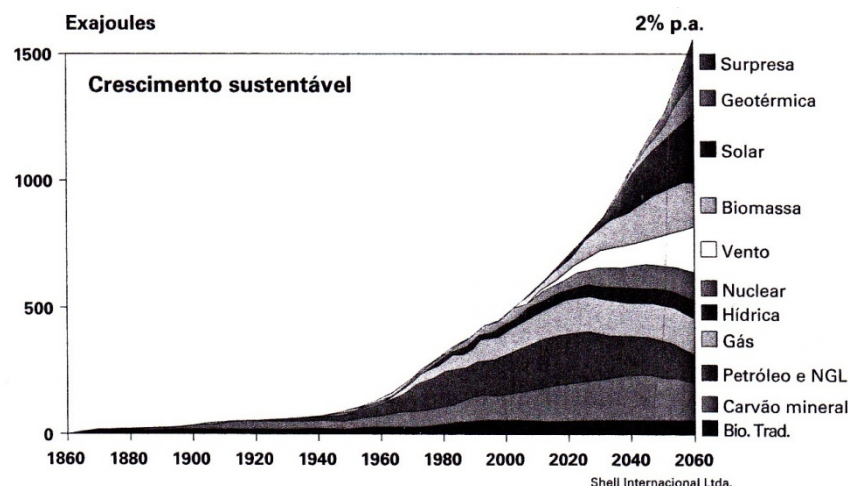


Fig. 2.7 – Evolução da procura de energia [6].

Pela análise da Fig. 2.7 é possível observar o referido crescimento da procura, enquanto que as fontes de combustível convencionais como petróleo e gás natural seguem um caminho oposto de redução na sua produção. O diferencial é assegurado por energias renováveis como o vento e energia fotovoltaica (FV, energia elétrica solar). Foi a partir dos resultados tão expressivos que Shell e BP foram pioneiras no investimento massivo na produção e distribuição de fotovoltaicos [1].

2.2. SUSTENTABILIDADE

2.2.1. INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade existente desde a década de 70 é algo diferente do atual. O primeiro assentava numa lógica da sustentação da sociedade, optando por uma visão economicista, com um peso inferior no que diz respeito ao ambiente. Só no final da década de 80 se assume, de forma mais generalizada, o conceito de sustentabilidade [7], numa perspetiva de deixar o planeta com melhores condições de habitabilidade para as gerações futuras.

Esta é uma decisão que assenta essencialmente em bases filosóficas e políticas, não fundamentando qualquer base para tomada de decisões. No entanto, é possível retirar-se duas ideias principais: a da preservação dos recursos existentes e a da necessidade de programar o rumo da sociedade, conciliando esse aspeto com uma abordagem integrada dos problemas.

O conceito de desenvolvimento sustentável procura, acima de tudo, responder às necessidades presentes. A satisfação de necessidades humanas básicas, como a alimentação, a água potável e o

acesso à saúde podem estar condicionados por problemas ambientais graves [8]. Se este conceito está cada vez mais assente na sociedade, então a sua motivação ambiental visa reduzir o consumo de recursos, a produção de resíduos e preservar a função e a biodiversidade dos sistemas naturais. O objetivo é que o consumo de energia, água e materiais ocorra a uma taxa passível de ser renovada, ou seja, manter-se de forma indefinida e sem impactes ambientais significativos.

A contínua satisfação das necessidades humanas que é preciso considerar ao longo do tempo tem implicações na forma como os recursos são utilizados atualmente e no futuro. No entanto pretende-se cada vez mais que os impactos futuros sejam minimizados. Quer as atividades primárias, como a alimentação, quer as mais desenvolvidas tecnologicamente, das quais resultam os mais diversos produtos, têm impactes no ambiente. Dado que as atividades humanas dependem de um sistema maior, mas limitado, e que o uso dos recursos naturais é cada vez maior, a capacidade de regeneração do planeta está a ser excedida.

A satisfação das necessidades dos indivíduos nunca será conseguida sem um crescimento económico sustentado [8]. A consciência da capacidade do planeta comportar todas as atividades humanas e a procura de soluções para a resolução ou prevenção de problemas ambientais, terá obrigatoriamente que integrar políticas de desenvolvimento económico sustentável, garantindo que o ambiente não funciona como um entrave para a economia, mas antes como um estímulo para a mesma. No entanto, a satisfação das necessidades humanas não se resume apenas às necessidades básicas do ser humano, mas também a necessidades não vitais como é o caso da educação, lazer, indústria, entre outras. É aqui que surgem as questões sociais. Enquanto que nos países desenvolvidos as necessidades básicas e não só da maior parte dos indivíduos estão satisfeitas, existem outros nos quais isso ainda não acontece.

A reunião de todos os atores sociais é essencial para que diversos programas ambientais daí resultantes tenham sucesso. No entanto, se se registar uma não cooperação efetiva ou até ignorância entre eles, estes podem funcionar como barreiras à adoção de programas ambientais bem fundamentados, dos quais resultam custos elevados [8].

Assim é possível concluir que a sustentabilidade envolve o ambiente, a sociedade e a economia. É possível observar-se através da Fig. 2.8, os objetivos a que se propõem cada um dos pilares da sustentabilidade.



Fig. 2.8 - Pilares da sustentabilidade – objetivos [8].

No entanto o conceito de sustentabilidade comporta um conjunto de aspetos e limitações. A ideologia dos três “R” (reduzir, reutilizar e reciclar) tem implícita esta perspetiva assim como as questões de crescimento populacional, qualidade de vida, nível de vida e soluções tecnológicas que se assume estarem a ser contabilizadas, fazem naturalmente parte desta abordagem de sustentabilidade.

No entanto a sustentabilidade está limitada de acordo com a lei da natureza, que governa todos os sistemas naturais do planeta que são alvo de preservação e proteção, como as leis da física, termodinâmica, química e ecologia.

A tecnologia e o seu grau de desenvolvimento, ditam a forma como os recursos são extraídos, desenvolvidos e utilizados. Para além disso pode criar uma oportunidade para que a cada dia que passe, se consiga obter um uso mais eficiente dos mesmos, assim como fazer com que os impactes ambientais sejam minimizados.

Pretende-se que o caminho da sustentabilidade seja efetuado segundo padrões comportamentais proactivos, isto é, que a sociedade adote um estilo de vida sustentável não permanecendo na inércia que lhe é muito característica.

2.2.2. EQUILÍBRIO

Quando falamos em sustentabilidade, o que se pretende é otimizar o mais possível energia e também custos. Mas até que ponto é possível esta otimização? De que modo é que a qualidade de vida pode ser afetada por esta contenção de energia e custos? Uma análise detalhada do estilo de vida dos diferentes países poderá fornecer estes dados essenciais para o estudo dos limites da sustentabilidade. Pretende-se com isto achar o cenário mais realista possível que ofereça as condições de vida adequadas ao Homem. Este cenário poderá ser denominado como o de “boa qualidade de vida” que é mantido na Europa e restantes países desenvolvidos, onde o desenvolvimento da economia e tecnologias faz reduzir a intensidade do uso de materiais e também de energia. No entanto, nos países em desenvolvimento deve ser feito um esforço no sentido oposto numa fase inicial, para providenciar esta mesma “boa qualidade de vida”.

Por outras palavras, é necessário que haja uma rápida colaboração de países tecnologicamente mais evoluídos para com os restantes, de modo a que estes possam aceder ao mesmo nível de qualidade de vida dos primeiros.

Uma das principais problemáticas que afeta diretamente o equilíbrio sustentável é a evolução demográfica, já referida. Existem atualmente duas perspetivas antagónicas que tentam responder ao facto de o crescimento populacional conseguir ou não atenuar os mais diversos consumos do Homem. A primeira, que defende um ponto de vista antropocêntrico, refere que o Homem conseguirá adaptar-se e encontrar soluções para os seus problemas. A segunda afirma que o Homem está de facto em crescimento exponencial e, com isso, a desequilibrar e destruir o ecossistema em que está inserido.

A realidade encontra-se naturalmente entre as duas abordagens, sendo que é necessário que em cada situação extrema, se encontre um ponto de equilíbrio entre consumos e recursos, de forma a caminhar para recursos renováveis e não exceder a sua taxa de renovabilidade.

2.2.3. DIFERENTES ABORDAGENS DE SUSTENTABILIDADE

A procura da sustentabilidade visa assegurar os recursos numa visão a longo prazo, pelo que a gestão dos recursos deve ser vista para a atualidade e também para o futuro. Quanto à avaliação destes recursos engloba várias valências: económicas, sociais e naturais (onde encaixam as questões ecológicas – aspetos biológicos, materiais e energéticos).

Nesta procura de sustentabilidade e avaliação de recursos, considera-se que pode haver trocas entre recursos naturais e económicos [6]. Quando, para atingir a sustentabilidade, se registam perdas nos recursos naturais, então está a falar-se de sustentabilidade fraca, devido ao défice na componente natural. Por outro lado, para se atingir uma sustentabilidade forte, é necessário que se assegure que os recursos naturais melhorem, ou até se mantenham. O facto de se manterem é já por si só um grande passo para que o planeta fique menos sobrecarregado no que toca à exploração de recursos naturais.

Uma das definições mais interessantes do que contribui para um equilíbrio de sustentabilidade foi a da bióloga norte-americana Janine Benyus, que afirma que a natureza é a melhor referência para inovar e implementar soluções. Ao mesmo tempo regista o facto de ao longo da sua vida, Natureza e todos os sistemas naturais indexados assentam na evolução e os que sobrevivem correspondem às melhores soluções integradas nos respetivos habitats. Os fósseis existentes correspondem aos casos que não obtiveram sucesso. Desta forma, a bióloga advoga claramente o biomimetismo como referência de inovação e de mudança para as atividades humanas, assento nos seguintes princípios biomiméticos [6]:

- considerar os resíduos de toda a natureza como recurso;
- diversificar para uma utilização completa do habitat;
- utilizar energia de forma inteligente;
- otimizar em vez de maximizar;
- usar parcimoniosamente os materiais;
- não sujar o habitat onde está inserido;
- não desperdiçar recursos;
- respeitar o equilíbrio do ecossistema;
- não desperdiçar recursos;
- manter-se informado;
- fomentar o comércio local.

A abordagem biomimética das características naturais tem vindo a ser estudada para o desenvolvimento de alguns produtos e materiais da construção civil como é o caso da folha de lótus, com capacidade de autolimpeza nomeadamente na aplicação em novas tintas e telhas para estas se manterem limpas. Outro dos exemplos em estudo é o caso das teias de aranha que estão a ser perspectivadas para o desenvolvimento de novas estruturas [6].

Em termos práticos, estas perspetivas assumem que a sustentabilidade só é possível se houver uma grande aposta em soluções com menor intensidade de utilização de materiais e consumos de energia, menos afetação ecológica e, consequentemente menores impactos ambientais causados pelas estruturas edificadas.

2.2.4. PANORAMA INTERNACIONAL E NACIONAL

A temática do desenvolvimento sustentável é uma realidade cada vez mais presente nas agendas governamentais internacionais. Dada a evolução desta problemática, foi realizada em 1992, no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento – CNUAD - (vulgarmente designada por Cimeira da Terra) [1, 6].

Esta cimeira significou o despertar da sociedade para as questões ambientais, e teve como objetivo a tentativa de reconciliar o desenvolvimento económico com a proteção ambiental que até aí caminhavam em sentidos diversos. A presença de 117 chefes de estado demonstra o interesse a escala mundial em mudar o rumo dos acontecimentos. Desta cimeira resultaram várias aprovações entre as quais, as convenções da diversidade biológica e a do aquecimento global da Terra. A primeira obriga os Estados a proceder a um inventário das espécies de plantas e animais selvagens que são alvo de perigo de extinção no respetivo território, enquanto que a segunda obriga a que todas as nações reduzam as suas taxas de emissão de dióxido de carbono, metano e outros gases responsáveis pelo aumento do buraco da camada de ozono. Em suma, na Declaração do Ambiente e Desenvolvimento da Cimeira do Rio de Janeiro foram produzidos 27 princípios fundamentais como meio de salvar a Terra dos perigos provocados pelo desenvolvimento económico e, consequentemente, industrial. Apelava-se, portanto, à necessidade de manutenção de um equilíbrio entre esse desenvolvimento e os recursos de carácter não renovável do planeta [1, 6].

Ao mesmo tempo que estes documentos eram produzidos, alguns momentos de tensão foram registados entre os países mais desenvolvidos (Estados Unidos e ainda Europa Ocidental) e os mais pobres (África e América Latina e Médio Oriente). O conflito de interesses foi de facto um entrave a soluções mais rápidas e simples. Os países do sul mostraram alguma resistência à perspetiva de terem que travar o seu crescimento e desenvolvimento das suas economias em função dos valores de defesa do ambiente, a não ser que para tal fossem apoiados financeiramente pelos países do norte. Mas finalmente foi possível chegar a uma série de acordos. Contudo, na prática nem todos os países cumprem igualmente os princípios ecológicos estabelecidos na cimeira. Outras cimeiras foram realizadas no âmbito de reforçar algumas medidas estabelecidas em 1992 e ainda aferir os resultados de acordos realizados na mesma. As cimeiras seguintes realizaram-se em 1997 em Nova Iorque e a seguinte em 2002 em Joanesburgo. Este ano (2012) teve lugar uma outra Cimeira da Terra novamente no Rio de Janeiro (Cimeira Rio+20 - Fig. 2.9) onde dois grandes temas foram desenvolvidos:

- i. economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza;
- ii. quadro institucional para o desenvolvimento sustentável.



Fig. 2.9 – Cimeira Rio+20 [9].

Na Cimeira de 1992 foi desenvolvido um documento intitulado de Agenda 21 que procura unir a proteção do ambiente com o desenvolvimento económico e coesão social [8].

De acordo com compromissos internacionais estipulados nas referidas cimeiras, Portugal apresentou um documento denominado *Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável* que vem no seguimento da Agenda 21 Local, que é um processo participativo, a nível multissetorial, que visa atingir os objetivos da Agenda 21 ao nível local [8].

Esta lógica de desenvolvimento sustentável tem vindo a fazer parte de forma progressiva na agenda conceptual do ambiente. Também no setor empresarial, nos últimos anos, a sustentabilidade começa a surgir como fator de importância crescente. Com isso surgem as primeiras organizações não lucrativas (GRACE, SER e BCSD-Portugal - Fig. 2.10) focadas nos conceitos de Cidadania Empresarial, Responsabilidade Social das Empresas e ainda Sustentabilidade Empresarial [8].



Fig. 2.10 - Organizações não lucrativas com fins sustentáveis [10, 11].

2.2.5. SUSTENTABILIDADE NAS CIDADES

As cidades sendo consideradas como nichos globais da sociedade necessitam de programas que apostem no desenvolvimento sustentável e que por isso mesmo apoiem medidas ambientalmente corretas nos diversos setores envolvidos. Existem várias áreas que são alvo de intervenção urgente quando se fala em ambiente urbano de sustentabilidade. São elas [8]:

- qualidade do ar;
- proteção do solo;
- controlo e moderação do uso de pesticidas;
- proteção e conservação do ambiente marinho;
- gestão de resíduos e reciclagem;
- uso sustentável dos recursos naturais;
- ambiente urbano.

Em 2004, a Comissão Europeia inicia uma nova ação estratégica para ativar o desenvolvimento sustentável em meio urbano. A importância da criação de um conjunto de medidas interventivo é elevada já que o aumento da população obriga a que medidas sustentáveis sejam realizadas o quanto antes. Este ênfase dado ao ambiente como peça essencial para a sustentabilidade nas cidades permite melhorar o desempenho ambiental e a qualidade das áreas urbanas e, consequentemente melhorar a qualidade de vida dos cidadãos nelas inseridos. Para tal irão ser criados quatro pilares/grupos prioritários de tratamento (adaptado de [8]):

- i. gestão urbana sustentável (Fig. 2.11);
- ii. transportes urbanos sustentáveis;
- iii. construção sustentável;
- iv. conceção urbana sustentável.



Fig. 2.11 - Cidade Sustentável: incentivo a transportes não poluentes [12].

2.3. O EDIFÍCIO VERDE

2.3.1. GENERALIDADES

A necessidade crescente de adoção de medidas sustentáveis no setor da construção civil leva a que todo o processo construtivo seja detalhadamente preparado, como meio de tornar os edifícios o mais eficientes possível.

Alguns autores consideram os nossos lares, ou qualquer edifício em que estejamos inseridos como uma terceira pele do nosso corpo [6]. É de extrema importância que o edifício envolvente nos proteja sem nos isolar no exterior, nos permita respirar sem qualquer limitação e ainda, que o ar circulante tenha a melhor qualidade possível. Os edifícios devem ser espaços básicos de bem-estar, conforto e devem ser acima de tudo saudáveis tanto para os seus utentes como para o meio ambiente.

De acordo com estes condicionantes é necessário começar desde a conceção a dedicar uma atenção à consciência ambiental para que todo o projeto decorra de acordo com as normas estabelecidas.

Desta forma é necessário que o projeto tenha um alto grau de compromisso bioclimático e ecológico, onde sejam privilegiadas estratégias energéticas passivas relativamente a princípios de atuação ativos. Isto é, dar prioridade a todo um conjunto de práticas naturais (passivas) como é o caso de jogar com orientação, latitude e clima, condicionantes do terreno (Fig. 2.12).



Fig. 2.12 - Edifício de caráter sustentável [13].

Basicamente o conceito é aproveitar toda a energia fornecida pela Natureza diminuindo ou até mesmo evitando gastos energéticos provenientes de estratégias ativas. Estes sistemas de atuação ativos são, de facto, eficazes mas alguns deles (ex.: aço) envolvem gastos energéticos elevados, emissões de calor e CO₂ para a atmosfera, assim como pressupõem uma elevada energia incorporada relativa ao seu fabrico e transporte.

2.3.2. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

2.3.2.1. Nota Introdutória

Este tópico é alvo de grande ambiguidade, já que é possível criar um conjunto sem fim de medidas e/ou ações que tornem o edifício mais sustentável, isto é, mais eficiente. Desta forma, é necessário o envolvimento de uma equipa especializada desde o início, estudando o seu ciclo de vida até ao desmantelamento da obra.

Apresenta-se o seguinte conjunto de dicas ambientais para a construção dividido em três campos distintos:

- materiais aplicados aos constituintes de um edifício;
- estratégias passivas para as necessidades energéticas de um edifício
- estratégias ativas para as necessidades energéticas de um edifício

2.3.2.2. Materiais Aplicados aos Constituintes dos Edifícios

a) Envolvente do Edifício

Procura-se aqui mostrar os tipos de fachadas com maior rendimento energético, isto é, que combinem um menor esforço financeiro durante todo o ciclo de vida do elemento construtivo e uma maior eficiência energética do mesmo. Os elementos apresentados terão uma índole sustentável pelo que os exemplos indicados são constituídos por materiais essencialmente naturais e, por isso, com baixas energias incorporadas.

O Adobe, que é um material constituído por cerca de 20% argila, 80% de areia e água e ainda pasta de barro, palha e fibra de coco (Fig. 2.13), tem um período de secagem de cerca de 30 dias. Esta adição de palha serve exclusivamente para evitar o aparecimento de fissuras no seu período de secagem. Tem como características principais o facto de ter uma energia incorporada muito baixa (0,4MJ/kg), ser um bom isolante acústico, alta inércia térmica, uma vida útil média de 100 anos e é recomendado essencialmente para países que registem baixos índices pluviométricos quando usado em paredes exteriores [14].



Fig. 2.13 - Parede de adobe [15].

Alternativa ao Adobe é a Taipa (Fig. 2.14), cuja forma típica é uma placa de barro prensado dentro de formas de madeira e tem características muito semelhantes à solução anterior, pelo que deve ser privilegiada quando os materiais estão disponíveis na região, diminuindo assim a sua energia incorporada [14].



Fig. 2.14 - Parede de taipa [14].

Regista-se ainda outra alternativa natural ao Adobe, que é fabricada com maior incidência em Espanha. Fala-se, então, do *Cannabric* (Fig. 2.15), um bloco maciço formado por material vegetal, aglomerados minerais e reciclados, conglomerados naturais não contendo nem pesticidas nem herbicidas. Tem como principais características uma condutibilidade térmica baixa ($\lambda=0,048\text{W/m.K}$), boa resistência mecânica, densidade e inércia térmica elevadas. O seu tempo de secagem aproxima-se também dos 28 dias [14].



Fig. 2.15 - Blocos de *Cannabric* [16].

A Pedra Natural (Fig. 2.16) é o material nobre por excelência usado na construção. Existe uma gama muito extensa de pedras. Gnaisse, granito, calcário, arenito, mármore, quartzito e ardósia podem ser utilizados como material estrutural. São usados como fundações, paredes, fachadas e também elementos arquitetónicos. Quanto mais porosa for o exemplar, menos dura, comparativamente às pedras mais densas. Quando extraída localmente tem uma energia incorporada de $5,9\text{MJ/kg}$ [14]. As vantagens e desvantagens estão apresentadas no Quadro 2.1.

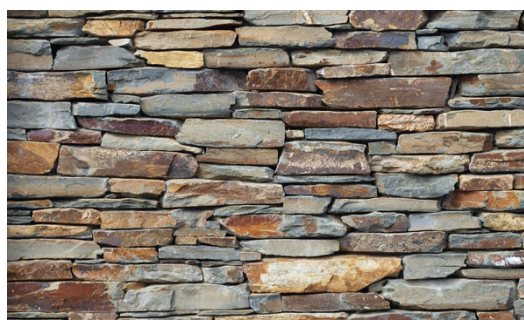


Fig. 2.16 - Paredes exteriores de pedra natural [17].

Quadro 2.1 – Vantagens e desvantagens do uso de pedra natural [14].

Vantagens	Desvantagens
Durabilidade e baixa manutenção	Construção algo demorada e custo de mão-de-obra
Bom isolamento acústico	Risco de deterioração (ação da água interna e criação de fissuras)
Boa inércia térmica (para espessura > 50cm)	Trabalhos de corte e polimento exigem o uso de muita energia e geram resíduos avultados
Proteção contra o calor de verão	

A Ardósia Clivada com uma EI de 35,1 MJ/kg é uma das soluções mais sustentáveis para soluções de coberturas [14]. Pode também ser usada como pavimento externo e interno, já que possui características favoráveis a este uso dado ser duradouro, não escorregadio e de fácil manutenção.

A palha é um material que tem uma baixa energia incorporada, sendo um dos materiais mais ecológicos e sustentáveis que podem ser usados no setor da construção civil. É um material de baixo custo de aquisição e era inicialmente usado como revestimento. Atualmente é utilizado um pouco pelo mercado do setor de todo o mundo. É aplicado em dois tipos de sistemas construtivos:

- estilo *Nebraska* (Fig. 2.17), no qual a palha é utilizada como muro de contenção;
- estilo Pilares e Vigas (Fig. 2.18), onde a palha tem a função de suportar o peso do telhado.

É necessário ter em consideração certas medidas de segurança aquando da utilização de palha em edifícios (Fig. 2.19). Por exemplo, após a aplicação dos fardos de palha deve esperar-se pela compactação e assentamento dos mesmos, porque isto faz diminuir os espaços de ar e com isso prevenir uma possível combustão ou um processo de aceleração de combustão.

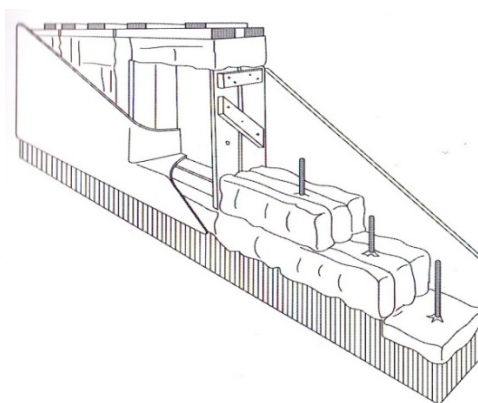


Fig. 2.17 - Parede em palha, *Nebraska* [14].

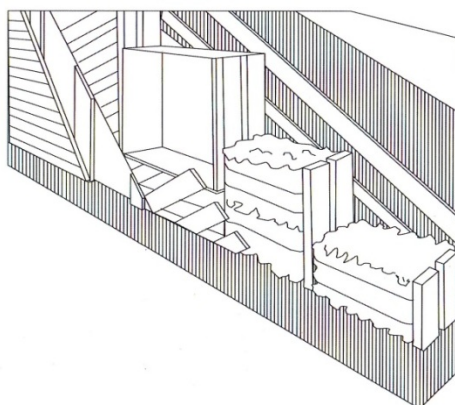


Fig. 2.18 - Parede em palha, pilares e vigas [14].

As suas principais características resumem-se às seguintes [14]:

- bom isolante térmico e acústico;
- permite regular a temperatura naturalmente no interior;
- facilidade de troca de fardos de palha em caso de se registar humidade ou apodrecimento num deles, já que é fácil a sua identificação e localização.



Fig. 2.19 – Construção em palha [14].

É de extrema importância que a palha usada esteja seca no ato da sua colocação como meio de evitar futuros apodrecimentos. Aliado a isto deve ter-se em conta um adequado isolamento para evitar a penetração de água no material.

Passando agora para a madeira, esta é normalmente considerada como um material ecológico porque é de origem vegetal. Contudo, a origem e a forma de exploração devem ser consideradas para saber se é de todo proveniente de explorações sustentáveis. Isto só é possível com certificados ecológicos.

Segue-se o Quadro 2.2 no qual se apresenta alguma informação da origem das madeiras mais usadas na construção civil.

Quadro 2.2 – Origem das madeiras mais usadas na construção civil [14].

Madeira mais usada	País
Madeira de Coníferas	Europa e Estados Unidos
Árvores Frondosas	Europa (maioria França), Estados Unidos
Carvalho	Rússia
Eucalipto	América Latina (maioria)
Madeira Serrada	China (maioria)

As origens citadas referem-se aos países ou regiões onde se verifica maior volume de produção de madeiras existindo naturalmente outras procedências das madeiras do quadro acima. Contudo é sempre preferível o uso de madeiras locais como meio de promover a sustentabilidade (reduzir a energia incorporada diminuindo a distância de transporte).

A extração de madeira deve ser controlada, uma vez que tem uma importância extrema na vitalidade do planeta. Assim surgem os organismos de certificação como meio de controlo do uso de madeiras. Um dos símbolos mais credíveis de certificação da origem das madeiras é o da organização britânica FSC (*Forest Stewardship Council* – Fig. 2.20), surgida no início da década de 90. O selo garante que a madeira utilizada na construção (em estruturas, revestimentos, pisos e mobiliário) é proveniente de explorações sustentáveis [14].



Fig. 2.20 - Forest Stewardship Council (FSC), Certificação de Madeiras [18].

A durabilidade de uma peça de madeira depende da espécie e também da manutenção exercida sobre essa mesma peça. Assim a madeira pode ter uma vida útil com mais de 50 anos, se for devidamente protegida contra insetos. Técnicas de fabrico de peças em madeira podem alterar o seu comportamento em serviço. Por exemplo, se o corte da madeira for dado na direção das fibras, as peças podem adquirir praticamente a mesma resistência de uma mesma estrutura em betão armado, mas com melhor elasticidade [14]. A Fig. 2.21 apresenta uma construção em madeira.



Fig. 2.21– Construção em Madeira [19].

O Bambu é cientificamente caracterizado como uma gramínea lenhosa com uma renovação natural a cada sete anos [14] com um cultivo adequado, sem precisar de qualquer tipo de tratamento à base de fertilizantes ou pesticidas (Fig. 2.22).



Fig. 2.22– Estrutura em bambú [20].

O bambu pode ser usado como pilares, coberturas, tetos, paredes e até revestimentos. Quando usado como elemento estrutural (normalmente combinado com betão uma vez que tem elevada resistência à tração), deve ser considerada a sua resistência e elasticidade. Isto é possível observando a sua cor: quanto mais escuro for, menos resistente será. Contudo a construção em bambu pode ter alguns aspetos negativos sob o ponto de vista ambiental.

Para ser garantido o fornecimento deste material, poderá haver desflorestação de florestas autóctones para serem substituídas por plantações de bambu onde poderão ser usados fertilizantes para aumentar o rendimento das mesmas e, com isso, aumentar a sua produção. Por este motivo deverá ser usado apenas o bambu certificado pela FSC como meio de garantir a sustentabilidade na sua aplicação [14].

O Tijolo é outro dos materiais mais utilizados na construção de edifícios. A sua composição cerâmica é feita à base de argila ou mistura de argilas e é moldada em blocos que serão aplicados futuramente em paredes e muros. Ganha resistência com secagem ao sol ou cozinhado em fornos.

Comparativamente ao adobe, é um material que também contém argila, mas tem um processamento mais complexo que este, o que faz com que a energia incorporada seja naturalmente mais elevada, apresentando um valor de 2,5 MJ/kg. Assim, e embora parte da sua composição seja de origem natural, como é submetido a um cozimento em fornos-túnel (com temperaturas de cerca de 1000°C), o tijolo é um produto com um lado menos ecológico (Fig. 2.23) [14].

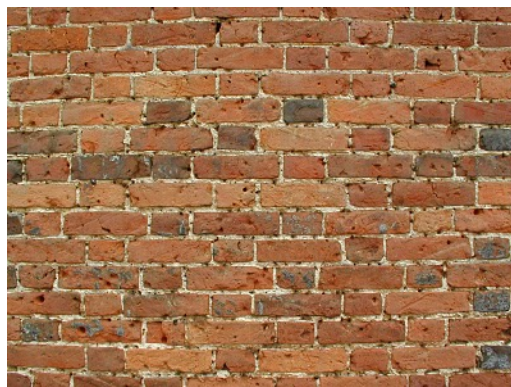


Fig. 2.23– Parede em blocos cerâmicos (Tijolos) [21].

Outra das características importantes dos tijolos é a sua elevada inércia térmica. As paredes de tijolo são capazes de absorver o calor emitido por várias fontes, como a radiação solar, lareiras, entre outras e libertá-lo posteriormente.

No que a custos diz respeito, o tijolo é um tipo de material cuja caracterização experimental envolve gastos elevados relativamente a outros materiais, pelo que em Portugal está cada vez mais a cair em desuso, verificando-se uma grande dependência do betão armado nos dias de hoje [5]. Aos tijolos são impostas exigências de índoles várias. Estes devem responder com eficácia perante exigências de incêndio, acústicas, térmicas, de humidades e ainda de resistência. Portanto, o que se pretende no cenário atual é que se gaste o menos possível, obtendo resultados no mínimo iguais aos existentes. Esta meta ambiciosa é já uma realidade.

Irão ser apresentados de seguida alguns modelos de alvenaria não resistente que têm sido desenvolvidos segundo padrões ecológicos como meio de minimizar os impactes ambientais pela sua produção e uso.

O *Ecolincker*, fabricado em Espanha, é um tijolo cerâmico fabricado com biogás como fonte de energia à sua conceção. O biogás é uma forma de energia de origem natural resultante da combustão anaeróbia de matéria orgânica (restos de biomassa florestal). Usando este tipo de energia, esta gama de tijolos tem uma energia incorporada menor relativamente a outros com a mesma função [14].

Graças a esta tecnologia, é possível reduzir a emissão de CO₂ em 35%, isto é, 17 mil toneladas deste gás anualmente, de acordo com os dados da empresa, a *Piera Ecocerámica*. Este produto tem uma resistência de 55N/mm² e pode ser usado em muros exteriores e fachadas ventiladas [14].

O *EcoManual* é um tijolo fabricado segundo os mesmos padrões ecológico do anterior, com a diferença que pode ser usado de forma aparente em paredes internas, ou seja tem uma pendente decorativa associada [14].

Outro exemplo de um produto de características sustentáveis é a termoargila (Fig. 2.24). É uma peça cerâmica de baixa densidade e é fabricada a partir de uma mistura de argila e aditivos que se gaseificam durante o processo de cozedura a mais de 900°C, criando-se desta forma uma porosidade uniformemente distribuída no bloco cerâmico [14]. A grande vantagem deste material é o facto de a

sua constituição e geometria permitam que quando aplicados em paredes simples, obtenham um rendimento igual ou superior relativamente a paredes duplas constituídas por tijolos convencionais. Possui um bom isolamento térmico e acústico, assim como uma boa resistência mecânica, capaz inclusive de satisfazer as exigências para paredes estruturais.

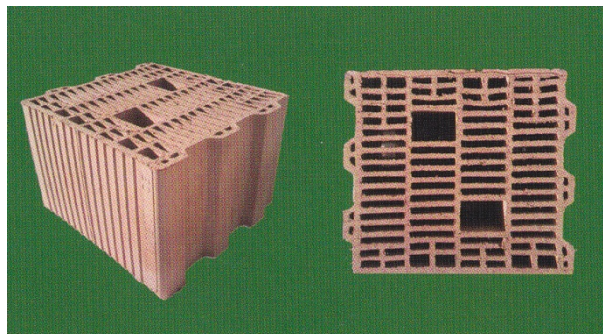


Fig. 2.24 – Bloco de Termoargila [14].

Jardins verticais é uma das novas tendências da construção sustentável (Fig. 2.25). Não pode ser considerado como elemento estrutural, tendo como principais características uma componente estética e funcional. Relativamente ao lado funcional, esta solução apresenta uma boa capacidade de isolante térmico, acústico além de que dado a sua composição à base de coberto vegetal permite uma purificação do ar em redor do edifício onde está instalado [14].



Fig. 2.25– Jardins Verticais, Interior e Exterior [14].

Na sua constituição podemos encontrar um suporte estrutural alimentado por um sistema de irrigação automática que alimenta as plantas. Estas desenvolvem-se num suporte hidropónico que não precisa de terra. É projetado de modo a que a humidade não afete a parede de suporte. Para se verificar o seu aspeto definitivo é necessário esperar cerca de 6 a 8 meses e podem ser aplicados tanto no interior como no exterior [14].

b) Pavimentos e Caixilharia

Como todas as partes constituintes de um edifício, é necessário avaliar a origem dos materiais que compõem os pavimentos e o sistema de caixilharia do edifício e também os impactes ambientais durante o seu ciclo de vida.

Um bom sistema de caixilharia é aquele que possa evitar pontes térmicas, ou minimizá-las ao máximo, assim como um pavimento adequado é aquele que favorece a instalação de um piso radiante alimentado por energia renovável [14]. Soluções como estas são aquelas que se procuram cada vez mais e que contribuem de uma forma eficaz para um melhoramento de desempenho energético e climático do edifício.

Como é de conhecimento geral, a maioria das portas e também parte significativa das caixilharias é fabricada em madeira, pelo que o seu uso deve ser controlado e certificado pelas entidades responsáveis, como é o caso da FSC, referida anteriormente.

Começando pelas caixilharias, encontram-se no mercado essencialmente três opções de escolha no que a materiais diz respeito (Fig. 2.26):

- madeira;
- alumínio;
- PVC.

As janelas de madeira são a única solução que pode ser considerada “amiga do ambiente”, já que possuem uma vida útil de cerca de 50 anos, tendo a hipótese de restauro para prolongar este valor. Mais ainda, a madeira tem uma energia incorporada de apenas 2MJ/kg [14], valor especialmente baixo comparada ao panorama que a rodeia. Adicionalmente são as que oferecem o melhor isolamento térmico e acústico.

Já o alumínio é uma solução não muito ecológica, já que a energia incorporada que lhe é associada tem o valor de 218MJ/kg, um valor substancialmente elevado quando queremos encontrar soluções amigas do ambiente. É, portanto, uma solução que não deve ser prioridade na escolha de caixilharias para as novas construções.

Outra das opções de mercado é o PVC, sendo entre todas as soluções a mais barata. Contudo, não é apenas o preço que deve ser considerado. Para a equação ambiental entra um aspeto que não lhe é favorável: a presença de cloro na sua constituição. Este componente reage na presença de sol, calor ou raios UV, fazendo com que a sua vida útil seja comprometida ao ser utilizado em caixilharias exteriores.

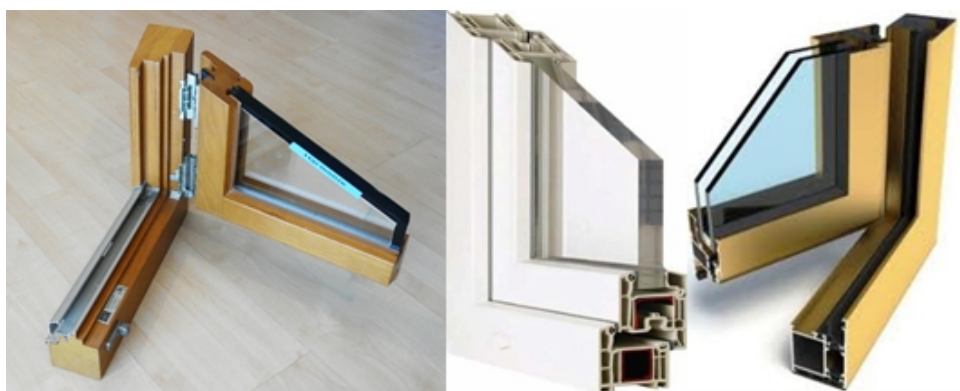


Fig. 2.26 – Soluções de caixilharias: madeira, alumínio e PVC [22].

Redirecionando agora a atenção para os pavimentos, existe um conjunto sem fim de materiais que podem ser utilizados como revestimentos de piso. Será, então, dado destaque aos mais comuns materiais utilizados:

- ardósia;
- mármore;
- granitos;
- madeira;
- linóleo.

A ardósia tem uma aplicabilidade muito polivalente, já que pode ser aplicada não só como cobertura, mas também como revestimento de piso. É especialmente ideal para revestimentos de pisos interiores uma vez que é resistente à abrasão e é bastante sólida. Não deve ser projetada para terraços e varandas pois não resiste muito bem a baixas temperaturas.

Quando se pensa em pavimentos de pedra para o interior, o mais adequado será aplicar mármore travertinos assim como granitos (especialmente o quartzo) [14]. Não obstante, deve ter-se em atenção o grau de radioatividade destes últimos, pelo que se apela a uma moderação do seu uso. Devido à sua sensibilidade e instabilidade química, o calcário deverá ser usado apenas em remates e pormenores construtivos de pequenas dimensões, como é o caso dos rodapés e escadas.

A madeira é uma solução bastante tradicional da construção nacional e deve ser dedicada atenção à oferta local aquando da escolha deste material. Para pisos, as madeiras mais aconselhadas são as seguintes: abeto, castanheiro, cipreste, faia, pinheiro, nogueira, choupo, carvalho, bétula e freixo (Fig. 2.27). Quando estas madeiras são certificadas pela FSC, significa que provêm de uma plantação sustentável e oferecem características de acumulação de calor ou energia solar. [14].



Fig. 2.27 - Pavimento em madeira: várias soluções de mercado [23].

NOTA: segundo a associação de proteção ambiental *Greenpeace*, 30% das importações mundiais são ilegais, sendo que na União Europeia esse número se reduz para 5% [14].

Caso se aplique bambu, apenas se deve ter em conta que esta solução necessita de ventilação adequada para uma vida útil completa e saudável [14].

Outros derivados da madeira que são aplicados no revestimento de piso é a cortiça (Fig. 2.28), material isolante acústico e térmico e resistente a parasitas. Para uma saudável extração desta pele do sobreiro, é necessário que a sua exploração seja feita com intervalos de 9 a 14 anos para uma restituição sustentável do recurso natural. O tipo de piso que se obtém com a aplicação de cortiça é um piso cálido, elástico e duradouro. Estas características só se obtêm se este não for recoberto com resinas artificiais ou acabamentos em PVC, já que estas ações lhe retiram as características mencionadas [14].

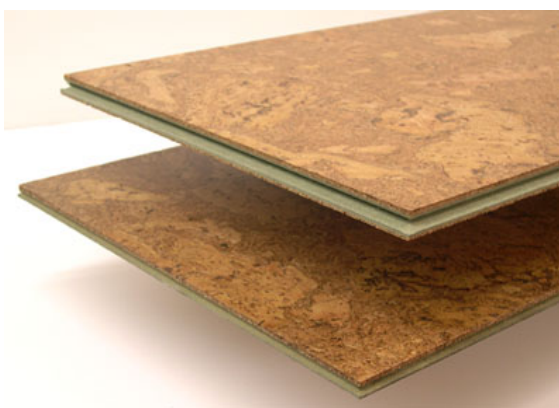


Fig. 2.28 – Pavimento em Cortiça [24].

Por último, o linóleo é um produto resultante de uma base de óleo vegetal de linhaça à qual se junta resina, cortiça, serragem, gesso e juta (Fig. 2.29). Cerca de 98% dos materiais usados na sua composição têm uma origem mineral e orgânica pelo que é um material que pode ser considerado como sustentável. Tem um tratamento final à base de uma dispersão de tinta acrílica [14]. As suas vantagens são várias, nomeadamente o facto de não se degradar com a luz, ser um excelente isolante acústico, ser resistente a óleos e gorduras, ter propriedades antibacterianas naturais e ter uma fácil manutenção.

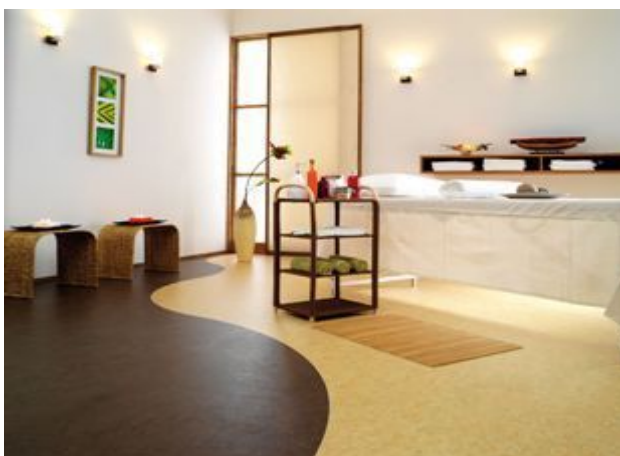


Fig. 2.29 – Pavimento em Linóleo [25].

Segundo [14], e a título de exemplo, serão enumerados dois tipos de soluções sustentáveis que podem ser aplicadas às novas habitações (Fig. 2.30):

- A *Madertec* parece ser uma madeira mas em boa verdade é um plástico reciclado procedente de lixos plásticos municipais. É indicado para revestimentos exteriores, já que não apodrece devido à sua elevada resistência à humidade;
- O *Ston-ker Ecologic* é um material reciclado composto pelas sobras de processos de produção cerâmica, apresentando alta resistência e versatilidade.



Fig. 2.30 – Pavimentos em *Madertec* (esquerda) e em *Ston-ker Ecológico* (direita) [26].

2.3.3. ESTRATÉGIAS PASSIVAS PARA AS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE UM EDIFÍCIO

2.3.3.1. Objetivos

O objetivo principal do projeto de um empreendimento deverá ser que este crie uma sensação de conforto e de bem-estar aos seus utilizadores com o melhor comportamento energético e ambiental possível. Desta forma, os desempenhos térmicos, acústicos e de iluminação devem ser desenvolvidos de forma integrada no sentido de tornar os edifícios o mais saudáveis possível, gerando o conforto desejado e contribuindo desta forma para a saúde e bem-estar dos seus utilizadores.

Num esforço de maximizar a eficiência energética do empreendimento, é necessário avaliar a relação entre o uso da energia convencional e os sistemas alternativos, como é o caso da energia solar, eólica, entre outros, que podem ser adotados individualmente ou de uma forma mista.

Atualmente num projeto, a primeira atitude para criar o conforto térmico no interior de um empreendimento será compreender a relação entre o clima envolvente e as nossas necessidades de abrigo. É aqui que entram as estratégias passivas. Estas estratégias derivadas do projeto bioclimático são as que menos energia consomem, pelo que são as que mais beneficiam o ambiente [14].

“Consistem em atingir um elevado rendimento de isolamento térmico, aproveitar a orientação do sol e o efeito de estufa, como fonte de calor no inverno e, por outro lado, facilitar a ventilação cruzada para refrescar o interior da habitação durante o verão” [14]. O tratamento destas estratégias será dividido nas seguintes áreas de atuação: aquecimento, arrefecimento e iluminação.

2.3.3.2. Aquecimento

No hemisfério Norte, as fachadas orientadas a Sul recebem mais quantidade de radiação solar no inverno e menos no verão, comparativamente às restantes fachadas. Devem então adequar-se as condições de radiação em função das necessidades de aquecimento de cada habitação. Durante todo o

ano, os ganhos solares através dos envidraçados orientados a oeste e a sudoeste são muito similares aos ganhos a leste e a sudeste. No inverno, as janelas que sejam orientadas a oeste poderão gerar sobreaquecimento se não estiverem devidamente protegidas dos raios solares que são nesta altura do ano mais baixos [27] conforme demonstra a Fig. 2.31.

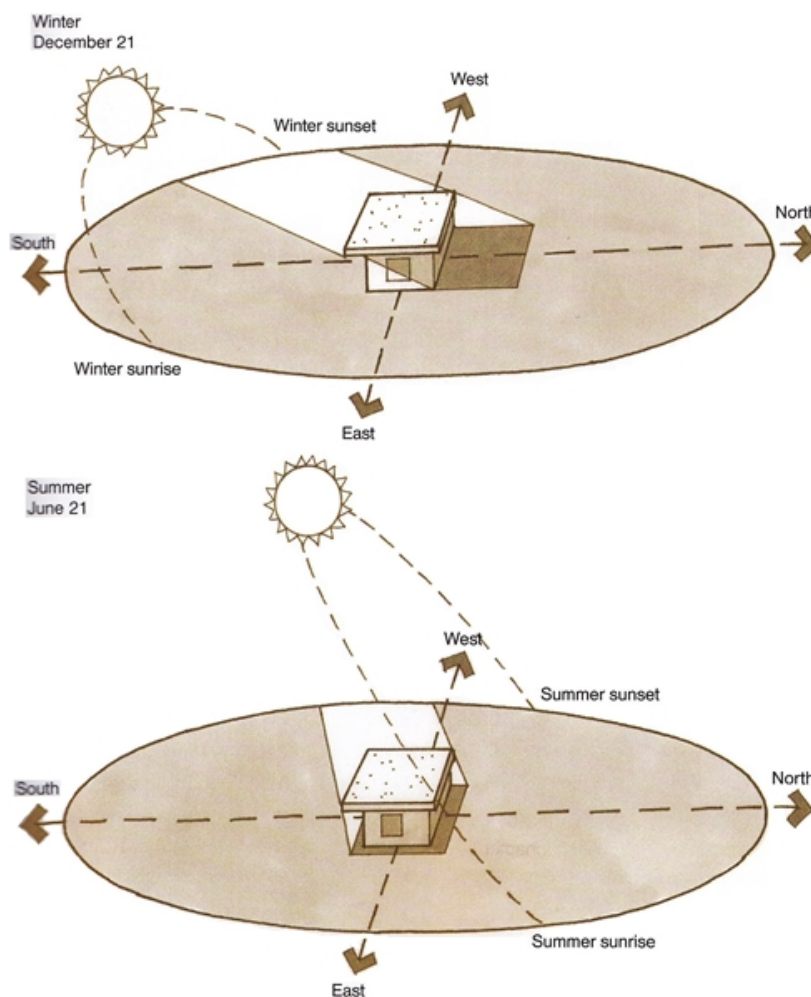


Fig. 2.31 – Solstício de Inverno (cima) e Verão (baixo) e variação da radiação solar [27].

Quando a radiação incide nos materiais de construção, parte dela é absorvida, transformada em calor e armazenada na massa do material. Este vai aquecendo progressivamente por condução e posteriormente difunde-se através dele. Materiais com grande capacidade de absorção e armazenagem térmica, como é o caso do betão ou tijolo, absorvem o calor durante o dia e libertam-no durante a noite de forma muito lenta, o que faz com que se diminua ou evite até o uso de aquecimento mecânico (Fig. 2.32).

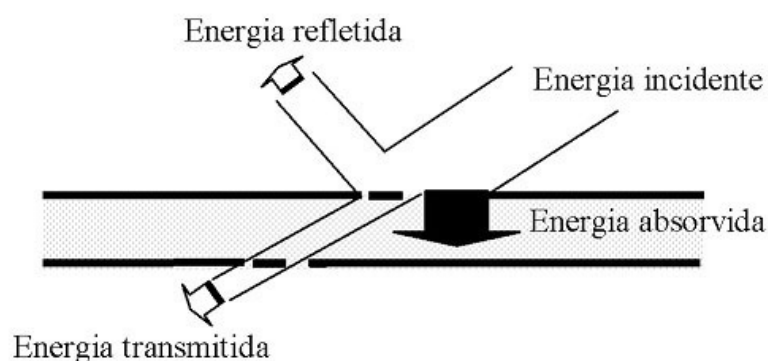


Fig. 2.32 – Transferência de calor numa superfície através da radiação solar [28].

O betão, não sendo um material muito ecológico dada a sua elevada energia incorporada, é contudo um material com uma elevada inércia térmica e que poderá compensar a nível de custos na fatura mensal. Materiais de isolamento térmico, como espumas, fibras de vidro, poliestireno, devido à sua estrutura celular têm uma baixa inércia térmica e não são bons difusores de calor.

Este conceito de aquecimento visando a inércia térmica da envolvente, mais especificamente das paredes é usado especialmente em zonas com um clima quente que apenas necessitam de aquecimento noturno, onde poderá nem ser necessária a aplicação de isolamento térmico.

A título de curiosidade, é possível afirmar que uma parede localizada no norte europeu e orientada a sul, não sendo isolada, pode perder mais calor do interior para o exterior do que ganhar por radiação solar no sentido oposto. As paredes exteriores devem ser isoladas de modo a evitar a difusão de calor através das mesmas.

Dentro do mesmo conceito deverão ser incluídos no projeto pavimentos de elevada inércia térmica (por exemplo, betão) no sentido de acumular o máximo de calor durante o dia e libertá-lo durante a noite, ou seja, quando a temperatura ambiental diminuir.

O uso de galerias envidraçadas anexas à habitação (Fig. 2.33) é adequado para climas temperados durante o inverno ou então durante todo o ano para climas frios. O efeito de estufa é uma das estratégias de aquecimento, aproveitando a radiação solar que se converte em calor armazenado após a sua incidência [29].

A colocação das galerias é estratégica, devendo ser dispostas em função da sua localização geográfica. Por exemplo, no hemisfério norte, o projeto deve favorecer a sua colocação orientada a sul, já que é a fachada que recebe mais sol durante o dia. Pelo contrário no hemisfério sul é a fachada norte a que recebe mais radiação solar, sendo por isso o lado privilegiado das habitações para receber uma galeria envidraçada.



Fig. 2.33 – Estufas anexadas a uma habitação com procura da orientação favorável [14].

Outro bom exemplo de tecnologia de absorção de calor do sol são as Paredes de Trombe (Fig. 2.34), um tipo de parede não ventilada que tem alta capacidade de acumulação de calor durante o dia para que de noite este seja transmitido ao interior das divisões do edifício. Têm a vantagem de não precisar de manutenção e são posicionadas exclusivamente nas fachadas sul porque apenas nesta orientação é possível absorver a maior parte da radiação solar diária. Fachadas orientadas a sul favorecem a baixa altitude dos raios solares (no inverno), sem prejudicar o conforto com ganhos indiretos excessivos no verão [30].

São compostas por um vão envidraçado de vidro duplo, por uma caixa-de-ar de aproximadamente 20mm e por uma parede de betão com 200mm de espessura, sendo que deve ser o engenheiro da especialidade de térmica a especificar o tipo de betão adequado em cada caso. Arquitetonicamente a sua integração numa fachada é relativamente simples uma vez que do lado exterior se parece em muito com uma janela e o interior é como uma parede normal. A superfície exterior é pintada com uma cor escura para potenciar a absorção da radiação solar. Já a face interior desta parede é semelhante a qualquer outra parede de habitação, já que é estucada e pintada normalmente [30].

O seu modo de funcionamento é muito simples: os raios solares de inverno atravessam o vão envidraçado da parede, visto que não é ventilada, este calor vai-se acumulando na caixa-de-ar situada entre o vidro e o betão. Esta acumulação explica-se com a alteração de frequência de onda dos raios solares. Desta forma, estes não conseguem voltar a atravessar os vidros, gerando-se o fenómeno do “Efeito de Estufa”. O calor que se acumula neste espaço, vai progressivamente aquecendo o bloco de betão até chegar à face interior da parede de Trombe que, por irradiação, aquece o ambiente interior da

habitação. Assim, e de uma forma bastante simples, é possível aumentar o conforto durante o inverno, diminuindo em muito as necessidades energéticas nos edifícios com fachadas orientadas a sul [30].

A estas paredes devem estar normalmente associadas palas horizontais de modo a que durante o período do verão (raios solares mais inclinados) não alcancem diretamente a fachada para não gerar sobreaquecimento.

Em termos práticos, se estas paredes forem bem dimensionadas e orientadas a sul, poderão satisfazer até 15% das necessidades de aquecimento no inverno. A transferência de calor neste tipo de parede acontece em 18min por cada 10mm de espessura. Ou seja numa parede de 200mm de betão, esta transferência dá-se em aproximadamente 6h (360min). Após este processo de transferência de calor, a parede começa então a irradiar calor para o espaço interior da habitação [30].

Nota importante para o facto de ser essencial uma boa pormenorização em projeto para ser possível uma boa execução em obra, já que as paredes de Trombe não serem ainda muito comuns em prática projetual. Um dos aspetos para os quais é mais relevante dedicar a atenção é o pormenor dos bites do caixilho do vão envidraçado que protege a Parede de Trombe pelo exterior, que devem ser montados (e serem possíveis de serem desmontados posteriormente) pelo exterior, no caso de substituição do vidro. Outro aspeto ao qual é importante dedicar atenção é o isolamento térmico. Este deve ser colocado em volta da caixa-de-ar que separa o vão envidraçado do bloco de betão, de modo a que o calor acumulado neste espaço não seja libertado sem ser pelo betão.

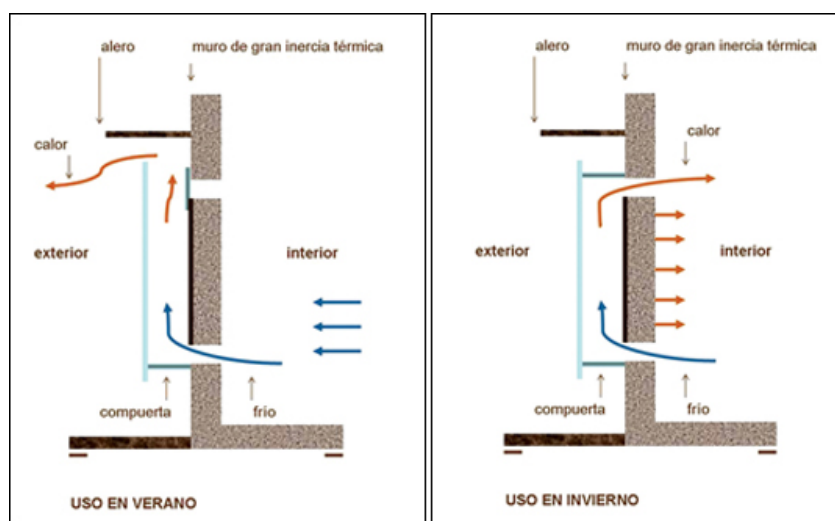


Fig. 2.34 – Paredes de Trombe (modo de funcionamento) [31].

O isolamento de uma habitação é outro dos requisitos obrigatórios para um bom conforto térmico e funcionamento energético de uma habitação sustentável. Devem ser isoladas janelas, paredes de fachada, coberturas e minimizadas as pontes térmicas, que são um dos responsáveis pela maioria das patologias registadas. Para uma melhor compreensão da dimensão do que é o panorama das pontes térmicas, observe-se a Fig. 2.35.

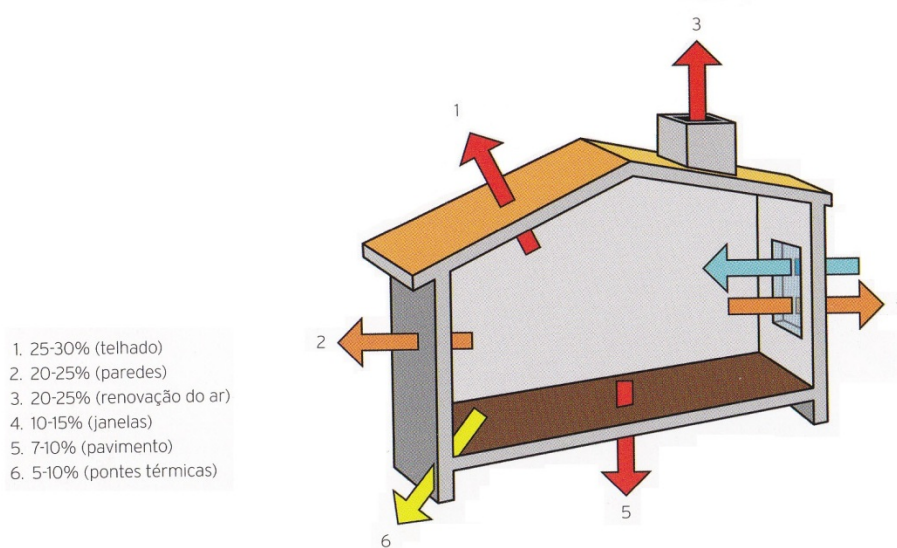


Fig. 2.35 – Pontes Térmicas num edifício [14].

Na escolha de um isolante térmico, deve privilegiar-se os de origem natural e biodegradáveis. Estes devem cumprir a função de regular o conforto hídrico e térmico. Os isolantes mais aconselhados pelo seu desempenho e cumprimento das propriedades anteriores são os que são feitos à base dos seguintes materiais: cortiça, cânhamo, fibra de coco, barro, palha, cal, papel reciclado expandido, lã natural, fibra de madeira, argila expandida, perlite e vermiculita (feldspatos e rochas expandidas) – Fig. 2.36. Deve optar-se por isolamentos com menor coeficiente de transmissão térmica, já que este é o fator que indica o grau de isolamento: quanto maior for, menor é o grau de isolamento. Contudo só funcionam adequadamente se a sua execução for perfeita, ou seja, estejam bem selados.



Fig. 2.36 – Materiais Utilizados como Isolantes Térmicos [14].

De seguida irá ser dedicado algum pormenor sobre os principais isolantes naturais [14]:

- cortiça: material por excelência em Portugal, é obtida através da casca de sobreiro e pode ser encontrada no mercado sob duas formas distintas. Em lascas para preencher cavidades ou sob a forma de painéis prensados, que permitem a sua utilização tanto em revestimentos de superfícies, ou sob telhados. Coeficiente de transmissão térmica $K=0,045 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$;
- cânhamo: a sua fibra vegetal é usada na produção de mantas isolantes, naturais e transpiráveis. É um arbusto de crescimento rápido e cultivo simples. Tem um coeficiente de transmissão térmica $K=0,041 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$;
- lã de ovelha: caso seja fácil o acesso a este material a nível local, deve privilegiar-se a sua escolha para aplicação em obra. Melhora o seu desempenho quando humedecida. $K=0,04 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$;
- fibra de Madeira: é um dos materiais mais sustentáveis que podem ser usados como isolante. Os painéis de fibra madeira são formados através dos resíduos do processamento de madeiras ou galhos de árvores e, desta forma, o seu uso é compatível com a gestão sustentável aprovada pela FSC. Surgem no mercado sob diferentes formas: painéis de fibras grossas de madeira resinosa aglomerada com gesso/cimento ou ainda painéis leves de fibras de menores dimensões. $K=0,05 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$. A sua utilização é bastante versátil, já que os painéis leves podem ser utilizados em paredes divisórias, paredes exteriores, coberturas e lajes;
- isolante de Celulose: é formado à base de resíduos de papel e é usado especialmente para isolar câmaras-de-ar. Embora seja tratado com substâncias químicas para evitar mofo e proteção contra o fogo, as suas propriedades isolantes são muito boas, é leve e a sua energia incorporada é relativamente baixa. O seu modo de aplicação é diverso, podendo ser usado solto ($K=0,042 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$) ou injetado ($K=0,039 \text{ W/(m}^2\text{*K)}$);

Nota importante para alguns isolantes bastante usados na construção em Portugal: isolantes sintéticos de lã de rocha, lã de vidro, poliestireno extrudido e poliuretano possuem alta energia incorporada e, por isso, não são de todo amigos do ambiente já que são os mais poluentes.

2.3.3.3. Arrefecimento

Um dos objetivos do projeto sustentável de uma habitação é o de obter a climatização adequada e com o menor gasto possível de energia e, consequentemente, dinheiro. Nesse sentido, o projeto deve ser orientado de forma a favorecer uma climatização do interior de modo totalmente natural, evitando desta forma o uso de equipamentos de ventilação mecânica, que só devem ser solução quando não é suficiente a ventilação natural.

Serve este subcapítulo para apresentar algumas soluções que estimulam uma boa climatização natural conduzindo a um consumo energético nulo ou muito baixo.

Os pátios interiores sem coberturas e com árvores e vegetação funcionam como uma bolsa de ar que serve para arrefecer as divisões que lhe são adjacentes em climas quentes. Na Fig. 2.37 é possível observar qual o movimento do ar dentro deste modelo residencial. A adição de fontes ou pequenos lagos artificiais é uma ajuda no trabalho realizado pela vegetação no arrefecimento do ar exterior.

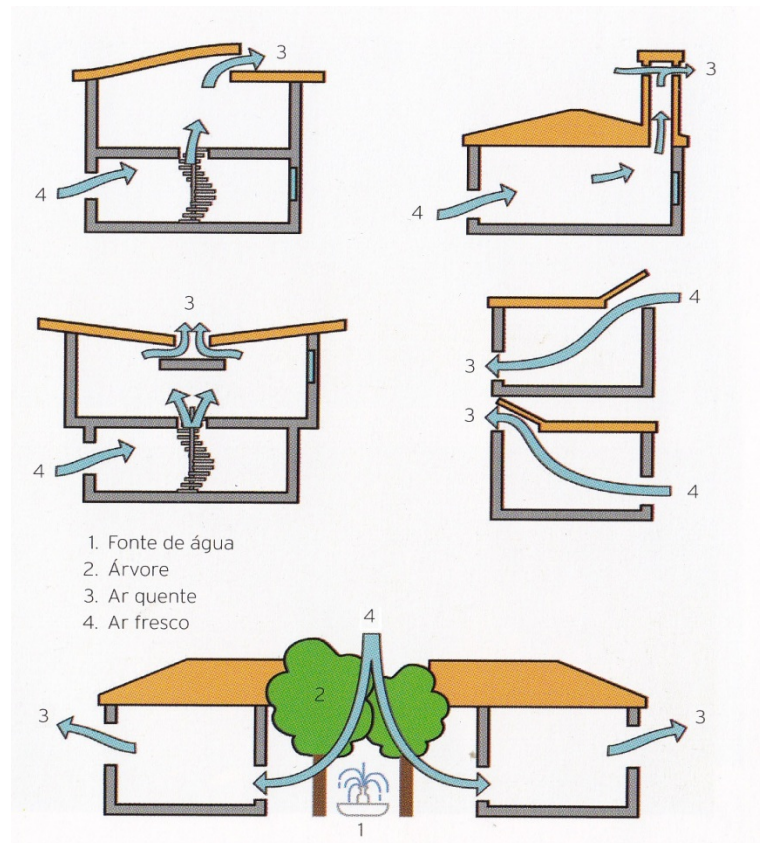


Fig. 2.37 – Pátio interior: Modo de Funcionamento [14].

O efeito de evapotranspiração das plantas serve também como uma medida benéfica para o arrefecimento das divisões das habitações [14] (Fig. 2.38). Devem ser colocadas junto das entradas de ar das casas de modo que seja mais fácil e eficiente este arrefecimento. Contudo esta solução não deve ser aplicada em regiões de clima muito húmido.



Fig. 2.38 – Evapotranspiração através de plantas [14].

A plantação de árvores num horizonte próximo às casas é um outro método de arrefecimento das mesmas. Este método evita a utilização de sistemas elétricos de arrefecimento do ambiente interior das casas uma vez que o seu posicionamento correto a sul das fachadas dos edifícios gera sombreamento capaz de evitar sobre aquecimento. Árvores de folha caduca são as árvores ideais a serem plantadas para proteger os edifícios do sol de verão e para permitir o contacto deste com o interior dos edifícios no inverno. A Fig. 2.39 demonstra a eficácia desta técnica [27].

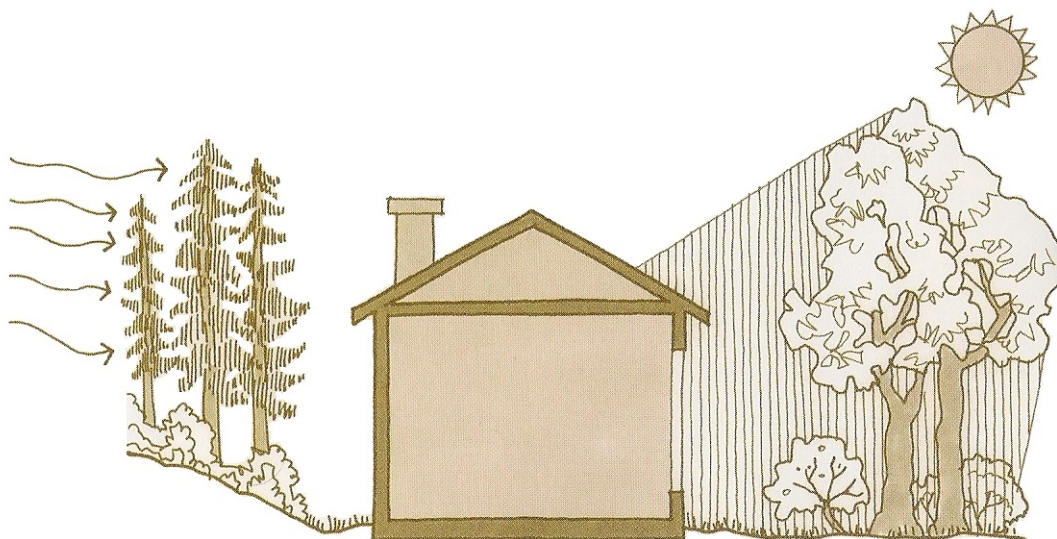


Fig. 2.39 – Sombreamento através do controlo de paisagem [27].

A colocação de espelhos de água em redor da casa (Fig. 2.40) é também uma solução que tem um funcionamento semelhante, já que é possível através da evaporação da água arrefecer as divisões mais próximas. Estes espelhos de água têm ainda uma outra função, a de aquecer as paredes de fachada das habitações. O processo é também ele muito simples, sendo que durante o inverno a água acumula calor da radiação solar e transmite às paredes esse calor, que se possuírem alta inércia térmica podem também elas acumular calor e, por sua vez, transmitir às divisões que lhes estão anexas.



Fig. 2.40 – Espelho de água [14].

A ventilação cruzada (Fig. 2.41) é recomendada em especial para climas moderados e para edifícios isolados, ou seja para zonas mais rurais, já que em tecido urbano é difícil o controlo de entrada de ar devido ao grande volume edificado adjacente. Este sistema consiste na circulação de ar fresco gerado das formas anteriormente descritas nas divisões das habitações [14]. Para potenciar este efeito são muitas vezes usadas as claraboias, que permitem a circulação do ar desde a parte mais fresca até à parte mais quente, permitindo então o arrefecimento pretendido em projeto. O esquema seguinte exprime o modo de funcionamento deste fenómeno.

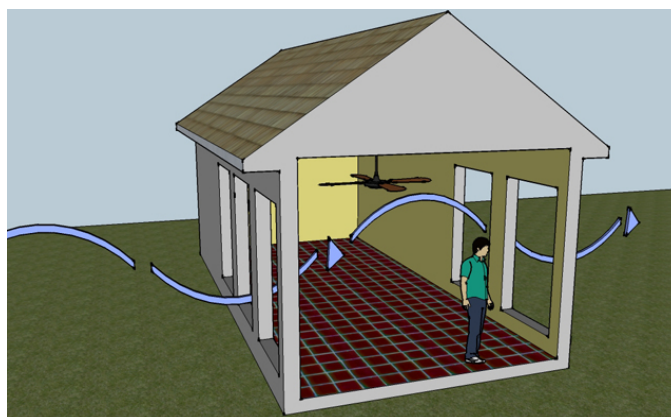


Fig. 2.41 – Ventilação cruzada (simplificação) [32].

Associado à ventilação cruzada encontra-se o efeito de chaminé (Fig. 2.42). Através do gradiente de temperatura, este efeito consiste no movimento do ar de zonas mais quentes para zonas mais frescas. Este fenómeno explica-se com a diferença de densidade entre o ar quente e o ar frio. O ar frio é mais denso pelo que, com a sua entrada na habitação, vai “ocupar” o lugar do ar quente que, sendo menos denso, é “obrigado” a subir em direção às zonas mais elevadas do edifício, sendo que pode sair pelas claraboias.

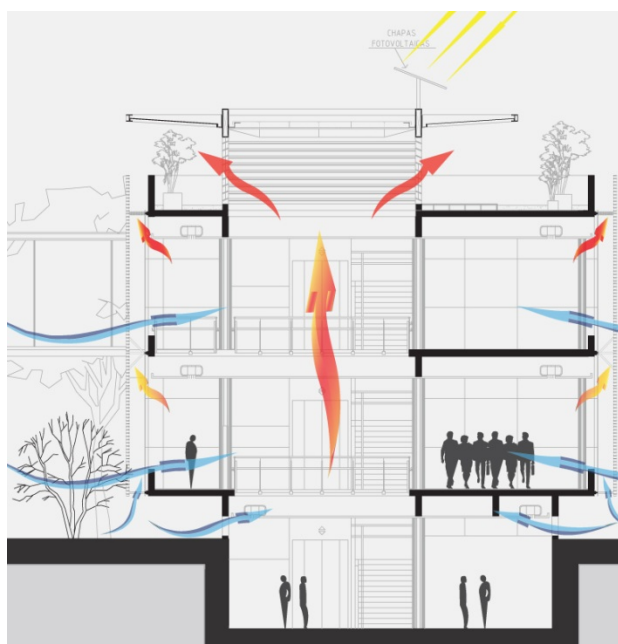


Fig. 2.42 – Efeito de chaminé num edifício [33].

Ainda referência para a importância de projeção de palas horizontais e verticais no edificado para proteção da habitação contra a radiação solar. Esta medida permite a conservação de algum ar fresco no interior dos edifícios. A Fig. 2.43 permite entender como devem funcionar as palas relativamente aos raios solares não permitindo que estes atinjam as áreas envidraçadas, ou pelo menos, diminuam a sua área de incidência.

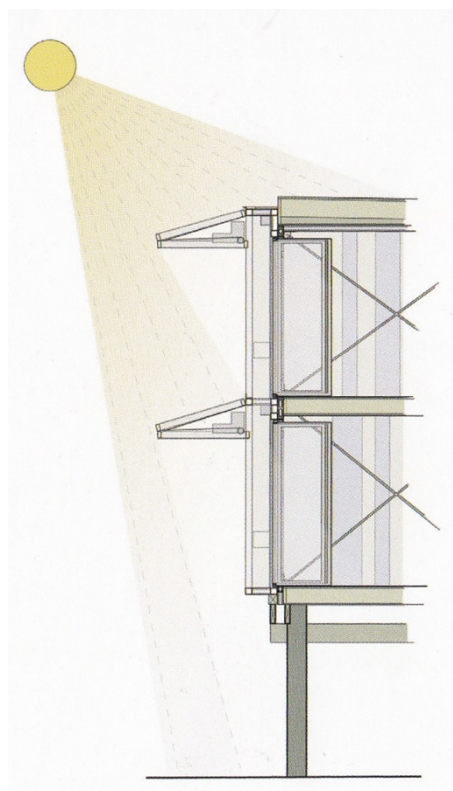


Fig. 2.43 – Palas Horizontais e sua ação de proteção [14].

Outras alternativas com a mesma função são o uso de persianas com câmara-de-ar, toldos (muito usados na zona do Mediterrâneo), ou então um sistema de lonas que proteja a área envidraçada e evite sobreaquecimento no interior e, consequentemente permita a conservação do ar fresco [14].

2.3.3.4. Iluminação

Na conceção do projeto sustentável deve ter-se em conta a prioridade na escolha de iluminação natural em vez de uma artificial. Para tal, e como meio de intensificar a luz no interior dos edifícios deve criar-se o maior número de entradas de luz natural para potenciar esta intenção. Como meio de uma melhor adaptação à luz solar, deve orientar-se as divisões da casa que mais são utilizadas para sul, no caso do hemisfério norte, e para norte no caso do hemisfério sul (Fig. 2.44).



Fig. 2.44 – Solução de iluminação natural de grande escala de uma moradia [14].

Assim, é possível obter luz natural nas zonas mais utilizadas da casa sem que seja necessário dispêndio energético pelo uso de luz artificial.

Nas divisões da casa que não têm acesso a luz natural (divisões interiores) é possível obtê-la através da aplicação de claraboias (Fig. 2.45), que permitem a entrada de luz zenital (vertical).



Fig. 2.45 – Claraboias. Secção de Construções, DEC [Foto do Autor].

Outra das soluções, um pouco mais complexa, é o uso de tubos solares (Fig. 2.46). Esta ferramenta permite captar a luz solar na zona da cobertura e redirecioná-la para onde se desejar. Esta derivação de claraboia possui um olho-de-boi para receção da luz e, através do tubo existe um refletor articulado do modo pretendido até ao teto da divisão que se pretende iluminar. É uma solução construtiva que envolve baixa emissão de CO₂.

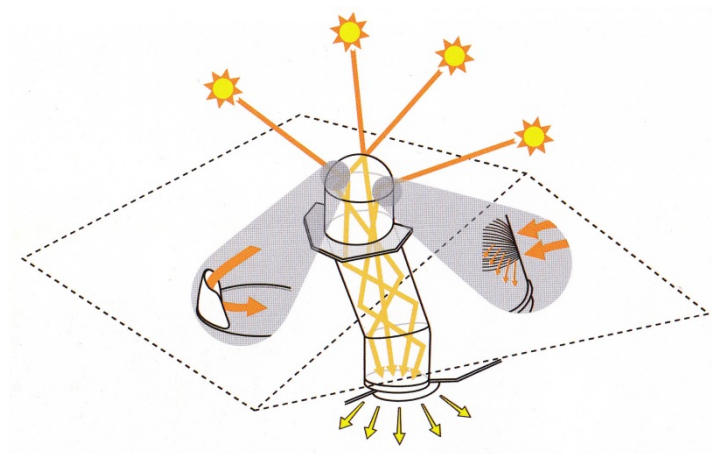


Fig. 2.46 – Tubo Solar e seu Modo de Funcionamento[14].

Também é possível a instalação de janelas basculantes (Fig. 2.47) em zonas de menor admissão de raios solares (caso da orientação norte no hemisfério norte). Para além da capacidade de captação de luz natural, permitem ainda a entrada de ar para uma melhor climatização do edifício [14].



Fig. 2.47 – Janelas basculantes [34].

2.3.4. ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA AS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE UM EDIFÍCIO

2.3.4.1. Nota Introdutória

Como foi anteriormente referido, as estratégias passivas devem prevalecer perante as estratégias ativas num projeto de construção sustentável. Contudo as estratégias passivas não conseguem na maior parte das situações cobrir as necessidades energéticas que são exigidas numa habitação. Por isso é necessário recorrer a um conjunto de soluções que são eficazes perante as necessidades a que serão propostas. São elas as estratégias ativas para as necessidades energéticas requeridas por um edifício.

Estas soluções são contudo menos sustentáveis sob o ponto de vista ecológico, já que durante a sua produção consome muita energia e se verifica grande emissão de CO₂. Ainda assim estas tecnologias que serão de seguida apresentadas têm uma índole sustentável já que no restante tempo da sua vida útil (funcionamento) são consideradas como energias “limpas”. São assim apelidadas pois permitem uma grande economia de energia e com isso reduzem o impacto no ambiente do edificado pois não emitem GEE e baseiam o seu funcionamento em fontes de energia renováveis.

O conceito destas estratégias é muito simples: aproveitar os recursos renováveis que o planeta nos fornece para produzir energia, sem poluir e diminuindo a dependência dos combustíveis fósseis. Este potencial de uso de energias renováveis como o vento, sol e energia proveniente da Terra deve estar na base do projeto sustentável dos edifícios da atualidade.

As necessidades energéticas de um determinado edifício devem ser estimadas em fase de projeto e ponderadas de modo que sejam planeadas as melhores opções sob o ponto de vista de dispêndio energético. Desta forma devem ser procuradas as soluções que maximizem a eficiência energética do mesmo, avaliando a relação entre o uso de energia convencional e o uso de novas tecnologias alternativas. Estes últimos podem ser utilizados de forma individual ou mista, conforme as necessidades de cada caso.

Para efeitos de cálculo, o consumo de energia de um edifício é estimado em quilowatt-hora (kWh) e para uma melhor percepção da quantidade de energia que lhe está associada, é possível afirmar que 1kWh equivale ao funcionamento de uma lâmpada de 100watts durante 10h [14].

De seguida irão ser descritas as tecnologias ativas mais comuns no mercado, referindo as suas vantagens de utilização e informações sobre o seu investimento.

2.3.4.2. Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar é provavelmente um dos pré-requisitos mais importantes e fundamentais no projeto sustentável de uma habitação. “O uso de energia solar está no coração do edifício sustentável” [27]. Ainda subdesenvolvido, o potencial de energia solar é na realidade muito vasto e a sua aplicação muito vantajosa pois não polui e reduz em muito a dependência que o setor da construção civil tem perante os combustíveis fósseis.



Fig. 2.48 – Fotovoltaicos [35].

Os painéis fotovoltaicos (Fig. 2.48) não requerem muita manutenção (apenas limpeza e controlo) e proporcionam energia mais barata para os mais diversos equipamentos das habitações. A única desvantagem que lhe é associada é o preço de aquisição relativamente elevado. Contudo, e dado o seu desempenho e elevado rendimento é possível obter retorno em poucos anos, de acordo com o uso de cada sistema. “Enquanto que o custo do equipamento é ainda relativamente alto, a independência energética é uma possibilidade excitante” [27].

Estes equipamentos são formados por placas solares com duas ou mais camadas de semicondutores (usualmente silício) que quando expostas aos raios solares geram cargas elétricas. Como? Quando a radiação solar (fotões) incide sobre a camada superior das células, faz excitar os elétrons do material do tipo n, que são atraídos pelo material do tipo p, mas existe uma camada intermédia isoladora entre eles, o que os força a percorrer o circuito produzindo energia elétrica [36].

A sua produção envolve elevado dispêndio energético pelo que para compensar o dióxido de carbono emitido aquando da sua conceção são necessários em média 5 anos. A carga é regulada por outros elementos do circuito, que convertem os 12 V gerados pelas placas em corrente alternada de 220 V e 50 Hz, típicas de consumo doméstico. A sua constituição é apresentada na Fig. 2.49 e o seu modo de funcionamento na Fig. 2.50.

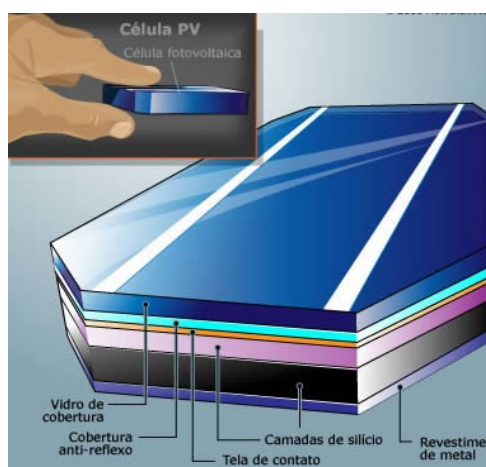


Fig. 2.49 – Constituição de um fotovoltaico [37].

A sua instalação deve estar de acordo com as normas técnicas e ainda de acordo com integração arquitetónica de cada município através dos Planos Diretores Municipais.

Os critérios que devem ser cumpridos para se obter a certificação dos módulos fotovoltaicos são os seguintes [38]:

- Critérios de Qualidade dos Módulos Cristalinos [114];
- Critérios de Qualidade dos Módulos Filme Finos [115];
- Teste de Segurança [116].

Uma das poucas preocupações que estão relacionadas com os painéis fotovoltaicos é a questão do espaço. Estes equipamentos obrigam a uma disponibilidade significativa de espaço, uma vez que os metros quadrados de painéis são calculados em função do número de pessoas por fogo.

Dedicando agora atenção para o investimento inicial, os custos associados variam entre os 5.500 € e os 11.000 € por kW instalado e a sua vida útil compreende-se entre os 25 e os 30 anos [14]. A sua escolha depende de diversas variáveis como a localização da habitação, área da habitação, número de pessoas que nela vive, as necessidades energéticas e da disposição do edifício. A sua manutenção é muito simples: apenas requer limpeza por parte de especialistas se as condições de utilização deste equipamento forem normais e não houver anomalias associadas.

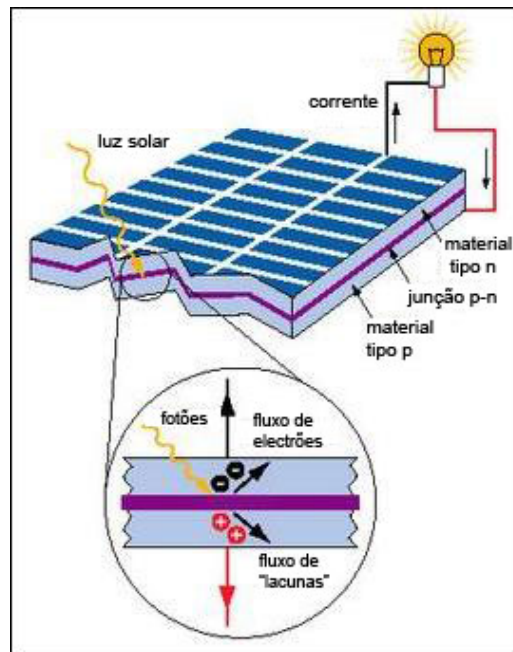


Fig. 2.50 – Modo de Funcionamento de uma Célula Fotovoltaica [39].

A aplicação destes painéis é contudo algo complexa. A chave para o cálculo da quantidade de luz solar efetiva que determinado lugar irá receber depende das horas, altura do ano e da latitude. Para tal é necessária a carta solar do local de implantação dos painéis, que nos informa sobre o ângulo do sol em função da hora do dia e da altura do ano para uma dada latitude. Na Fig. 2.51 apresenta-se a carta solar do Porto (latitude cerca de 41° N) que permite, então, o cálculo da maior incidência de radiação solar na região do Porto em função da orientação do edifício.

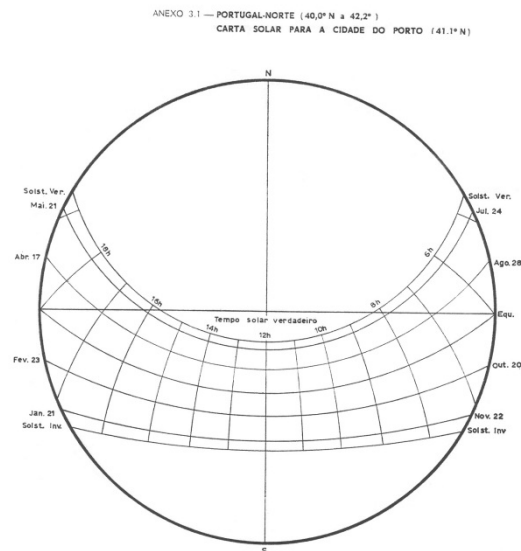


Fig. 2.51 – Carta Solar do Porto [40].

2.3.4.3. Energia Solar Térmica

Este tipo de solução começou a usar-se nos anos 70 do século passado conforme referido no ponto 2.1.4.1 através do exemplo da *Oxford Ecohouse*.

Consiste no aproveitamento da energia solar para aquecimento de água e ambientes interiores dos edifícios. O conceito é simples: usar energia grátis que está disponível. O único dispêndio associado é o das bombas e do controlo do sistema que, por sinal, é pouco significativo [14]. Concluindo, este tipo de sistema, representado na Fig. 2.52, requer pouca energia e produzem efetivamente água quente a custo quase nulo.



Fig. 2.52 – Coletor Solar [41].

É composto por placas especiais denominadas coletores (Fig. 2.52), que concentram e acumulam o calor do sol e transmitem ao fluido que se pretende aquecer:

- água para consumo direto;
- água dos circuitos de aquecimento (sistema hidráulico).

Após um processo que foi moroso e complexo, existe hoje em Portugal a Certificação de Produto no âmbito da energia solar térmica, fornecida pela CERTIF. Para os coletores solares destacam-se as seguintes normas [42]:

- Norma de Requisito de Produto: EN 12975-1:2000;
- Norma de Ensaio de Produto: EN 12975-2:2001.

A sua vida útil é cerca de 20 anos. O custo inicial de investimento compreende-se entre os 1600eur e os 6000eur dependendo de vários fatores como a temperatura de operação, área de aquecimento, número de utilizadores (necessidades de água) e capacidade do depósito. A sua recuperação está estimada em média em 5 anos para o uso comum nacional [14].

Um painel é constituído por uma caixa de aço inox revestida a isolamento no fundo e nas laterais, sobre a qual se monta a placa coletora (metálica) à qual estão soldados os tubos pelos quais circula o líquido a ser aquecido [14, 43]. O seu funcionamento de circulação é explanado na Fig. 2.53.



Fig. 2.53 – Energia Solar Térmica [44].

Existem dois tipos de sistemas de energia solar térmica: os de circulação em termosifão e os de circulação forçada.

- Circulação em termosifão (Fig. 2.54): os raios solares incidem sobre a camada/cobertura de vidro que está na parte superior do coletor solar, penetrando no interior do painel solar. Posteriormente, o calor é transferido para o fluido que circula pela tubagem tornando-se desta forma menos denso e seguindo desde o coletor até ao depósito. A troca é feita para a água de consumo, o fluido térmico arrefece e desce para os coletores, fechando-se desta forma o ciclo. O depósito deve ser sempre colocado acima dos coletores solares. A nível económico, o investimento inicial é menor e a sua instalação mais simples. O seu modo de funcionamento é automático, sem ser necessário o uso de bomba para fazer circular o fluido. A sua manutenção é também ela mais simples [43].

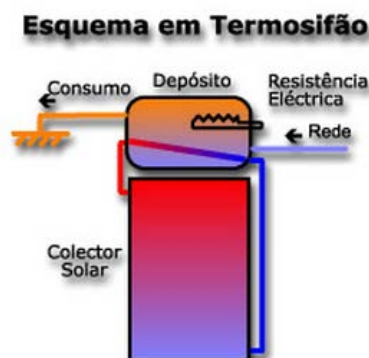


Fig. 2.54 – Circulação em Termosifão [43].

- Circulação forçada (Fig. 2.55): o processo de incidência solar é em todo semelhante ao anterior, onde o sol incide sobre o vidro que compõe a parte superior do coletor solar, seguindo este calor para o interior do painel. Da mesma forma, este calor é transferido para o líquido que circula no interior das suas tubagens. Este líquido quente segue num circuito fechado e transfere calor através da serpentina do depósito para água de consumo doméstico. Esta circulação é gerida por um controlador diferencial e pelo grupo de circulação em função das temperaturas que sejam registadas no sistema. Nesta solução regista-se um rendimento mais elevado, devido ao facto de existir o controlador diferencial que permite uma gestão mais eficaz da energia. Este sistema prevê o uso de um depósito no interior do edifício pelo que deve ser previsto em projeto espaço para o mesmo. Esta é uma solução adequada para quem se preocupa com questões arquitetónicas, já que permite uma boa integração no edifício [43].

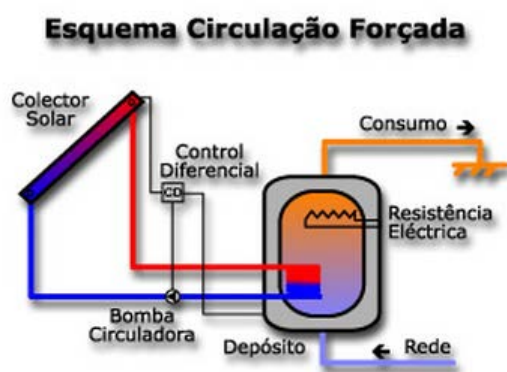


Fig. 2.55 – Circulação Forçada [43].

Para uso doméstico, os painéis mais usados são os planos. Contudo nos últimos anos surgiram painéis solares a vácuo. Apesar de serem mais caros, este novo tipo de painéis (de forma cilíndrica) integram-se melhor à edificação e são mais eficazes. Em vez de usarem tubos com líquido anticongelante (Fig. 2.56), possuem um vácuo no espaço entre o vidro protetor e a superfície absorvente [14].



Fig. 2.56 – Circulação Forçada [43].

A sua constituição é a seguinte: acumulador de armazenagem, permutador de calor com invólucro duplo, 2 captadores planos com absorvedor seletivo, sendo que este conjunto está instalado sobre um suporte modular de aço inox.

O depósito tem como função a acumulação de água quente que é gerada pelos captadores durante um tempo predefinido (normalmente para instalações pequenas entre 1 e 4 dias) [14].

Indexados a estes sistemas podemos encontrar, para além de sistemas de aquecimento de água, alimentações para pisos radiantes (que serão tratados mais à frente neste trabalho) e ainda sistemas de duplo fluxo de recuperação de calor por renovação controlada de ar.

2.3.4.4. Energia Eólica

A imagem que associamos desde logo quando se fala em energia eólica é a de torres eólicas nas zonas montanhosas de grande incidência de ventos. Contudo, cada vez mais tem sido aplicado e adaptado este conceito para a escala dos edifícios habitacionais.

O vento, como fonte de energia renovável, integra perfeitamente o conceito de sustentabilidade que está na base dos novos projetos habitacionais.

O seu conceito de funcionamento é muito simples, sendo que o vento faz rodar as pás que estão ligadas a uma turbina que, com este movimento, gera energia elétrica. Esta energia estará disponível para alimentar alguns equipamentos das casas.

Existem dois tipos de sistemas [14]:

- Os colocados em telhados (Fig 2.57), que são capazes de carregar baterias de 12 V a 24 V a partir dos 100W até modelos de maior potência com turbinas com capacidade de 2,5kW;



Fig. 2.57 – Energia Eólica em Telhados [46].

- Os colocados em mastros (Fig. 2.58), que são mais altos que os anteriores podendo atingir os 15 metros de altura. A sua capacidade compreende-se entre os 600W e os 20kW, sendo que a sua produção real depende do comprimento das pás associadas à turbina, da velocidade do vento e se houver algum elemento vertical ou não a obstruir o espaço envolvente (caso de construções nas proximidades ou a existência de árvores em redor).

Para obter bons resultados é necessário que estes obstáculos tenham uma distância mínima de 10 metros e que os equipamentos estejam colocados numa zona preferencialmente sem turbulência.

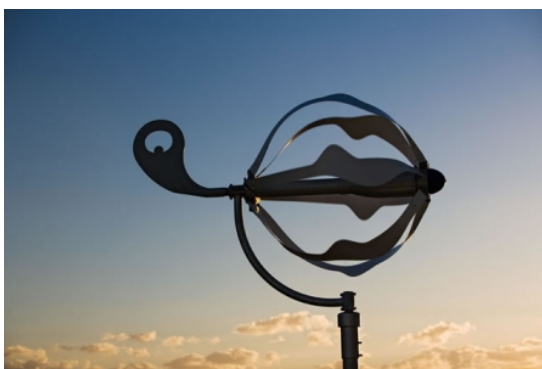


Fig. 2.58 – Energia eólica por mastro [47].

Normalmente para casas unifamiliares registam-se consumos menores que 15kW, pelo que o investimento na segunda hipótese seria uma boa escolha para cobrir a maioria das necessidades energéticas desse edifício.

Dedicando agora alguma atenção à parte de custos, o seu investimento inicial estima-se que rondará os 3.300 € por kW instalado e a sua manutenção não envolve dispêndios significativos pois apenas é necessária uma revisão anual deste tipo de equipamento. A recuperação do investimento depende em muito do custo de aquisição. A sua vida útil varia normalmente entre 15 a 20 anos [14].

2.3.4.5. Energia Geotérmica

É uma energia que está a começar a ganhar cada vez mais adeptos no cenário nacional, mas que já é usada desde a década de 70 do século passado em países como a Suíça e Finlândia [14].

Esta é considerada como a energia da Terra, pois consiste no reaproveitamento do calor interno da Terra para abastecer um edifício ou infraestrutura com água quente sanitária e aquecimento.

No caso de edifícios de pequeno porte (exemplo: moradias), este tipo de estratégia usa o gradiente de temperatura das camadas superficiais de terreno, que a partir de determinada profundidade a temperatura se mantém constante. Este sistema serve como refrigeração no verão e aquecimento no inverno, através do uso do permutador de calor [27].

É constituído por um circuito externo (o coletor) que é a conjugação de tubos de plástico onde circula um fluido anticongelante.

A sua instalação deve ser indexada no projeto durante a fase de terraplanagem, já que se assim não acontecer os custos envolvidos para abertura de galerias aumentará em muito os custos envolvidos. Os seus custos correspondem aproximadamente a 15000 € para uma instalação de 10kW numa casa de 120m² [14].

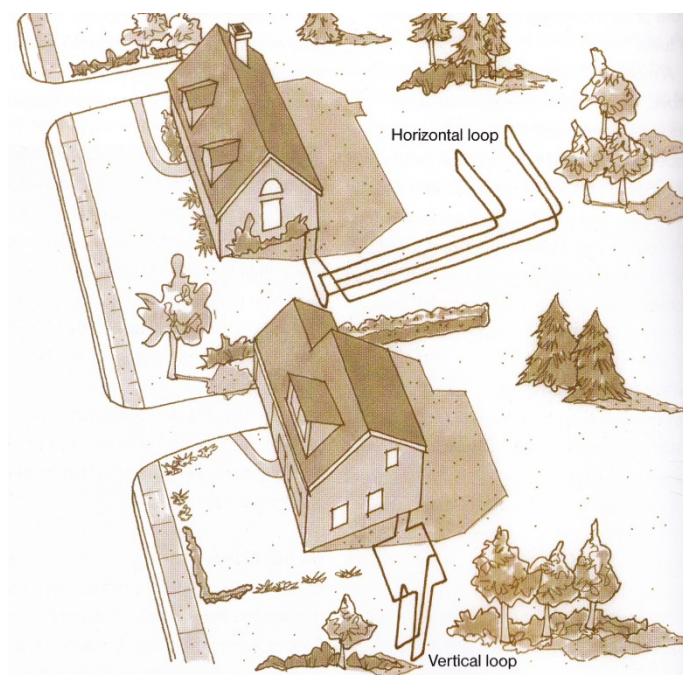


Fig. 2.59 – Energia Geotérmica Horizontal e Vertical [27].

É possível encontrar dois tipos de instalações geotérmicas, conforme a Fig. 2.59: as verticais (mais cara mas que ocupam menos espaço pois são efetuadas em aberturas verticais até 100m de profundidade), sendo ideais para tecido urbano) e as horizontais (que ocupam grandes áreas onde não pode ser plantado nem instalado nenhum elemento posteriormente) [27]. O seu modo de funcionamento é apresentado de seguida na Fig. 2.60.

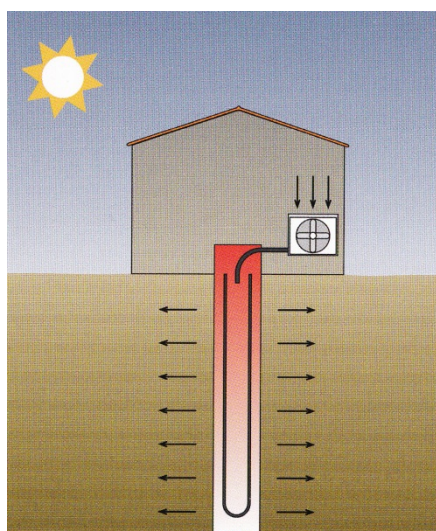


Fig. 2.60 – Energia Geotérmica Vertical (modo de funcionamento) [14].

A climatização do interior da moradia utilizando ambos os sistemas, pode ser efetuado através do piso radiante, aquecedor de convecção ou aquecedores convencionais. No caso de um edifício localizado numa zona de clima mais húmido, recomenda-se a utilização do piso radiante apenas para aquecimento, pelo que se o piso for usado para arrefecimento, pode ocorrer o risco de condensações.

A título comparativo com sistemas convencionais de aquecimento a gás, o sistema geotérmico pode reduzir até 70% o consumo deste combustível fóssil [14].

2.3.4.6. Climatização

Existe um vasto conjunto de medidas ativas que podem ser aplicadas quando os sistemas passivos não são suficientes para responder perante as necessidades energéticas do edifício.

O piso radiante (Fig. 2.61) é uma das soluções mais ecológicas e eficazes para aquecimento ou arrefecimento dos espaços integrantes de uma habitação. Na sua constituição podemos encontrar uma malha de tubos de polietileno reticulado que distribui o calor ou o frio associado está um coletor de distribuição. Este sistema é alimentado por água que é normalmente aquecida por uma instalação solar térmica anteriormente descrita. É considerado como um tipo de aquecimento “invisível” porque já que está integrado no piso e tem a vantagem de ser uma fonte de aquecimento uniforme e não pontual com um aquecedor convencional. Não devem contudo ser usados os pisos radiantes elétricos já que a probabilidade de avaria é superior e têm um consumo mais elevado de energia.



Fig. 2.61 – Piso Radiante [48].

Este tipo de sistema também pode ser utilizado em paredes e tetos, com a instalação de painéis radiantes. Não é uma solução tão utilizada pois não gera uma distribuição tão uniforme do calor nas divisões em que está inserido.

Outra das soluções ecológicas de aquecimento é o aquecedor a *Pellets* (Fig. 2.62). Este tipo de aquecimento evita o uso de fontes não renováveis de energia (combustíveis fósseis) e ainda fontes renováveis como é o caso da madeira. Países como Estados Unidos, Suécia, Áustria e França adotaram este sistema há alguns anos e têm sido adaptados cada vez mais para os módulos habitacionais. O pellet é um tipo de material obtido da reciclagem de lascas e/ou serragens provenientes da indústria agroflorestal e é 100% biodegradável. Têm um poder de aquecimento de 4.500 kcal/kg [14]. A transformação é feita com os resíduos florestais a serem submetidos à trituração, secagem e prensagem e o seu aspeto final é o apresentado na figura seguinte:



Fig. 2.62 – Aquecimento a Pellets [49].

Nos aquecedores a *pellets*, o controlo da chama é realizado por um termostato eletrónico. Após a combustão dos *pellets*, é possível aproveitar as suas cinzas para adubar jardins. Em termos práticos 360kg de *pellets* servem para produzir 1.800kWh de energia calorífica. Se for usada outra fonte de alimentação para os aquecedores, o seu rendimento diminui. O seu preço de aquisição e instalação varia entre os 5.500 e os 9.800€ [14]. A sua manutenção é simples, envolvendo apenas uma limpeza anual e remoção das cinzas mais regularmente. Outra vantagem da utilização do aquecedor a *pellets*, para além de todas as razões climáticas, é o facto de o preço do *pellet* ser muito constante ao contrário dos preços dos combustíveis fósseis.

Uma outra solução de aquecimento é o uso dos radiadores a água, que como o próprio nome indica, usam a água como fluido de aquecimento. É uma solução com o modo de funcionamento semelhante ao do piso radiante, já que também pode ser alimentado por uma instalação de energia solar térmica, ou ainda por uma bomba de calor ou por aquecedores de condensação. São usados já desde há muitos anos pelo que a sua longa existência permite um melhoramento progressivo na sua eficácia e rendimento. Segundo dados anunciados pela empresa belga, Jaga, este tipo de aquecimento permite a poupança de 12% relativamente ao uso de fontes de aquecimento convencionais [14].

Caldeiras é o sistema de aquecimento mais usado na atualidade no nosso país. Este dispositivo serve-se de combustíveis fósseis (normalmente gás ou elétricas - Fig. 2.63) para aquecimento de água para ser distribuída pela habitação. Quando são usadas as caldeiras a gás natural, estas consomem o dobro de CO₂ relativamente às elétricas, pelo que não é uma solução tão sustentável.



Fig. 2.63 – Caldeira Elétrica [50].

Uma boa aposta aquando da aquisição de uma caldeira a gás, será a escolha de uma caldeira de condensação (Fig. 2.64), que representa uma poupança de gás até 40% em relação às ditas normais. A diferença para esta variante é que aqui são aproveitados os gases da combustão elevando desta forma a eficiência até aos 98% [14].

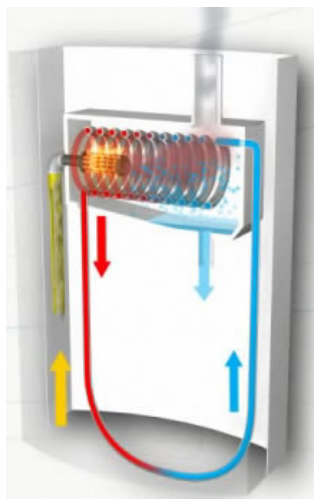


Fig. 2.64 – Caldeira de Condensação de Gás [51].

Idealmente, sob o ponto de vista de conforto e de eficácia, os sistemas devem permitir regular o ambiente (temperatura) de cada divisão individualmente ao longo do dia, já que não faz sentido aquecer em demasia zonas que não são tão utilizadas, o que faria com que se gerasse desperdício energético. Para isso foram introduzidas nestes sistemas, as válvulas termostáticas em cada ponto de aquecimento que permitem obter a regulação pretendida e, com isso, economizar energia e consequentemente gastos.

Referência ainda para uma outra variante de produção de caldeiras ecológicas, as caldeiras COMBI. Estes aparelhos funcionam também eles a gás e são capazes de aquecer apenas a água requisitada pelo utilizador, sem ser necessário aquecer todo o depósito de água. É essencial um bom isolamento para os tubos por onde corre a água como meio de não ocorrerem perdas de calor.

A Fig. 2.65 mostra o modo de funcionamento deste tipo de caldeira, que contém um dispositivo (Zenex) que extrai energia residual dos gases e desta forma aquece previamente o dispositivos de alimentação de água fria. Com este anexo é possível poupar até 5.000 litros de água e economizar cerca de 11% de gás para além de poupar o ambiente com cerca de uma tonelada de emissões de CO₂ num ano. O seu preço de aquisição ronda os 650€ [14].

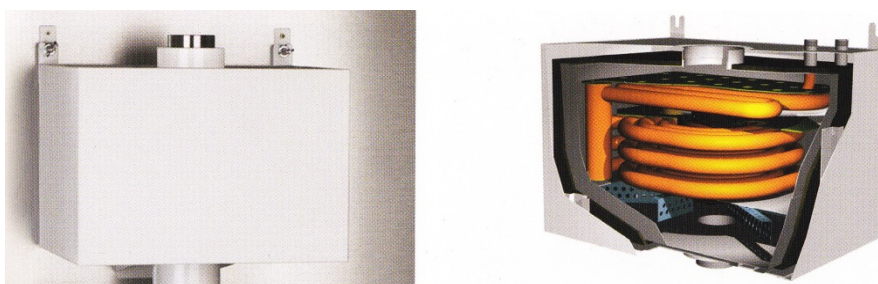


Fig. 2.65 – Caldeira COMBI, (pormenor) [14].

As bombas de calor usam energia para extrair calor do ar captado do exterior libertando-o no interior das edificações. Em termos de eficiência energética, é um dos sistemas com maior rendimento já que para cada quilowatt-hora que consomem, geram 2,5 a 3 kW de calor ou frio [14].

Passando agora para sistemas de arrefecimento, é possível a adoção de ventiladores quando a ventilação cruzada não é suficiente. Estes devem prevalecer sempre perante a hipótese de sistemas AVAC. Trata-se de pequenos aparelhos que têm um menor consumo energético e não necessitam de líquidos de refrigeração nem do uso de produtos químicos.

Existem alguns produtos disponíveis no mercado, que segundo os fabricantes têm um consumo inferior ao de uma lâmpada incandescente de 100W.

Nota para os sistemas de AVAC que devem ser evitados ao máximo já que envolvem grandes dispêndios energéticos, emissões de CO₂ e ainda perigos para a saúde pública quando lhes é dada a manutenção devida.

2.3.4.7. Iluminação

Em todos os projetos se deve maximizar o aproveitamento da luz natural (estratégia passiva) como meio de evitar maior utilização de luz elétrica (medidas ativas) para as necessidades energéticas dos edifícios. Contudo, é sempre necessário o uso de estratégias ativas quando projetamos um edifício. Pretende-se nesta secção destacar dessas medidas, as mais sustentáveis e que apresentem melhores resultados com elevados rendimentos e menores consumos.

Desde logo devem ser eliminadas quaisquer soluções associadas a lâmpadas de halogéneo e lâmpadas incandescentes, pois possuem elevado consumo energético e consequentemente poluem o ambiente. Do seu consumo total de energia, apenas 5% são convertidas em luz e o restante é desperdiçado em calor. A União Europeia introduziu um plano que visava a eliminação definitiva das lâmpadas incandescentes entre os anos de 2009 e 2012.

Existem então dois caminhos possíveis em busca da sustentabilidade no que toca à iluminação elétrica:

- a utilização de lâmpadas de baixo consumo energético, que podem ser adaptadas aos candeeiros existentes;
- criação de módulos de iluminação em LED.

O LED (*Light-Emitting Diode* – díodo luminescente), Fig. 2.66, começou por ser usado para complexos industriais e zonas públicas, mas rapidamente ganhou popularidade devido aos seus contidos consumos e passou a ser adotada para uso doméstico. É ainda mais eficaz que as lâmpadas de baixo consumo tendo as vantagens de consumir ainda menos e não demorar a atingir a plena luz que proporciona como acontece com as anteriores. Podem economizar até 80% de energia comparadas às lâmpadas incandescentes [14].



Fig. 2.66 – Lâmpada de tecnologia LED [52].

A longevidade destas lâmpadas é também um dos seus pontos fortes, já que a sua vida útil está estimada em aproximadamente 219 mil, contra as estimadas mil horas previstas para as incandescentes e as 10 mil horas das fluorescentes [14].

2.3.4.8. Domótica

A domótica é uma nova tecnologia que tem como objetivo a gestão dos recursos domésticos e a simplificação da vida das pessoas (Fig. 2.67).

Domótica é a junção das palavras “Domus” (casa) e Robótica e pretende controlar e conciliar a iluminação, climatização e a segurança das habitações, adaptando contudo às necessidades de cada um e às condições exteriores em que o edifício está inserido [53].

Na prática permite ao utilizador usufruir dos dispositivos eletrónicos da casa de forma automática, pelo que este apenas terá que programar sua forma de funcionamento que melhor lhe convenha para que estes criem uma rotina automatizada. Para que esta tecnologia trabalhe em função do programado, é essencial a comunicação entre diversos aparelhos. Esta comunicação dá-se entre diferentes pontos como a internet, telefone, televisão, aparelhagens que interagem com os pontos de iluminação (luzes, cortinas), aquecimento, entre outras tecnologias.

Como pequena referência ao que a domótica permite fazer com sistemas de aquecimento, é possível dizer que os sistemas com regulação automatizada adaptam a temperatura interior em função da registada no exterior, da hora do dia, da área e da presença de pessoas no seu interior. O controlo automático inteligente de toldos, cortinas e persianas permite o aproveitamento ou bloqueio da entrada de luz natural e, consequentemente, dos ganhos solares passivos de acordo com as necessidades térmicas da casa em cada altura do ano. Serve ainda a presente tecnologia para alertar se existem problemas elétricos com qualquer aparelho associado.

Quanto à adaptação da domótica aos sistemas de iluminação, estes são controlados de modo a controlar a intensidade de luz no interior. Assim a domótica permite a adaptação da iluminação em função da variação da luz natural, da divisão em questão, da presença de pessoas e da hora do dia. O controlo automático de toldos, persianas e cortinas funciona do mesmo modo anteriormente descrito para os sistemas de aquecimento. Segue-se um esquema de explicação do funcionamento de um sistema domótico da iluminação:

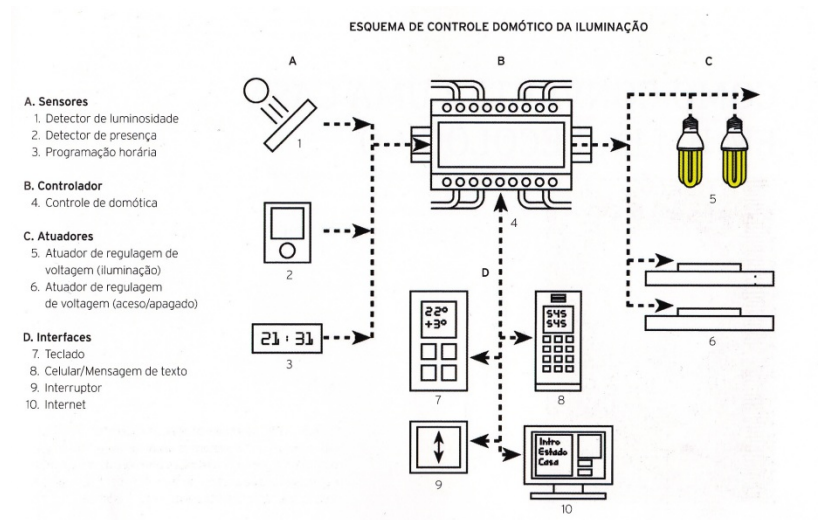


Fig. 2.67 – Esquema de Domótica aplicada à Iluminação[14].

3

GESTÃO SUSTENTÁVEL DO PROCESSO CONSTRUTIVO

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL

3.1. APLICAÇÃO DE PRÁTICAS VERDES AO PROJETO

3.1.1. INTRODUÇÃO

O processo construtivo surge como um “modelo” de complexidade elevada que visa responder a exigências de várias partes de uma forma otimizada. A sua complexidade advém das inúmeras questões que se levantam em todas as áreas que este abrange. Para além de ter que responder às exigências do utilizador, tem também que responder perante questões ambientais, sociais, económicas e de qualidade. Por outras palavras, pretende-se demonstrar que os pilares de sustentabilidade estão presentes em todas as fases que englobam o processo construtivo.

Neste ponto pretende-se apresentar uma série de “regras” de boa conduta com consciência verde na conceção dos edifícios, dando especial atenção à fase de projeto, não descartando contudo a fase de construção. Para tal é necessário uma identificação clara das fases que dividem este processo construtivo. O modelo que irá ser seguido tem as seguintes etapas:



Fig. 3.1 – Etapas do Processo Construtivo [54].

É possível agrupar estas cinco etapas em três fases fundamentais do processo construtivo:

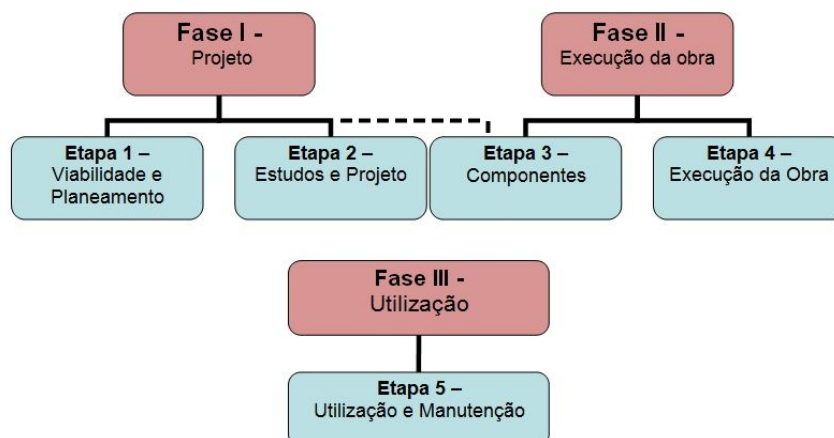


Fig.3.2 – As três fases do Processo Construtivo: Projeto, Execução da Obra e Utilização [Diagrama do Autor].

Depois de identificadas as várias fases pelas quais passa o processo construtivo, será agora identificado todo um conjunto de estratégias verdes que lhe devem ser características durante todo o processo.

3.1.1.1. Fase I – Projeto

O projeto de uma obra de construção civil é constituído também ele por diferentes fases. Estas podem diferir entre diferentes projetos pelo que para uma correta análise irá recorrer-se à constituição de um projeto da Portaria 701-H de 2009, onde constam as seguintes fases:

- programa Preliminar;
- programa Base;
- estudo Prévio;
- anteprojecto;
- projeto de Execução;
- organização da Documentação de Comunicação;
- assistência Técnica.

O quadro 3.1 apresenta as estratégias verdes a serem consideradas em cada uma destas fases de projeto. Contudo estas estratégias visam apenas os objetivos sob o ponto de vista sustentável a serem aplicados.

Quadro 3.1 – Estratégias Verdes na Fase de Projeto; adaptado de [5].

Fase do Projeto	Estratégias
Programa Preliminar	▪ Identificar projeto verde como prioridade; ▪ Acordar objetivos de comportamento ambiental do edifício; ▪ Dar preferência a terrenos degradados (<i>brownfield</i>) aos terrenos situados em ecossistemas bem desenvolvidos (<i>greenfield</i>);

Quadro 3.1 - Cont – Estratégias Verdes na Fase de Projeto; adaptado de [5]

Programa Base	▪ Analisar o local para verificação da luz natural, condições de abrigo e sombra; ▪ Pesquisar a tipologia do edifício e analisar exemplos de boa prática; ▪ Considerar limites orçamentais e tudo o que com eles é possível fazer;
Estudo Prévio	▪ “Layout”: utilizar estratégias solares passivas, incluindo a luz natural; ▪ Proporcionar o acesso ao sol nas áreas de maior utilização do edifício; ▪ Utilizar inércia térmica para reduzir flutuações de temperatura no interior; ▪ Maximizar a penetração de luz solar, usando desenhos de projeto; ▪ Considerar métodos de abastecimento de água e gestão dos resíduos; ▪ Escolher materiais de fabrico local; ▪ Efetuar estudos iterativos com conceções de desenho para avaliar os diferentes comportamentos;
Anteprojeto	▪ Considerar o pé-direito dos compartimentos tendo em vista o aquecimento, arrefecimento e iluminação natural; ▪ Verificar inércia térmica face ao padrão de utilização do edifício: intermitente ou contínuo; ▪ Otimizar a proporção e a distribuição das aberturas na envolvente exterior, considerando o sistema de aquecimento e iluminação; ▪ Especificar critérios de desenho para os serviços; ▪ Avaliar os possíveis comportamentos do edifício e adapta-los aos objetivos estipulados; ▪ Ultime o projeto para aprovações regulamentares: considerações ao nível dos sistemas de iluminação natural/ventilação/passivos e ativos; ▪ Seleção final de materiais e de métodos construtivos, tendo em conta a inércia térmica, aberturas, sombreamento e a origem dos materiais.
Projeto de Execução	▪ Desenvolver as especificações para que o trabalho possa ser bem executado e se possa gerir de forma sustentável o local da obra; ▪ Pormenorizar tendo em conta o comportamento térmico, luz e ventilações naturais; ▪ Especificar as caixilharias de janelas e portas considerando o seu desempenho ambiental assim como a aplicação; ▪ Acabamentos interiores devem ser “amigos do ambiente”; ▪ Ao selecionar os sistemas de aquecimento e arrefecimento, ter em conta o seu desempenho energético (classes energéticas); ▪ Adjudicar os sistemas de iluminação elétrica e rede de domótica associada tendo em conta os seus baixos consumos; ▪ Especificar os dispositivos sanitários para um baixo consumo de água.

Ter em conta que ao longo do processo projetual é possível efetuar alterações ao mesmo. Contudo, e à medida que se avança nas fases de projeto as possibilidades de alteração diminuem, assim como o respetivo poder de decisão. Logo quaisquer tipos de alterações devem ser introduzidos o mais cedo possível.

3.1.1.2. Fase II – Execução da Obra

Após a aprovação do projeto nas entidades licenciadoras e passado o processo de adjudicação e contratação de empresas e fornecedores, passa-se então para a fase de consignação dando-se início à execução da obra.

Contudo, é necessário discriminar por parte dos projetistas ao empreiteiro todo um conjunto de requisitos do desenho verde e especificações práticas construtivas que acompanhem o âmbito de sustentabilidade pretendido.

Para além de todos os objetivos típicos desta fase irão concentrar-se no quadro 3.2 algumas das estratégias verdes a adotar nesta fase.

Quadro 3.2 – Estratégias Verdes na Fase de Execução de Obra, adaptado de [5].

Fase do Projeto	Estratégias
Fiscalização e Assistência Técnica	- Proteger a paisagem natural do local da obra o melhor possível; - Assegurar a perfeição dos revestimentos de isolamento térmico e a ausência de pontes térmicas nas aberturas; - O empreiteiro não deverá substituir os materiais ou componentes sem aprovação da equipa projetista; - Assegurar métodos aceitáveis de deposição de lixos.
Receção da Obra	- Assegurar-se que o cliente e os utilizadores compreendem os conceitos e sistemas utilizados no edifício (fornecer manuais de manutenção); - Demonstrar como se poderá obter a máxima otimização sem afetar o conforto dos sistemas ativos.
Período de Garantia	Monitorização do comportamento real dos sistemas ativos face ao que foi previsto em projeto.

3.1.1.3. Fase III – Utilização

Após a receção dos trabalhos por parte do dono de obra, cabe ao utilizador com consciência ambiental tomar medidas para manter o nível de sustentabilidade no período de utilização do edifício. O quadro 3.3 apresenta algumas “dicas verdes” para o bom funcionamento dos edifícios sob o ponto de vista ambiental.

Quadro 3.3 – Estratégias Verdes na Fase de Utilização do edifício, adaptado de [5].

Fase do Projeto	Estratégias
Manutenção e Reabilitação	- Utilizar materiais de acabamento verdes onde foram inicialmente aplicados (caso de substituição); - Utilizar materiais de limpeza e higiene “amigos do ambiente”; - Efetuar uma auditoria energética antes de iniciar um projeto de alteração; - Investigar as possibilidades de melhoramento dos sistemas ativos; - Investigar as possibilidades de melhoramento das coberturas; - Ter em conta a qualidade de ar interior e um saudável ambiente edificado.

3.2. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DOS EDIFÍCIOS

3.2.1. GENERALIDADES

Até aos finais da década de 70, a sociedade não tinha quaisquer preocupações ambientais, tendo um comportamento de índole economicista, deixando para segundo plano todas as questões que afetavam o meio ambiente. A necessidade de procura de emprego levou muita gente às cidades, registrando-se um êxodo rural significativo até aos finais do século. Consequentemente, os centros urbanos cresceram exponencialmente contribuindo para uma construção desenfreada e sem preocupações ambientais [5].

Com o passar dos anos, e após uma consciencialização de que a construção contribui em muito para os problemas ambientais que afetam o nosso planeta, é que finalmente se dedica a devida atenção para esta temática. Começa a surgir o conceito de construção sustentável associado ao desenvolvimento sustentável introduzido pela comissão Brundtland. Nesta comissão foi redigido um documento que define desenvolvimento sustentável como aquele que *“satisfaz as necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades”* [7].

Mais que nunca apela-se para que seja encontrado um equilíbrio entre o ritmo do desenvolvimento económico e a capacidade de regeneração dos recursos naturais oferecidos pela Natureza. Assim, o conceito de construção sustentável surge como meio de minimização dos impactos ambientais e ecológicos sobre o ambiente provocados pelo setor da construção civil. Desta forma os objetivos de proteção ambiental concretizam-se através de práticas verdes na conceção, tratamento, reabilitação e desmantelamento do tecido edificado. Para garantir a procura de sustentabilidade num determinado projeto existem sistemas de classificação que reconhecem objetivamente se é atingido ou não o nível de sustentabilidade pretendido.

3.2.2. MÉTODOS DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL

Os sistemas de certificação Ambiental surgem essencialmente como instrumento de avaliação e reconhecimento da sustentabilidade de um projeto. Para uma avaliação mais detalhada e precisa, é necessário considerar a obra no seu todo, isto é, considerar as várias fases que lhe estão associadas, desde a sua conceção até ao desmantelamento, passando pelas etapas da construção e gestão do edifício. Mais ainda, é essencial uma ponderação perante o desenvolvimento sustentável local e todas as condicionantes que lhe são inerentes, como a saúde, qualidade do ar, a eficiência energética, gestão da água, o uso racional de materiais e todo o leque de questões sociais e económicas.

Para tal, é necessário reunir todo este conjunto de áreas de avaliação de forma a sintetizar todos os objetivos que se pretendam atingir. Serve este conjunto de critérios também para facilitar e orientar todos os elementos envolvidos no processo construtivo nas suas decisões. Assim é-lhes possível (projetistas, promotores, empreiteiros e próprios utilizadores) reconhecer os impactos ambientais, o desempenho e a qualidade dos edifícios, uma vez que os resultados são apresentados de forma simples e concreta.

O procedimento de avaliação está normalmente organizado pela divisão das vertentes em que assenta o conceito de sustentabilidade: Ambientais, Económicas e Sociais. Em cada uma destas vertentes existem um ou mais critérios de referência que são ponderados de forma a proporcionar uma avaliação mais detalhada. A metodologia associada a estes métodos de certificação ambiental é de todo muito simples: o resultado é obtido através do somatório das ponderações individuais dos critérios apresentados; seguidamente, este resultado é comparado a uma escala de classificação dividida em

vários níveis de sustentabilidade; quanto maior é o número de pontos obtidos, melhor é o seu desempenho ambiental [8].

Existe nos dias que correm uma grande oferta de metodologias voluntárias de avaliação da sustentabilidade nos edifícios e, cada vez mais, diferentes países têm vindo a desenvolver os seus próprios programas de avaliação, adaptando-os às suas realidades [8]. A nível mundial destaque para a BREEAM (Reino Unido), LEED (Estados Unidos), CASBEE (Japão), SBTool (Canadá), HQE (França) e DGNB (Alemanha). Destes irão ser aqui estudados os métodos do BREEAM e LEED por serem os mais frequentemente utilizados e mais populares. A nível nacional o destaque vai para os sistemas do LiderA e SBTool-pt, os quais serão desenvolvidos de seguida.

3.2.2.1. BREEAM

O sistema BREEAM foi o primeiro sistema voluntário que surgiu para avaliação da sustentabilidade dos edifícios. Segundo [8], este método surgiu no Reino Unido através de uma parceria entre o BRE com elementos do setor privado da indústria da construção nos anos 90. Foi inicialmente desenvolvido para novos edifícios de escritórios, mas rapidamente foram criadas variantes para avaliação do setor da construção residencial, industrial, comercial e escolar. É uma metodologia que é especialmente apontada para a avaliação ainda em fase de projeto.



Fig.3.3 – Logótipo BREEAM [55].

A sua avaliação é feita em 3 diferentes escalas: a nível local, global e interior do edifício. Baseia-se na atribuição e ponderação de créditos, que estão agrupados em diferentes áreas: gestão, saúde e bem-estar, energia, transportes, água, materiais, resíduos, poluição e por último ecologia e uso do solo. A sua metodologia de avaliação é feita de acordo com duas fases distintas: a relativa às características construtivas de projeto e a relativa à manutenção e gestão do edifício [8]. Assim sendo, e para melhor perceção da atribuição e ponderação dos créditos nas diferentes áreas, apresenta-se a figura seguinte:

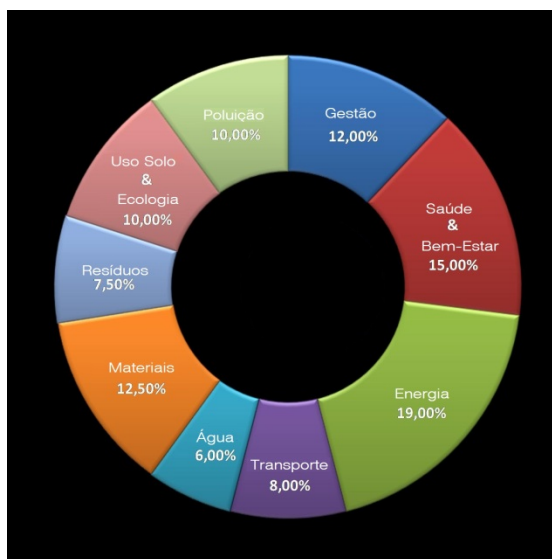


Fig.3.4 – Ponderação das áreas de avaliação para edifício de habitação - BREEAM [56].

Para além da atribuição de créditos a cada uma das áreas de avaliação, é necessário apresentar resultados de forma a serem facilmente interpretados por parte dos envolvidos (como já referido). Assim, e em função do número de créditos obtidos é possível classificar os edifícios relativamente ao seu nível de sustentabilidade [57]. Para tal foi estabelecida uma escala que diferencia os seguintes níveis de sustentabilidade de acordo com os créditos obtidos. O quadro 3.4 exprime esta classificação:

Quadro 3.4 – Classificação BREEAM [57].

Classificação BREEAM	Pontuação [%]
Sem Classificação	<30
Positivo	≥30
Bom	≥45
Muito Bom	≥55
Excelente	≥70
Excecional	≥85

3.2.2.2. LEED

No final da década de 90, surgiu nos Estados Unidos da América um outro sistema voluntário de avaliação do grau de sustentabilidade dos edifícios, LEED. Este sistema, também ele inovador, goza de uma plataforma de certificação online para uma análise mais rápida por parte dos elementos envolvidos numa obra [8, 58].



Fig.3.5 – Logótipo LEED [59]

Assim como o sistema BREEAM, o LEED tem versões para aplicação em diferentes tipologias de edifícios, diferenciando também os critérios de avaliação. O LEED é capaz de avaliar os seguintes tipos de utilização de edifícios: habitação, espaços comerciais, elementos de construção (estrutura, envolvente e AVAC) e edifícios existentes. As variantes ponderadas são avaliadas em todas as fases da obra (projeto, construção e operações de gestão) [8].

A grande diferença entre este método e o Breeam reside no facto de neste existir uma pré-seleção dos projetos. Aqui só são sujeitos a avaliação os projetos que cumpram uma *check list* de dez pré-requisitos, como por exemplo: eficiência energética, qualidade da água, qualidade do ar interior, entre outros.

Registam-se ainda algumas diferenças quer nas áreas de avaliação, quer na respetiva ponderação de créditos entre as mesmas. Baseado também nos três pilares da sustentabilidade, as áreas de avaliação do LEED são as seguintes: sustentabilidade local, eficiência da água, energia e atmosfera, materiais e

recursos, qualidade do ambiente interior, desenho e inovação [57]. A atribuição de créditos e sua ponderação é apresentada na Fig. 3.6.

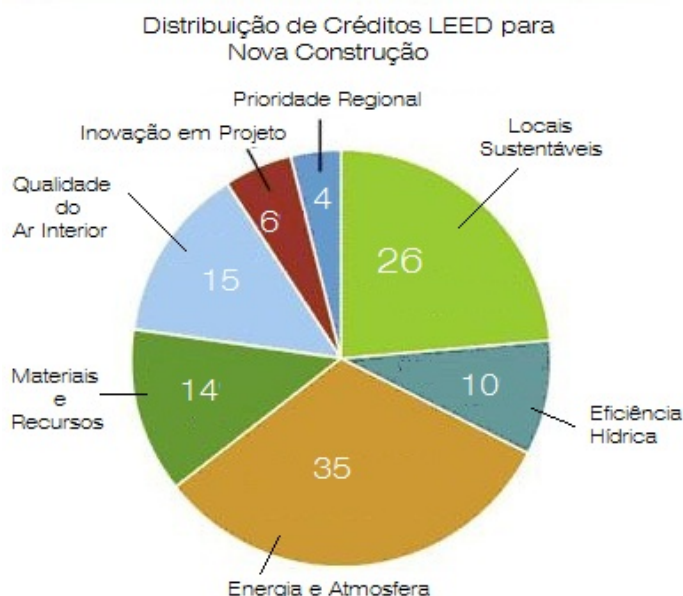


Fig.3.6 – Categorias de avaliação e ponderação LEED [60].

A sua classificação é, como no caso anterior, dada em função do somatório dos créditos. Os níveis de certificação de sustentabilidade são aqui diversos dos anteriores, sendo que se apresentam com a seguinte distribuição:

Quadro 3.5 – Classificação LEED [57].	
Classificação LEED	Pontos
Certificado	40 – 49
Prata	50 – 59
Ouro	60 – 79
Platina	≥80

O sucesso da sua aplicação tem feito com que outros sistemas de certificação ambiental/sustentabilidade na construção tenham sido criado noutros países, sendo posteriormente adaptados às realidades de cada um deles. Desta forma surgiram naturalmente também em Portugal vários sistemas de certificação, os quais serão tratados de seguida.



Fig.3.7 - Níveis de certificação LEED [61].

3.2.2.3. LiderA

A LiderA surgiu em 2005 pelas mãos de Manuel Pinheiro como o primeiro “sistema voluntário de apoio ao desenvolvimento de soluções e avaliação da sustentabilidade da construção, que atribui, em caso de desempenho comprovado, uma certificação de edifício sustentável” em Portugal [62]. Assim como nos projetos anteriormente descritos, também este sistema se destina informar e orientar promotores, projetistas, empreiteiros, gestores, entre outros elementos ligados ao processo construtivo na busca da sustentabilidade para os edifícios a serem tratados, seja construção nova ou edificado já existente.



Fig.3.8 - Logótipo LiderA [63]

Para assumir a sustentabilidade é necessário que os empreendimentos a serem avaliados assentem numa filosofia de procura das seguintes vertentes [62]:

- integração Local;
- conforto Ambiental;
- consumo de Recursos;
- vivência Socioeconómica;
- cargas Ambientais;
- uso Sustentável.

Estas vertentes são posteriormente esmiuçadas em áreas de avaliação mais detalhada, às quais irão ser atribuídos critérios de desempenho. A figura 3.9 demonstra a organização deste processo.

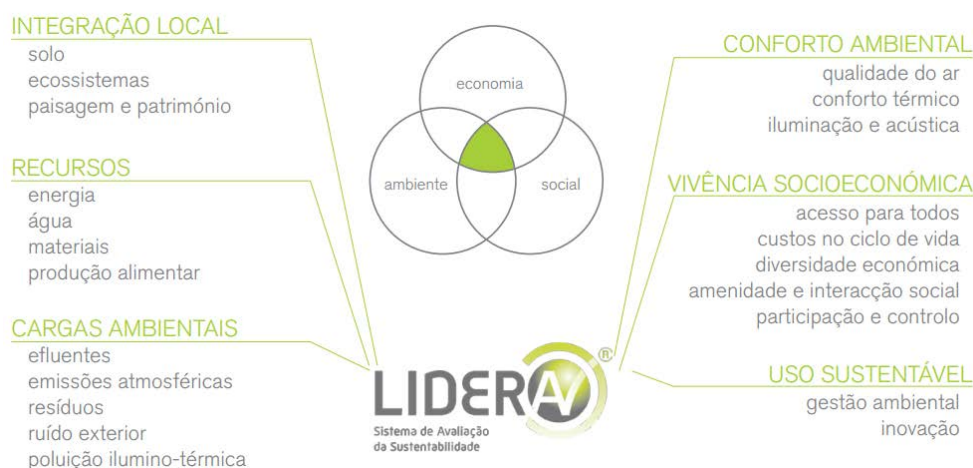


Fig.3.9 - Organização do método LiderA: vertentes e áreas em avaliação [62].

Para a sua avaliação e certificação, a LiderA atribuiu uma escala de desempenho sustentável cujo modo de atribuição é feito em função de uma prática de referência por critério. Esta escala varia entre G (pior desempenho) e o nível A++ (melhor desempenho). Segundo [LiderA, 2010], “por cada critério é possível, utilizando os limiares do LiderA e comparando com as soluções ou desempenhos, verificar como se posiciona face à prática de referência, se é igual à classe E (referência), se melhora o seu desempenho, por exemplo: em 25% será de classe C, em 50% de classe A, em 75% de classe A+ ou em 90% será de classe A++ [62].

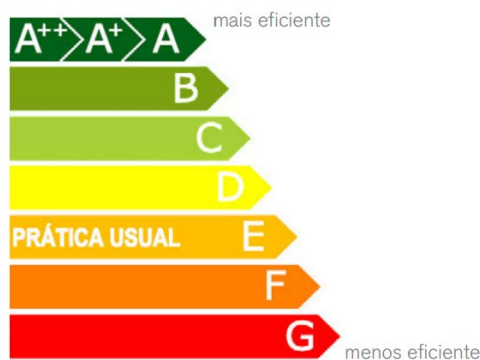


Fig.3.10 - Níveis de desempenho sustentável [63].

Este método está presente em todas as fases do empreendimento, contudo é dada mais atenção durante a fase de projeto como evidencia a figura 3.11.



Fig.3.11 - Acompanhamento do método nas diferentes fases do Empreendimento [62].

Por último e não menos importante, o sistema de certificação LiderA apenas emite certificados para os empreendimentos que atinjam um nível mínimo de sustentabilidade da classe C.

3.2.2.4. SBTool-pt

O SBTool-pt é um outro método nacional voluntário de avaliação de sustentabilidade de empreendimentos. Esta ferramenta baseia-se no seu homólogo internacional SBTool (Canadá) e adaptada para o cenário nacional de construção através de uma cooperação entre a Ecochoice, o iiSBE Portugal, Laboratório Nacional de Energia e Geologia e ainda o LFTC-UM. O seu âmbito de atuação está também assente nos três pilares da sustentabilidade: ambiental, social e económico [8].



Fig.3.12 - Logótipo SBTool-pt [64].

A análise do sistema compreende a avaliação das três dimensões, as quais estão divididas em nove categorias e, posteriormente, trinta parâmetros. O quadro 3.6 apresenta de forma sucinta as áreas em avaliação.

Quadro 3.6 – Avaliação da sustentabilidade SBTool-pt [65].

Dimensões	Categorias para avaliação
Ambiental	Alterações climáticas
	Qualidade do ar exterior
	Biodiversidade
	Energia
	Utilização de materiais
	Produção de resíduos sólidos
	Consumo de água
Sociedade	Conforto e saúde dos ocupantes
	Acessibilidades
	Sensibilidade e educação
Economia	Avaliação dos custos de ciclo de vida

Este método tem um modelo de avaliação diferente dos restantes. A grande diferença reside no facto de este sistema considerar uma normalização dos critérios numa fase anterior à sua agregação. Esta normalização permite diferenciar de forma evidente as melhores práticas, as práticas consideradas e as práticas de referência, sendo que na sua avaliação é atribuído o valor de 1 para a melhor prática registada e o valor de 0 para a prática de referência [8]. A metodologia é evidente na figura 3.13.



Fig.3.13 - Procedimento de avaliação SBTool-pt [66].

Já no que diz respeito à sua classificação final, este método apresenta os seguintes níveis de sustentabilidade para edifícios:

Melhor Prática	A ⁺	$\bar{P} > 1,00$
	A	$0,70 < \bar{P} \leq 1,00$
	B	$0,40 < \bar{P} \leq 0,70$
	C	$0,10 < \bar{P} \leq 0,40$
	D	$0,00 \leq \bar{P} \leq 0,10$
Prática convencional	E	$0,00 < \bar{P}$

Fig.3.14 - Níveis de desempenho sustentável SBTool-pt [66].

Como é possível observar, esta distribuição dos vários níveis de desempenho sustentável é semelhante à utilizada pelo sistema LiderA, no entanto a distribuição e ponderação de critérios é diferente, assim como o sistema de pontuação. Assim como o sistema anterior, também o SBTool-pt, só emite certificação de edifício sustentável quando este obtiver uma pontuação mínima correspondente à classe C.

3.2.3. ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

3.2.3.1. Generalidades

A análise de ciclo de vida surge no sentido de responder às exigências cada vez maiores de uma sociedade consciente dos problemas ambientais que afetam o nosso planeta e, deste modo, exigir detalhe no que diz respeito aos impactos que todos os produtos têm na natureza. O interesse crescente sobre esta problemática determina que todos os elementos ligados ao projeto, construção, operação, manutenção e desmantelamento desenvolvam metodologias que respondam perante estes desafios de índole ecológica. É aqui que aparece a análise de ciclo de vida, com o objetivo de detalhar cada uma das fases da sua existência e verificar quais os impactos que lhes estão associados e, de uma maneira geral, verificar se é a melhor opção para o projeto que lhe é respetivo.

Assim, e de uma forma genérica é possível afirmar que é impossível tratar a construção como sustentável, sem que seja feita uma análise de ciclo de vida que comporta diferentes áreas.

A análise de ciclo de vida é baseada nos três pilares do modelo de desenvolvimento sustentável: Social, Económico e Ambiental e é dividida também em três tipos de avaliação [67]:

- Avaliação de Ciclo de Vida (ACV do LCA – Life Cycle Assessment);
- Custos de Ciclo de Vida (CCV do LCC – Life Cycle Cost);
- Desempenho funcional do produto.

A ACV centra-se numa avaliação dos impactos ambientais que o produto poderá provocar ao longo da sua vida; o CCV assenta numa análise essencialmente económica do produto ao longo da sua vida; por último, o desempenho funcional avalia todo o sistema (constituintes/materiais do produto) considerando todo o conjunto de requisitos pelos quais tem que responder.

A análise de ciclo de vida centra-se, por isso, numa análise a longo prazo, que pretende monitorizar o comportamento do edifício abrangendo as áreas referidas. Os objetivos que pretende atingir são o retrato de forma completa a interação entre o desenvolvimento da obra e o ambiente; a consciencialização dos impactos que toda a atividade humana tem no ambiente; e produzir informação para futuras obras de modo a melhorar as opções a tomar no futuro.

3.2.3.2. Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

A análise de ciclo de vida é *“um processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade através de identificação e quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões assim como identificar e avaliar oportunidades de realizar melhorias ambientais”* [8]. Esta avaliação comporta todos os processos envolvidos no ciclo de vida de um determinado produto a ser avaliado, desde a sua extração até ao seu desmantelamento e deposição final (ou reutilização), passando por uma série de etapas: processamento de matérias prima, transformação, transporte e aplicação.

Segundo [8], é essencial uma análise alargada ao seu período de vida útil já que todas as fases que compõem o processo construtivo têm implicações ambientais. Desta forma todas elas devem ser analisadas. É ainda um modo que permite uma análise formal da interação de um sistema, que pode ser um material, um componente ou um conjunto de componentes, com o ambiente ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Em termos de conceito adaptado à construção, a ACV foi definida por uma série de normas internacionais sendo que a definição atualmente utilizada pertence à norma ISO 15 392 datada de 2008 na qual consta a seguinte definição de ciclo de vida: *“Etapas consecutivas e interligadas do objeto em consideração”*.

Efetivamente é possível adaptar esta análise a duas realidades: a do ciclo de vida do edifício, a qual analisa o processo construtivo na íntegra abordando as suas várias fases desde a ideia inicial até ao fim de vida do edificado (Fig. 3.15) e a do ciclo de vida dos produtos de construção, que estuda todo o processo de extração, tratamento, transportes, aplicação, fim de vida e destino final destes produtos (Fig. 3.16).

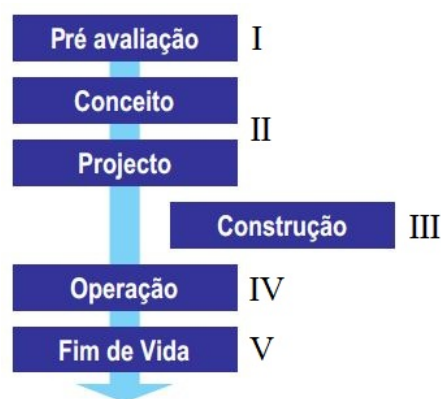


Fig.3.15 – Etapas consideradas no processo construtivo de um edifício, adaptado de [8].

Para melhor compreensão da importância da avaliação de ciclo de vida em cada uma das fases inerentes a uma obra, será de seguida apresentada uma síntese dos contributos que esta análise tem perante cada uma das fases acima descritas [8, 68]:

Fase I – Ideia e Conceito (Pré-avaliação): nesta fase resumem-se os objetivos do projeto, decide-se sobre o conceito do edifício e função do mesmo. Aqui o contributo das ferramentas de ACV é muito geral, onde apenas poderão ser fornecidos instrumentos de orientação e ponderação, como é o caso da intenção do dono de obra, isto é, a sua pretensão a nível de desempenho do edifício;

Fase II – Conceção e Projeto: é aqui que a maioria das consequências do ciclo de vida do edifício é determinada. Logo, nesta fase é imperial o uso das ferramentas ACV de modo extensivo;

Fase III – Construção: a maior consequência para o ambiente nesta fase da obra é o elevado consumo de materiais e a produção de resíduos. Muitas das decisões de transporte são tomadas nesta fase. Contudo, estas decisões devem ser influenciadas pelas medidas estratégicas de proteção ambiental tomadas anteriormente em fase de projeto como meio de minimizar todo o conjunto de impactos no meio ambiente;

Fase IV – Operação e Renovação: a fase de utilização do edifício é aquela à qual corresponde um maior dispêndio energético, de água e ainda de produção de resíduos durante um grande espaço de tempo. É essencial seguir as linhas de orientação previstas em projeto para um bom funcionamento do edifício sem fazer aumentar os custos previstos. Quanto à renovação, é necessária uma escolha adequada de novos materiais, sendo que é também indispensável o uso das ferramentas ACV e consulta do projeto para o apoio de decisões;

Fase V – Desmantelamento ou Reutilização: corresponde ao fim do ciclo de vida do edifício ou à reutilização do mesmo. As linhas orientadoras proporcionadas pelas ferramentas ACV são apropriadas essencialmente para o caso de reciclagem de componentes.

A figura 3.16 apresenta de forma sucinta as fases mais comuns a serem consideradas no estudo de ciclo de vida de um produto e demonstra também que cada uma delas tem determinados impactos no ambiente. À sequência podem ser adicionados outras etapas de acordo com o produto em análise. Equaciona ainda um possível prolongamento do ciclo de vida dos produtos, abrindo portas aos

conceitos de reutilização e reciclagem de materiais. Estas metodologias permitem uma redução significativa do consumo de recursos naturais, energia, assim como mão-de-obra quando se opta por aproveitar os produtos já existentes, e não gastar novamente energia na extração e processamento inicial. Contudo estas temáticas serão tratadas com maior nível de detalhe no ponto referente à gestão de resíduos da construção (3.3 deste capítulo).



Fig.3.16 - Fases do Ciclo de vida de um produto; trocas energéticas com o planeta [69].

O ACV, quando aplicado a edifícios, serve como referido para a avaliação dos impactos ambientais dos mesmos ao longo da sua vida útil. Contudo diferencia-se dos restantes métodos de auditoria uma vez que avalia os impactos fora do local da obra no que respeita aos materiais, isto é, começa a considerá-los desde a sua extração e processamento em fábrica.

Permite a identificação de fluxos de materiais, energia e resíduos gerados por um edifício em cada uma das suas fases (extração, processamento, transporte, uso, reuso, reciclagem e eliminação). Agrupa toda essa informação numa estrutura simples para fácil interpretação por parte dos projetistas de modo a que estes tenham acesso a informação antecipada sobre os impactos ambientais provocados por cada um dos produtos/soluções sob análise [1].

Os resultados apresentados por este método só são possíveis através da avaliação de indicadores, que analisam determinadas dimensões com relações intrínsecas complexas e de difícil dissecação individual. Os indicadores surgem aqui como meio de avaliação dos níveis de sustentabilidade de projetos em diversos contextos. O facto de se registarem cenários diferentes em cada obra e também controlo por parte dos observadores depender de cada um, faz com que esta avaliação seja na sua maioria holística. No entanto quando se seguem padrões de observação constantes em cenários idênticos, é possível uma avaliação determinística. Um indicador, enquanto parâmetro, é um atributo mensurável quantitativamente ou qualitativamente fornecendo informação e linhas orientadoras sobre um determinado fenómeno, ambiente ou área para na procura de um Desenvolvimento Sustentável mais rigoroso [8, 68].

A avaliação ambiental estratégica proporcionada pela ACV foca essencialmente a sua análise em indicadores ambientais associados à fase de construção dos edifícios. Os indicadores de utilização mais corrente são [68]:

- energia incorporada;
- resíduos sólidos gerados;

- poluição do ar (através de índices atribuídos);
- poluição da água (através de índices atribuídos);
- volume de emissões de gases de efeito de estufa (GEE);
- uso de recursos naturais (ponderado).

Após esta descrição é importante reter o conceito de Energia Incorporada: “é o cálculo dos custos económicos e de energia necessária a utilizar de montante a jusante, ou seja, desde a extração de matérias-primas até à reciclagem/reutilização dos seus produtos” [70].

De modo a obter um conhecimento mais profundo desta temática, encontra-se em ANEXO I uma lista de materiais com a respetiva energia incorporada, de modo a entender quais os materiais que podem corresponder a uma escolha mais sustentável sob o ponto de vista energético.

Posteriormente, e como nota de curiosidade é disponibilizado no ANEXO II uma lista de soluções construtivas e o seu período de vida útil expectável.

Será de seguida demonstrado nas Fig.3.17 e 3.18 um exemplo de resultados de uma Avaliação de Ciclo de Vida aplicada a um edifício. Este edifício de escritórios de 5 andares tem 600m² de área bruta de pavimento e um volume de 61.700m³. A sua estrutura é de betão e as paredes exteriores são de alvenaria com isolamento em lã mineral. As suas paredes divisórias são de dois tipos: uma de tijolos e outra de aglomerado de partículas com vigas laminadas. A análise abrange 120 partes distintas do edifício que foram divididas de acordo com a sua natureza [8]. Como foi referido anteriormente, a ACV deve ser alargada a todas as fases da obra, pelo que os resultados desta análise apresentados na Fig.3.17 dizem respeito aos impactes provocados em cada uma dessas fases. Os indicadores em ponderação foram os seguintes: alterações climáticas, acidificação, contribuição para o “smog”, eutrofização e metais pesados

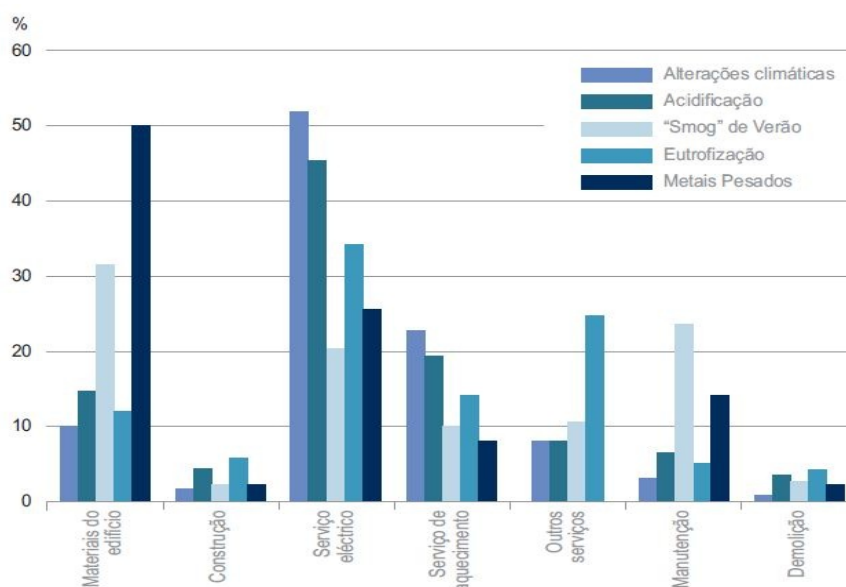


Fig.3.17 – Resultado de ACV de um edifício para as diversas fases do ciclo de vida [8].

A título exemplificativo salienta-se o impacto significativo que o serviço eléctrico tem nas alterações climáticas e também que os impactos causados durante a manutenção do edifício são superiores aos causados em fase de construção.

Outros campos de análise são permitidos com a ACV. Assim, e se se pretender realizar uma análise por sistema em edifícios, também é possível. Efetivamente, a Fig.3.18 apresenta os resultados de uma divisão do edifício em sistemas instalados.

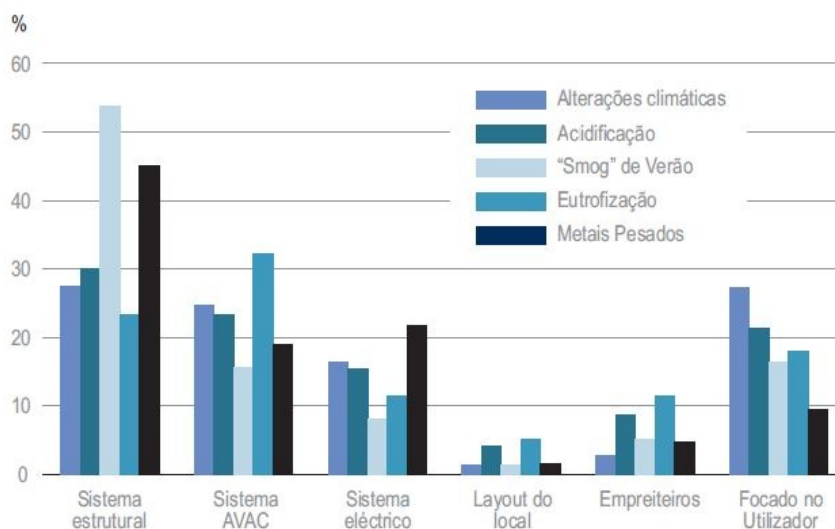


Fig.3.18 – Resultado de ACV para os diversos sistemas construtivos de um edifício [8].

Pela análise da Fig.3.18 é possível concluir que os impactos causados pelo sistema estrutural são perante todos os indicadores, superiores aos impactos causados pelo sistema elétrico do edifício, situando-se o sistema AVAC entre os dois.

3.2.3.3. Custo de Ciclo de Vida (CCV)

A partir deste método desenvolveu-se uma vertente de análise de custo do ciclo de vida (CCV). Esta avaliação estima o custo do edifício ao longo da sua vida útil, normalmente indicada entre os 30 e os 50 anos para o edifício de habitação comum. Mais ainda, neste método é possível o cálculo e comparação dos custos de ciclo de vida entre as soluções sustentáveis em estudo e a solução tradicional. É uma ferramenta sofisticada que permite a avaliação de custos e do valor do ativo durante o seu ciclo de vida e não apenas do investimento inicial [8, 67].

Até há bem pouco tempo, quando se falava de custo de um edifício, apenas se considerava o valor do investimento inicial, ou seja, o valor era inferior ao real. Isto porque a apreciação do custo global de um edifício deve ser feita incluindo não só o investimento inicial, mas também os custos de operação, manutenção e desmantelamento, sendo que estes superam muitas vezes o valor do primeiro.

O CCV deve incluir [67, 68]:

- O valor líquido dos vários projetos e estudos envolvidos: arquitetura, estruturas, térmica, acústica, Estudo de Impactes Ambientais, entre outros;
- Custos operacionais (utilização do edifício): aquecimento, ventilação, iluminação;
- Custos de manutenção (preservação do edifício): de carácter geral do edifício;
- Custos de desmantelamento e/ou reabilitação.

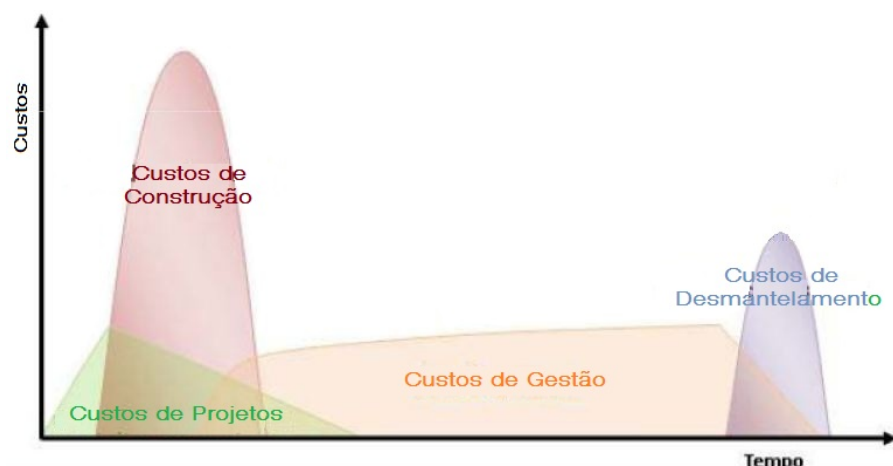


Fig.3.19 - Custos previstos no CCV [67].

Na figura 3.19 é possível observar a distribuição média de custos prevista no CCV, no que diz respeito a volume de custo em relação ao tempo. Para uma análise eficaz, o CCV tem que considerar evolução dos preços de mercado, essencialmente os preços da energia, petróleo e gás. Mais ainda deve ser tida em conta a manutenção dos equipamentos mecânicos, assim como a capacidade de reciclagem e de reutilização [8].

Com esta monitorização constante, é possível aos utilizadores (cada vez mais conscientes da realidade ambiental) terem acesso ao grau de desempenho do edifício ao longo da sua vida.

O CCV permite aos projetistas ou utilizadores uma análise de mercado para adjudicar qual a melhor solução para um determinado requisito do edifício, quer seja a construção nova ou até uma medida de melhoria. Assim sendo, para além de considerar o investimento inicial é essencial considerar todos os custos cíclicos que o sistema requer ao longo da sua vida útil.

Este procedimento é também denominado por análise técnico-económica de um determinado produto, pretende comparar diferentes soluções e escolher qual a que melhor se adapta à realidade de cada projeto. Esta análise é feita através da representação de gráficos que abrangem duas variáveis: tempo (normalmente em Anos) e custos (Euros). Estes permitem estimar períodos de retorno de diversas soluções e assim determinar a solução a adotar.

A título de exemplo, irá ser demonstrado de seguida um estudo efetuado para uma medida de melhoria de uma parede, a qual requereu um estudo técnico-económico através do software Optiterm. Neste exemplo académico pretendeu-se verificar se uma medida de melhoria numa parede era economicamente sustentável. A proposta de melhoria dizia respeito à aplicação de uma camada de ETICS no pano exterior da parede para melhoria do conforto térmico, e consequente diminuição de gastos em aquecimento ao longo da sua vida. Na figura 3.20 figuram os dados relativos às soluções inicial e melhorada, assim como todas as variáveis que lhes são impostas como o preço da eletricidade, custos iniciais, taxas de capitalização e taxas de variação de preços da eletricidade [71].

DADOS GERAIS DA FRACÇÃO AUTÓNOMA E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS					
Altitude [m] :	145		Anos	15 Ano(s) ▾	
Distancia à costa [km] :	inferior a 10 kms ▾		Taxa Capitalização (α) [%]:	3	
Concelho:	PORTO ▾		Horas de Aquecimento:	24 ▾	
Zona/Graus-dias:	I2	1610	Variação Energ.(α') [%]:	4	
Tipo de elemento:	Parede Exterior ▾		Custo Actual Energ.[€/kWh]:	0.163	
Área do elemento [m ²]:	15		Custo Investimento [€/m ²]:	35	
SOLUÇÃO INICIAL			SOLUÇÃO MELHORADA		
Nível/U _i [W/(m ² .°C)]:	N0	1.20	Nível/U _f [W/(m ² .°C)]:	N4	0.08
q _i [kWh/m ²]:	46		q _f [kWh/m ²]:	3	
Q _i [kWh]:	696		Q _f [kWh]:	46	

Fig.3.20 – Dados Gerais das Soluções em comparação [71].

Após a introdução dos dados, é possível obter as curvas de ambas as soluções, os seus custos iniciais e os custos globais acumulados ao longo da sua vida útil assim como o tempo que leva a recuperar o investimento (tempo de retorno).

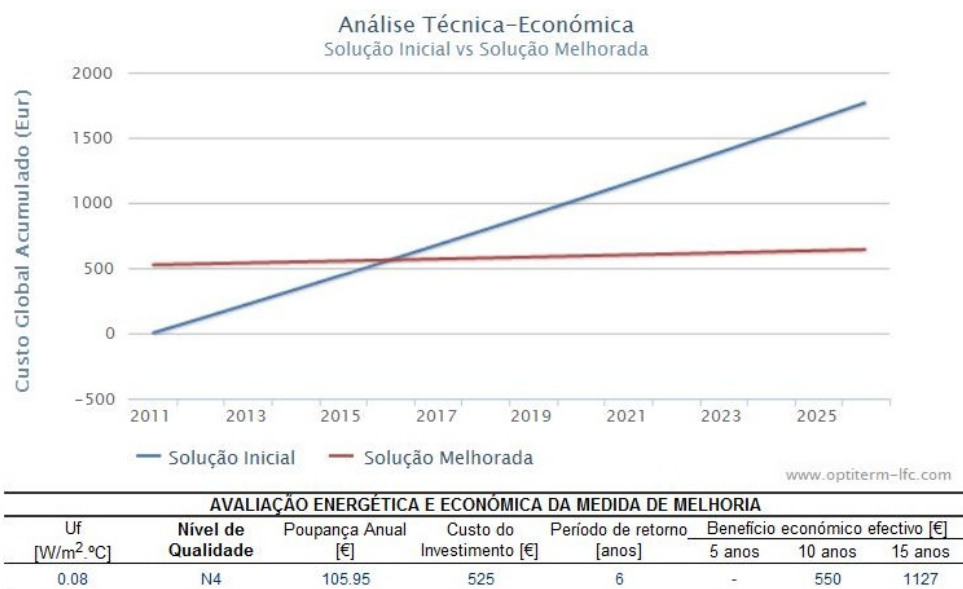


Fig.3.21 – Análise técnico-Económica de duas soluções construtivas [71].

Através da observação da figura 3.21 é fácil concluir que a solução melhorada é economicamente mais interessante a médio longo prazo, ainda que apresente um esforço financeiro maior aquando da sua aquisição (investimento inicial). Logo, a partir do sexto ano (tempo de retorno), a poupança é real durante toda a vida útil do produto de construção).

Contudo, o CCV apresenta algumas desvantagens. As suas vantagens e desvantagens serão discriminadas no quadro 3.7.

Quadro 3.7 – Vantagens e Desvantagens do CCV [8].

Vantagens	Desvantagens
Fator tempo na equação para compreensão dos ciclos de vida	Análise individualizada de cada um dos elementos de construção é irreal
Permite a análise dos impactos energéticos, ecológicos e ambientais	Edifício funciona como um todo, logo esta análise pode por vezes ser apenas aproximada
Elo de ligação entre várias frentes: projeto, fabricação, construção e manutenção	Efeitos negativos de uns materiais podem anular o efeito positivo de outros

3.2.4. OUTROS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS

Dadas as dificuldades em avaliar os elementos combinados na construção pelo método da Análise de Ciclo de Vida, foram desenvolvidos programas de bases de dados de apoio à avaliação de ciclo de vida com abordagens simplificadas sobre a avaliação da sustentabilidade de edifícios. Alguns exemplos desses programas são apresentados de seguida [8, 68]:

- ECO-QUANTUM (método de cálculo ACV para quantificação dos impactos ambientais, no que diz respeito a materiais e energia incorporada. Os seu outputs são fluxos de energia, analisados por fase, componentes e material);
- ECOPRO, ECOREAL, ECOPT (são ferramentas que se aplicam em diferentes fases do projeto, onde se combinam custos de cálculos por elementos, cálculo das necessidades energéticas anuais de energia pelo método CEN e impactos ambientais).
- EQUER (é uma simulação ACV associada a um código de simulação térmica – COMFIE. Os eco-perfis resultantes permitem a comparação de diversos projetos).

A Fig. 3.22 é um exemplo de um resultado de uma análise de ciclo de vida simplificada pelo método ECOPRO. Nesta está representado um EcoPerfil do indicador “Poluição”, onde está patente uma comparação entre uma solução sustentável e uma solução tradicional de habitação (referência). Assim, e de uma forma simplificada é possível verificar que o EcoPerfil abrange a análise do efeito de estufa, energia, acidificação, smog, eutrofização, qualidade da água, resíduos radioativos entre outros que são avaliados numa escala de zero (o melhor desempenho) a um valor (o valor referência sem qualquer melhoria de desempenho). O objetivo é, portanto, perante o indicador de referência (Benchmark) diminuir o mais possível os impactos realizados em cada uma das áreas descritas e fazer tender o valor da escala para zero, ainda que este valor seja irreal uma vez que não existem materiais ou solução que não provoquem impactos no ambiente.

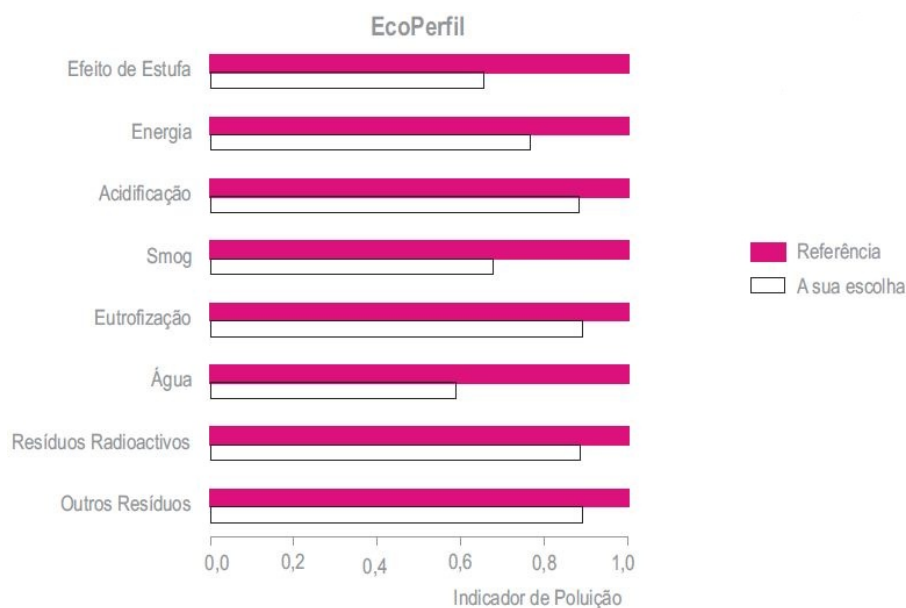


Fig. 3.22 – Resultado da LCC para o Indicador de Poluição entre Solução Sustentável (Branco) e uma Solução Tradicional (Rosa) [8].

3.3. GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO

3.3.1. INTRODUÇÃO

Este ponto do capítulo visa chamar a atenção do leitor para a problemática dos resíduos associados à construção civil. A produção de resíduos, ao contrário do que o senso comum nos leva a crer, acontece em obra mas também durante o processamento dos materiais de construção nas fábricas. Assim deve expandir-se a preocupação relativa aos resíduos durante todo o ciclo de vida dos materiais de construção: extração, processamento, transporte, uso, eliminação ou desmantelamento e disposição final.

Para além de ser cada vez mais necessário o uso de materiais sustentáveis, entenda-se, materiais que vão ao encontro dos princípios de preservação do planeta e que não põem em perigo espécies vegetais e animais nem levam ao esgotamento de recursos, é também preciso saber aplicá-los, desmantelá-los, e gerir os seus resíduos de forma sustentável.

Os resíduos da construção civil representam aproximadamente metade do total de resíduos produzidos pelo Homem que estão depositados nos aterros sanitários [1]. São, por isso mesmo, considerados atualmente como a principal fonte de impactos ambientais de uma construção de uma qualquer obra. Estes podem ocorrer a nível global, regional ou individual e afetam o clima, a biodiversidade e ainda a saúde pública. Em termos de exigências ao planeta, os recursos naturais usados na construção civil representam metade de todos os recursos utilizados na totalidade do planeta [1]. Neste sentido, é necessária uma atenção especial perante este problema como meio de redução dos resíduos e, consequentemente, os impactos no ambiente.



Fig. 3.23 – Resíduos de Construção Civil [72].

Para tal é indispensável a implementação de técnicas de otimização ou redução da utilização da matéria-prima natural, incentivando a reciclagem dos materiais. É efetivamente este ponto que está na base da redução da geração de resíduos. Reciclar é nos dias que correm a solução mais simples e eficaz no sentido de contrariar o crescimento dos aterros sanitários devido à construção civil, podendo ainda ser utilizado este conceito para inúmeras outras áreas de produção. Contudo, e para uma análise mais organizada e consciente de como tratar esta questão, é fundamental uma descrição dos impactos ambientais dos materiais de construção em toda a sua vida útil: extração, processamento, transporte, uso, eliminação e deposição final.

3.3.2. IMPACTOS AMBIENTAIS

Os impactos ambientais associados aos resíduos da construção civil podem ser identificados nas seguintes etapas [1]:

- Produção de Material de Construção: pedreiras e minério (que são a base da maioria dos materiais).
 - a) poluição sonora mais todo o conjunto de poeiras causadas pelos equipamentos no local;
 - b) poluição atmosférica derivada dos equipamentos utilizados – detonações e transporte;
 - c) vibrações podem originar fissuras no subsolo e possível contaminação das águas subterrâneas;
 - d) possibilidade de contaminação das águas superficiais devido aos lubrificantes e combustíveis dos equipamentos;
 - e) poluição visual e estética, pelo não enquadramento das explorações na paisagem;
 - f) uso excessivo da terra em estado natural;
 - g) possível destruição de sítios arqueológicos;
 - h) transporte destes materiais até às indústrias de materiais de construção;
 - i) sobreexploração da matéria-prima, sem o respeito pelo seu tempo de regeneração.

- Produção de resíduos nas obras de construção e demolição, sendo que é aqui que há grande potencial para diminuição de resíduos, uma vez que é na fase de construção que se verificam elevados volumes de desperdício de material de construção.
- Disposição final não adequada em baldios, bermas de estrada, que leva a uma crescente contaminação do solo e consequente toxicidade do local, afetando a biodiversidade; o constante registo destas ações ilegais cria um estímulo à proliferação descontrolada deste tipo de aterros;
- A reciclagem em si também implica alguns impactos ambientais como é o caso da poluição sonora, vibrações, poeiras e emissão de gases. Contudo são menores quando comparados ao cenário de uma nova construção.

3.3.3. A MÁXIMA DOS 4R

3.3.3.1. Generalidades

Após a descrição dos impactos ambientais em cada uma das fases do ciclo de vida dos materiais, é possível afirmar que estes, assim como os processos construtivos associados, devem evoluir no sentido da redução dos níveis de impacto a que estão ligados nos dias de hoje, assim como caminhar em prol da preservação do meio ambiente, pois só assim é possível o desenvolvimento sustentável na construção civil.

Para isso é preciso mudar a mentalidade relativa aos materiais usados. É aqui que entra o conceito de reciclagem e reutilização dos mesmos. O principal responsável pelos elevados níveis de resíduos resultantes de uma construção é o desperdício de material em processo de execução. Para se obter uma otimização da eficiência do uso de recursos naturais, foi criada uma interessante hierarquia que nos ajuda a compreender como devemos encarar o uso dos materiais:

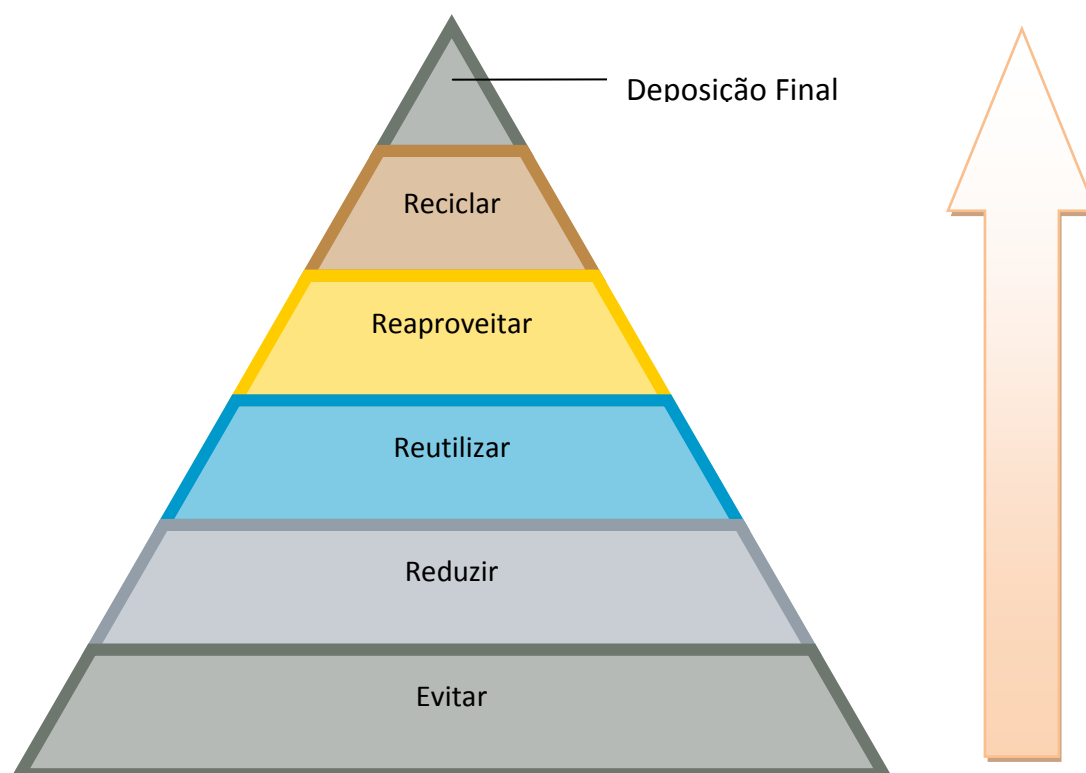


Fig.3.24 – Hierarquia da utilização ideal dos materiais de construção civil [Fig. do Autor].

Nesta figura 3.24 pretende-se orientar o leitor para uma atitude proactiva relativamente ao ambiente, sensibilizando para as prioridades de atuação na utilização completa dos materiais e/ou soluções construtivas no setor da construção civil. Deve sempre começar-se pela base da pirâmide quando se lida com um material, evitando o seu uso quando possível; se for imprescindível utilizá-lo reduzindo a sua utilização e sempre que um dos níveis não for totalmente possível passar respetivamente para os seguintes até ser possível de aplicar uma das máximas. Esta é uma hierarquia um pouco mais completa do que o conceito mais conhecido dos 3 R's: Reduzir, Reutilizar, Reciclar.



Fig.3.25 – Máxima dos 3 R, logótipo [73].

Note-se que as hierarquias apresentam valores iniciais de evitar e reduzir antes de qualquer tipo de transformação do material. Evitar o uso se desnecessário, extraindo apenas o essencial da natureza. Não exigir mais do ambiente do que aquilo que ele nos proporciona, evitando pressões sobre o mesmo e reduzindo a sobre-exploração. Os recursos usados no processamento dos materiais de construção civil podem ser recuperados e convertidos em novos produtos de construção quando o edifício atinge o final da sua vida útil [1]. São exemplo disso, o gesso cartonado, o betão e o aço, que serão tratados em maior detalhe mais à frente no presente capítulo.

É essencial ter noção de que com a adoção deste tipo de critério obtém-se não só melhores resultados ambientais mas também económicos. Para isso, todo este conjunto de medidas e decisões sobre os materiais têm que ser tomadas em fase inicial, a fase de projeto. Na conjuntura atual, os projetos devem incluir no seu âmbito decisões sobre a escolha de materiais visando já a sua reutilização e reciclagem.

Existem diferenças entre *Reutilização* e *Reciclagem*: o primeiro refere-se ao material que ganha uma nova vida sem ter necessidade de um processo de transformação, ou seja, é aplicado novamente tal qual é aproveitado. Ex: viga de aço; Reciclagem implica reprocessamento do material e conversão num produto do mesmo tipo. Esta transformação requer energia, pelo que esta opção tem que ser bem ponderada. Contudo é sempre melhor que a utilização de um material extraído e processado de novo.

O grau de reciclagem depende dos preços mundiais dos produtos em causa assim como a sua existência no mercado, que está implicitamente ligada.

A energia é um elemento chave na determinação do grau de sustentabilidade dos materiais especificados. Nesta avaliação entram outros impactos como a poluição do ar, da água, os danos no património paisagístico, cultural e ecológico, assim como o esgotamento de reservas dos recursos. Com efeito, e como já referido neste capítulo, foi introduzido um conceito de “sustentabilidade” associado ao desenvolvimento sustentável pela *Comissão Brundtland*, que estabelece uma obrigação por parte das nações de não comprometer as fontes de recursos das futuras gerações [1, 7]. A ligação inevitável que é estabelecida é à dos combustíveis fósseis, mas também pode ser associada a outros recursos como os metálicos, madeiras duras e a água. A água foi até há poucos anos desprezada como recurso natural e não tem sido identificada como uma das prioridades ambientais. Contudo o cenário ambiental tem mudado progressivamente, o que fez alterar a avaliação da situação. Assim sendo, e dada a escassez das águas subterrâneas, é importante alertar para a necessidade de reciclagem deste bem essencial. A construção civil tem um papel importante nesta área uma vez que é uma das principais responsáveis pela sua contaminação, particularmente na fase de processamento de materiais de construção e fase de execução da obra. Tem, portanto, a hipótese de fazer diminuir estes valores. Contudo, a temática da água será abordada com maior nível de detalhe mais à frente neste capítulo.

Os quatro “R’s” da construção civil: reduzir, reutilizar, reciclar e reabilitar [1]:

Estima-se que em 2050 a população ultrapasse os 10 biliões de pessoas e, sendo que a população global atual é de 7 biliões, os impactos serão muito maiores. Estes números alarmantes baseiam-se numa projeção de um crescimento económico de 2% ao ano (OMC – Organização Mundial do Comércio), ainda que tendo em consideração a escassez de produtos e da incapacidade dos sistemas naturais de absorverem a poluição. O planeta já está sujeito a uma grande pressão e a sociedade tem um papel essencial na adoção de uma estratégia em prol do ambiente e de uma melhor qualidade de vida. É aqui que entra o conceito adaptado dos 4R’s: sendo os 3R’s Reduzir, Reutilizar e Reciclar já introduzidos há algum tempo pelos ambientalistas, sendo que na construção civil se acrescenta a variante da Reabilitação, já que com os avanços da poluição e efeitos negativos que esta acarreta,

tornou-se imprescindível reaproveitar o património edificado, numa tentativa de eliminar resíduos, emissões e com isso contribuir de forma sustentável para o desenvolvimento desta atividade.

3.3.3.2. Reduzir

É essencial reduzir o uso dos recursos não renováveis, como é o caso dos combustíveis fósseis, água, minerais, solo para agricultura assim como os depósitos geológicos. A redução do consumo destes recursos faz com que as reservas futuras sejam asseguradas, assim como tempo para o desenvolvimento de recursos alternativos, principalmente fontes renováveis de energia.

O desenvolvimento de uma atitude de poupança e redução deve ser estimulada, em vez de se registar o consumo frenético que se tem assistido cada vez mais. O desenvolvimento é possível sem privar o ambiente dos seus recursos naturais. Há que incentivar o equilíbrio entre o consumo de recursos/produtos e o desempenho do novo tecido edificado. Só desta forma se atinge o objetivo de redução e harmonia ambiental, com legislação mais rigorosa e para os edifícios já existentes e para os novos.

“Menos é mais” citação de Mies van der Rohe [1], com aplicação ao caso de estudo, onde se deve reduzir o consumo e materiais e energia como meio de atingir melhor conforto e qualidade de vida.

3.3.3.3. Reutilizar

Após a sua conceção, os edifícios constituem um capital fixo. Na sua construção estão os recursos, soluções e todo um conjunto de investimento que a gerações futuras devem aproveitar, ou seja, reutilizar este património adaptando a um novo uso, de acordo com as suas novas necessidades. Para tal, um edifício deve ser projetado com qualidade e com âmbito de longevidade, sendo que a mão-de-obra e materiais são um ponto fulcral neste objetivo. O edifício deve, então, ser valorizado e conservado também sob o ponto de vista social para abrir a possibilidade à sua reutilização. A reciclagem ou reutilização são sempre preferíveis à sua demolição. Quando se verifica um caso em que o edifício não possa ser reutilizado, os seus constituintes devem ser projetados de modo a que sejam reutilizados.

A reutilização, contrariamente à reciclagem, obriga o projetista a trabalhar no edifício de modo a que este responda perante novas necessidades, novos programas. Para que esta futura transformação ocorra é preciso que o edifício “original” ou parte dos seus componentes de uma forma específica cumpram uma série de requisitos. Um edifício está apto a ser reutilizado quando [1]:

- há elevado aproveitamento de iluminação e ventilação naturais;
- está bem servido de infraestruturas várias;
- não tem na sua composição materiais tóxicos;
- é bem construído, com uso privilegiado para materiais naturais;
- usa fontes de energia renovável.

É, portanto, necessário que os projetistas considerem a relação entre a forma e a função, uma vez que será necessário no futuro adaptar novas funções à forma original. Isto irá contribuir não só para a melhoria ambiental, mas também para um mercado de componentes reutilizados e a uma arquitetura mais rica sob o ponto de vista social.

3.3.3.4. Reciclar

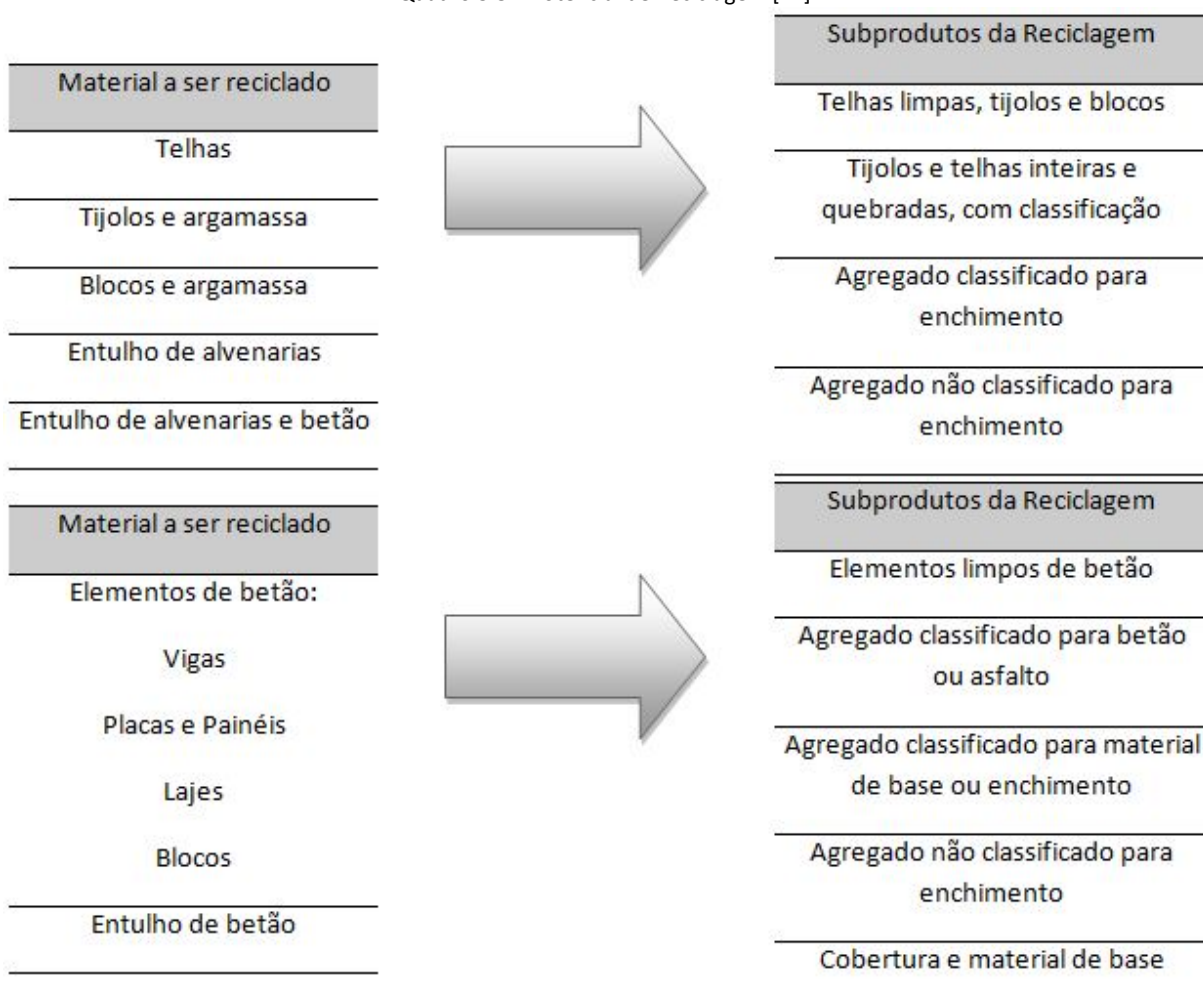
Entenda-se a reciclagem como a recuperação das partes úteis de um material pela sua extração e processamento. Quando um material ou subproduto da construção não pode ser aproveitado na sua totalidade (reutilizado), a reciclagem é o passo que se segue na conduta de uma construção sustentável. Isto porque a reciclagem envolve maior dispêndio de energia no reprocessamento do material, que é ainda assim preferível à perda e deposição final de um material em aterros sanitários.

Normalmente são os materiais com elevado valor de energia incorporada que são reciclados. Materiais metálicos como o aço, alumínio, chumbo ou cobre são o melhor exemplo disso. Segundo a Tata Steel, o segundo maior fabricante de aço na Europa, metade da totalidade do aço novo a ser fabricado é reciclado. O mesmo se passa com a maioria das armaduras estruturais, que têm origem em aço reciclado.

A reciclagem envolve a extração de energia de um dado material e a separação das suas partes integrantes para um reuso futuro [1].

Quanto ao Potencial de Reciclagem, este será representado no quadro 3.8 em duas colunas distintas para melhor percepção: a primeira refere-se aos materiais de origem, ou seja, o que irá ser reciclado e a segunda é referente aos subprodutos de reciclagem:

Quadro 3.8 – Potencial de Reciclagem [74].



3.3.3.5. Reabilitar

Como já referido, estima-se que metade da população mundial habite em centros urbanos. Sendo que estes aglomerados são responsáveis pela maior parte da poluição do ar, há uma consequência direta que é o risco para a saúde pública. Para um conhecimento mais aprofundado da realidade, segundo dados da União Europeia, a baixa qualidade do ar é a segunda causa de morte nas cidades. Grande parte da poluição do ar tem origem nos edifícios ou então no transporte de componentes para edifícios, pelo que estratégias de reabilitação são necessárias no sentido de contribuir para uma vida mais saudável nas cidades. Existem várias áreas intervenção prioritárias no planeamento urbano: atuação em escritórios numa tentativa de diminuição de consumo energético e fonte de poluição; melhoria dos sistemas de transportes; incentivo à criação de espaços verdes como elemento depurativo do ar. São estas as áreas às quais mais atenção deve ser dada no domínio do planeamento urbanístico.

A engenharia, arquitetura e o planeamento devem trabalhar juntos para ajudar as cidades a diminuir os índices de poluição, já que a população, passa todo o seu tempo em cidades, isto é, 80 a 90% do seu tempo dentro dos edifícios e o restante em áreas urbanas poluídas.

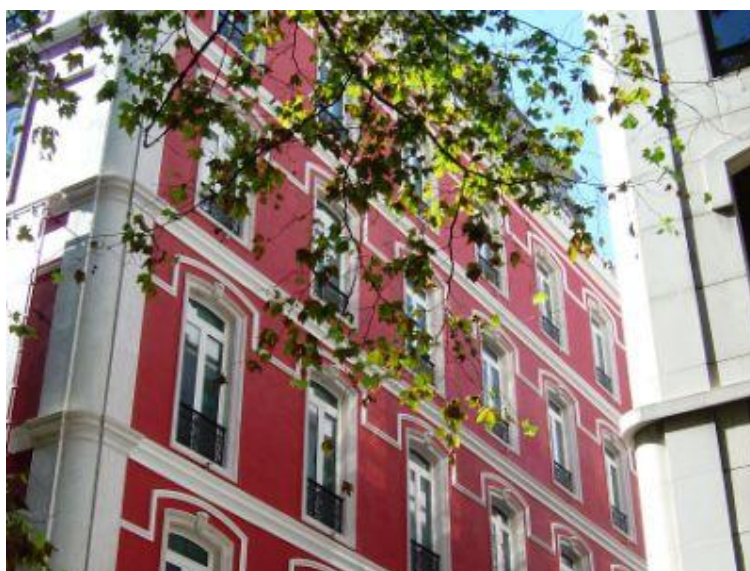


Fig. 3.26 – Edifício Reabilitado [2].

O segundo maior campo de atuação da reabilitação é na contaminação do solo. Normalmente este acontecimento verifica-se nas antigas cidades industriais, como é o caso por exemplo de Turim ou Detroit, entre outras. Este problema é, contudo, mais difícil de resolver do que a poluição do ar, já que é mais duradoura e abrange grandes manchas de terreno. Estima-se que cerca de 20% dos solos estão baldios nas cidades muito devido à sua contaminação já que não possível torná-los produtivos [1].

3.3.4. GESTÃO DOS RESÍDUOS EM FASE DE PROJETO

Para além de uma consciencialização geral e formação contínua das várias partes envolvidas na obra está essencialmente nas mãos dos projetistas contribuir para a redução dos resíduos e promover a construção sustentável. Para tal existem várias formas de o fazer [1]:

- Eliminar resíduos em fase de projeto. Como?
 - a) selecionar todo o conjunto de matérias que não necessitem de ser processadas em estaleiro de obra;
 - b) a utilização mais frequente de componentes padronizados e sistemas modulares, o que faz reduzir a necessidade de adaptações *in situ*, que por sua vez reduz os resíduos em estaleiro;
 - c) especial atenção para o uso em demasia dos elementos pré-fabricados, porque embora sejam bons sob o ponto de vista de redução de trabalhos em obra, têm a desvantagem de aglomerar muitas embalagens;
 - d) contabilização da produção de resíduos através da contabilização do número de contentores de entulho por determinado valor de investimento e também uma monitorização dos despejos de resíduos para melhor controlo efetivo da quantidade de resíduos;
- Especificação dos materiais reutilizados, reciclados ou recuperados:
 - a) dando prioridade ao uso destes materiais, reduzem-se custos já que são materiais mais baratos, contudo aumenta a complexidade das operações em obra, já que pode haver necessidade de adaptação de alguns;
 - b) devem ser estudados, pesquisando o seu desempenho e garantia detalhadamente em busca da melhor solução;
 - c) projetistas têm hoje o dever de promover a especificação dos materiais deste tipo assim como o mercado da reciclagem sem a alteração do projeto inicial visando uma atitude proactiva em função da construção sustentável;
- Projetar edificações que sejam fáceis de desmontar no final da sua vida útil assim como o aumento das possibilidades de reciclagem dos materiais sem que seja alterado o projeto de arquitetura:
 - a) exigência para uma atenção redobrada no que diz respeito a todo o tipo de juntas assim como os acabamentos especificados para os materiais;
 - b) componentes de aço podem ser encaixados e travados em vez de se usar a soldadura como meio de ligação;
 - c) o uso de aparafusamento em vez do uso de pregos em peças de madeira;
 - d) substituição do cimento por cal nas argamassas;

- Projetar edificações com elevado grau de flexibilidade no sentido de serem utilizadas novamente com um novo âmbito no final da sua vida útil. Normalmente a vida estrutural de um edifício é superior à sua vida económica (100 e 50 anos, respetivamente). Isto obriga a refletir sobre possíveis alterações do uso do edifício a longo prazo. A reutilização de um edifício faz diminuir drasticamente a produção de resíduos já que o edifício é aproveitado praticamente no seu todo. Ainda tem a vantagem de contribuir para a manutenção da continuidade paisagística, social e cultural. Contudo, quando são aproveitados na sua grande maioria os componentes de um edifício, é necessário dedicar especial atenção à qualidade e durabilidade dos materiais assim como o grande grau de profissionalização da mão-de-obra como forma de garantir o seu longo tempo de utilização.

A eliminação dos resíduos afeta tanto o meio ambiente como a saúde pública. A produção de resíduos é causadora das seguintes problemáticas:

- limite da disponibilidade de novos recursos;
- contribuição para o aquecimento global pelas emissões de metano, assim como fonte de poluição da água e solo;
- a poluição que gera resulta em impactos diretos para a saúde da população local, produções agrícolas e biodiversidade;

Como foi referido anteriormente neste trabalho, cerca de metade dos resíduos em aterros são provenientes da construção. Logo, os profissionais da construção – entenda-se engenheiros e arquitetos, têm que tratar esta questão com responsabilidade ética, sendo esta a única forma de formalizar a nível global o novo comportamento pretendido. Uma forma bastante prática e elucidativa será tratar os resíduos como energia para os profissionais de engenharia civil.

Neste sentido têm sido desenvolvidos programas europeus de redução das quantidades de resíduos depositados em aterros. Em Portugal esta preocupação é igualmente real, sendo ainda apenas existe legislação geral sobre a gestão de resíduos:

- Decreto de Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro (Gestão de Resíduos);
- Portaria 961/98, de 10 Novembro (Autorizações de Operações de Gestão de Resíduos);
- Portaria 335/97, de 16 de Maio (Guias de Acompanhamento nas Operações de Transporte de Resíduos);
- Decreto de Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio (Aterros Destinados à Deposição de Resíduos).

3.4. GESTÃO DA ÁGUA NO PROCESSO CONSTRUTIVO

3.4.1. NOTA INTRODUTÓRIA

A água é um elemento chave no desenvolvimento da vida no nosso planeta. Ainda assim, a água potável apenas está disponível para cerca de 67% da população mundial e 20% não tem sequer acesso a este bem.

A problemática da água insere-se neste trabalho, já que a indústria da construção exerce grande pressão sobre os recursos hídricos uma vez que, para além do seu consumo elevado, provoca um elevado número de impactos ambientais sobre estes recursos.



Fig. 3.27 – Controlo do desperdício - gestão da água [75].

Estima-se que cerca de 50% de toda a água extraída do ambiente seja consumida por edificações [1]. Ainda não existe uma consciencialização da realidade por parte dos projetistas no que diz respeito à escassez de água, pelo que se considera nos dias de hoje um lapso importante o facto de ainda não existirem normas que indiquem novos rumos no sentido de reaproveitamento deste elemento natural aplicados à construção habitacional.

As questões energéticas são neste momento uma prioridade para o setor da construção civil. Uma série de medidas muito complexas têm sido desenvolvidas (e bem) nos últimos anos em prol de um ambiente melhor. Contudo, a problemática da água deve ser colocada ao mesmo nível da energia. Se devidamente analisada, a escassez de água traz problemas mais graves do que a falta de energia. Ao contrário da energia, a água produz impactos diretos na saúde e na produção de alimentos. A relação entre combustível, pobreza e a saúde não é tão direta com quando entre o fator água na equação. A escassez de água é um problema que se vive em África, Ásia e até algumas zonas da Europa de leste, daí ser considerada por muitos autores como o petróleo do futuro. Esta realidade é passível de ser observada na figura 3.28, que regista a escassez de água pelo mundo.

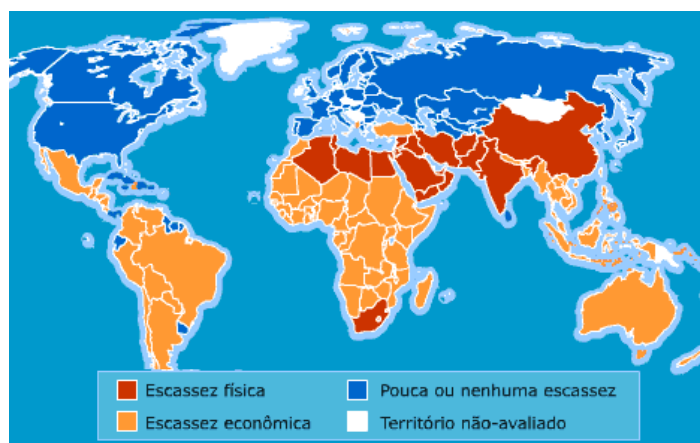


Fig.3.28 – Níveis de Escassez de Água no Globo [76].

3.4.2. A ÁGUA E A SAÚDE

No desenvolvimento do que foi referido atrás, a falta de água compromete diretamente a saúde, pelo que é urgente tomar medidas de modo a contrariar esta realidade. Dados atuais indicam que aproximadamente metade da população mundial sofre de carências de instalações sanitárias apropriadas. A falta de saneamento básico é um facto no continente africano e também asiático. Deve ser redirecionada a prioridade para a água e não apenas para o petróleo, que é o que acontece nos dias que correm. A implementação de uma rede de abastecimento de água potável e a criação de instalações sanitárias são exemplo disso. Para uma melhor noção da realidade, a imagem 3.29 traduz as desigualdades de acesso à água potável que existe no mundo nos dias que correm [1].



Fig. 3.29 – Desigualdade no Acesso a Água Potável, 2003 [77].

A escassez de água promove o desenvolvimento de doenças tais como cólera, disenteria e febre tifoide, entre outras que também podem causar a morte. A origem destas doenças está essencialmente no consumo de água contaminada e também na impossibilidade de lavar as mãos devido à falta de instalações sanitárias.

A solução passa naturalmente pelo melhoramento das infraestruturas hidráulicas. O fornecimento de água potável, assim como a criação de saneamento básico e estações de tratamento de água nestas regiões garante melhorias claras da qualidade de vida e saúde às populações afetadas.

De salientar o trabalho que tem sido desenvolvido neste sentido pela Organização Não Governamental WaterAid, que orienta a sua atividade para comunidades rurais e com condições de vida menos favoráveis, escavando poços, construindo redes de dutos como meio de criar condições propícias a um desenvolvimento saudável da população.



Fig.3.30 – Logótipo da ONG Water Aid [78].

3.4.3. A ÁGUA E A ECONOMIA

A escassez da água é uma realidade para grande parte da população como foi referido. Seguindo a mesma evolução das últimas décadas, é previsível que o panorama futuro destes países não seja nada animador. A água contaminada, para além de ser a principal causa de morte no mundo, intensifica

também a espiral de pobreza a nível global. À medida que a escassez deste bem aumenta, faz com que os preços que lhe são associados aumentem consequentemente.

Vários autores defendem que a água é a solução para tirar milhões de pessoas da pobreza, uma vez que a maior parte destas vive da agricultura em zonas remotas do continente africano. Desta forma, e se a qualidade dos serviço de abastecimento for realmente introduzida à escala global, é possível que a economia destas zonas seja revitalizada e com isso melhore a qualidade de vida das pessoas afetadas.

A população excessiva promove a exploração descontrolada dos recursos naturais. Um dos melhores exemplos disso é a desflorestação e desmatamento para fixação de novas populações ou simplesmente para servir populações com os materiais aí extraídos. Este tipo de ações cada vez mais comuns apenas serve para intensificar o ciclo de pobreza, por meio da desertificação de zonas que poderiam ser utilizadas com outros fins [1].

Nos dias de hoje verifica-se o maior consumo de água desde sempre. Com o aumento da população e o consequente desenvolvimento a nível da sua atividade global (principalmente a indústria da construção) regista-se uma maior pressão na Natureza. Contudo, o desenvolvimento tecnológico deveria contribuir na inversão dos factos, ou seja, trabalhar em formas de se não diminuir a demanda de água pela população, pelo menos estabilizá-la.

3.4.4. ÁGUA: FATOS ATUAIS

Serão apresentados de seguida vários quadros síntese e gráficos que traduzem o que foi descrito atrás sobre a problemática da água. Com esta informação pretende-se uma melhor compreensão da realidade por parte do leitor.

O quadro 3.9 apresenta os valores da população mundial que é diretamente afetada por problemas relativos ao abastecimento de água potável e também sem acesso a saneamento básico.

Quadro 3.9 – Deficit Global de Água [1].

Afetação	Número (Biliões)
População Mundial	7
População sem Saneamento Básico	3
População sem Água Potável em Regiões Desfavorecidas	1

A Fig.3.31 apresenta uma comparação das distribuições médias de consumo, anunciadas pela UNESCO, entre consumo doméstico, indústria e agricultura no mundo, em países desenvolvidos e países em desenvolvimento.

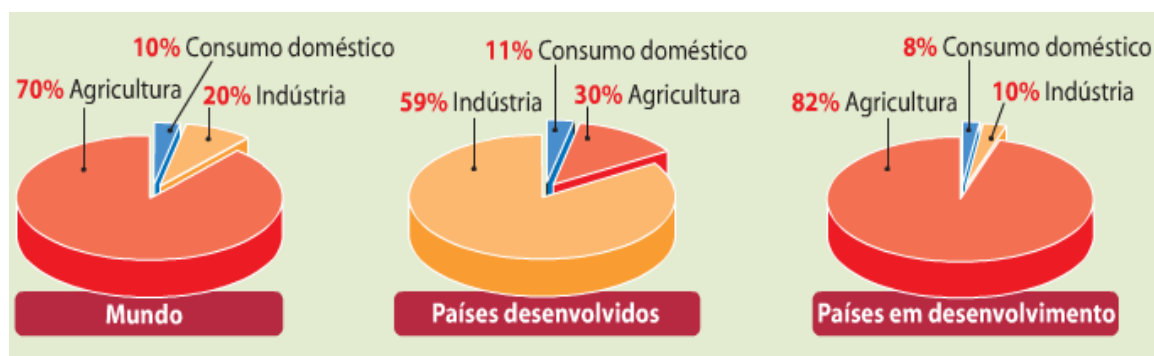


Fig. 3.31 – Distribuição do uso da água no Mundo, Países Desenvolvidos, Países em Desenvolvimento [79].

O consumo de água geral para um país desenvolvido é apresentado no quadro 3.10, sendo este valor naturalmente diferente do apresentado na Fig.3.31 já que cada país tem morfologias de uso próprias.

Quadro 3.10 – Consumo de Água Geral num País Desenvolvido (ex.: Reino Unido) [1].

Referências da Utilização	% Da Água Extraída
Rede Pública de Abastecimento	51
Geração de Energia Elétrica	36
Agricultura	13

Nota importante para a influência do trabalho dos projetistas, que afeta diretamente o consumo de um edifício de habitação. No quadro seguinte será possível observar como está distribuído o consumo de água numa habitação típica de um país desenvolvido da Europa, mais precisamente o exemplo é do Reino Unido. As percentagens que serão apresentadas no quadro 3.11 fazem parte de uma estimativa de um consumo médio por pessoa de cerca de 150 litros/dia.

Quadro 3.11 – Consumo de Água numa Residência em País Desenvolvido (ex.: Reino Unido) [1].

Atividade	%
Higiene Pessoal	40
Descarga de Bacia de Retrete	30
Lavandaria	11
Cozinha	6
Rega de Jardim	4
Diversos	9

Através da análise do quadro anterior é possível identificar que a higiene pessoal e as descargas da bacia de retrete dizem respeito à maioria do consumo de uma habitação. Desta forma, é também da responsabilidade dos utilizadores que estes valores baixem, sendo por isso necessário assumir um espírito de poupança de um bem que é de todos. Para além de um comportamento em prol de um ambiente melhor, é necessário associá-lo às inovações tecnológicas que permitem uma diminuição da utilização da água obtendo a mesma qualidade de serviço.

Será apresentado de seguida um quadro-síntese que traduz a importância da água para a vida no nosso planeta:

Quadro 3.12 – Áreas de dependência de água [1].

Áreas de Dependência de Água
Saúde Pública
Agricultura
Aumento da População (implica maior extração)
Alterações climáticas alteram perfil das chuvas
Aumento Padrões de Qualidade de Vida (implica maior extração)
Mais Construção no Futuro (grandes pressões ambientais)
Maior Consumo de Energia (maior fornecimento e tratamento)

3.4.5. ÁGUA: PRESERVAÇÃO E TRATAMENTO

Como foi anteriormente referido é necessário um espírito de redução da utilização da água, isto é, de preservar o bem natural por excelência à sobrevivência de todos nós. Desta forma, e no que diz respeito à indústria da construção civil, é essencial que sejam criadas em fase de projeto todas as medidas para um edifício que responda positivamente perante esta questão.

A partir desta ideia foram desenvolvidas várias tecnologias que servem este propósito e que podem chegar a níveis de poupança significativos. Será apresentado no quadro 3.13 um conjunto de medidas que devem ser adotadas nos novos edifícios para preservação da água. Será dividido em áreas funcionais de um edifício para uma melhor organização e compreensão. O exemplo da Fig. 3.32 que se segue é apenas umas das tecnologias atualmente mais populares que, entre outras, será enumerada no quadro 3.13.



Fig. 3.32 – Mictórios Com Aproveitamento de Água [80].

Quadro 3.13 – Medidas de Preservação da Água, adaptado de [1].

Área Funcional	Medidas
Tecnologias	Torneiras com Regulador de Caudal
	Torneiras com Sensor de Movimento
	Válvulas de Descarga (controlo caudal)
	Mictórios sem Água
	Mictórios com Aproveitamento de Água (Fig.3.32)
	Mictórios com Sensor de Movimento
	Chuveiros em vez de Banheiras
Sistemas de Coleta	Eletrodomésticos de Baixo Consumo
	Pavimentação permeável para alimentação de águas subterrâneas
	Coleta de águas de sabão
	Reciclagem de água
Gestão	Coleta de águas pluviais nos edifícios
	Controlo de Consumo (medidores)
	Controlo de Caudal
	Sensibilização dos Utilizadores

As águas da chuva devem ser fortemente aproveitadas e consideradas cedo no processo construtivo. A sua planificação desde a fase de projeto é essencial para que o sistema adotado seja o que melhor convenha ao edifício. Deve-se adaptar estas medidas visando sempre a vida útil do edificado. Um dos grandes problemas associados à coleta de água nas cidades é a falta de espaço para a colocação de grandes tanques.

Os princípios de preservação de água são semelhantes aos que regem as leis de conservação da energia. Daí salienta-se quatro fases indispensáveis a um bom mecanismo de coleta e preservação [1]:

- coleta a partir de fontes renováveis de ou locais (sistemas de captação de águas pluviais com sistemas de energias renováveis para, por exemplo, bombear água);
- redução dos valores do consumo (através de tecnologias e educação dos utilizadores);
- reutilização da água proveniente do abastecimento;
- reciclagem de água.

O sistema de coleta de águas pluviais exige a instalação de uma rede de esgoto que também é utilizada para a recolha de águas de sabão para posterior reciclagem e reutilização. O preço de instalação posiciona-se entre os 2150eur e os 3250eur e o retorno é estimado entre 10 e 15 anos. A economia de água é significativa já que apresenta valores entre os 10 e os 15 anos [14]. A Fig. 3.33 apresenta um tanque de coleta de águas pluviais que serve para o posterior abastecimento de máquina de lavar roupa, bacia de retrete, rega de jardins e limpeza geral da habitação.



Fig. 3.33 – Aproveitamento da Água da Chuva para Rega de Jardins [14].

Este sistema de coleta de águas pluviais pode apresentar soluções com tanques exteriores (como é o caso da solução anterior) mas também pode conter tanques no seu interior, como é o caso apresentado na figura 3.34. Este esquema permite também uma melhor compreensão de como funciona este tipo de sistema.

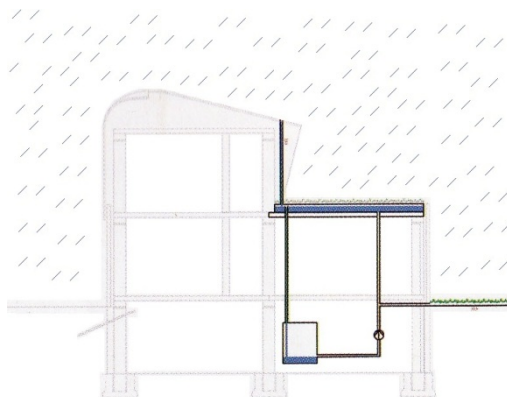


Fig. 3.34 – Aproveitamento da Água da Chuva e Coleta em Tanque Interior [14].

Destaque também para um sistema de separação das águas de sabão provenientes do chuveiro, máquina de lavar roupa e lavatórios da habitação. Esta água é separada pelo sistema Pontos AquaCycle, que através de um processo biológico e mecânico permite a reciclagem parcial da água para reutilização em outras atividades, como é o caso da bacia de retrete, limpeza e regas de jardins. O esquema seguinte permite explicar o modo de funcionamento deste sistema.

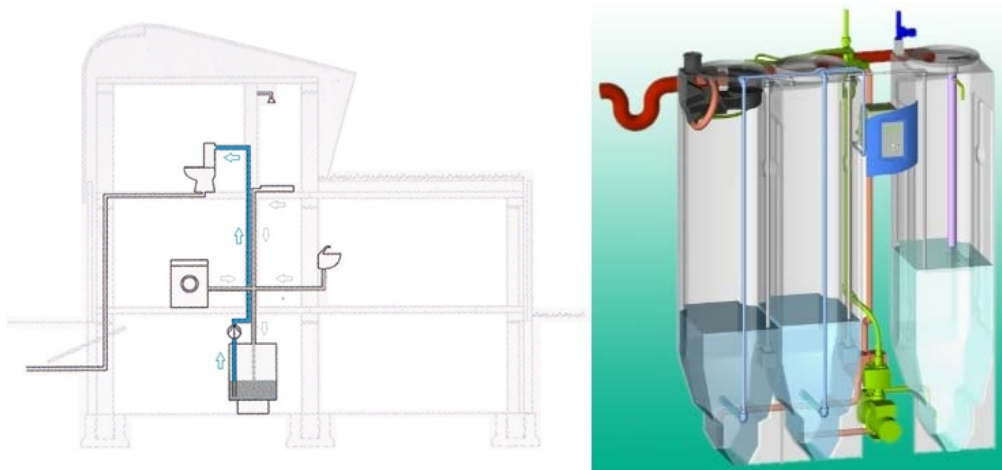


Fig. 3.35 – Aproveitamento das Águas de Sabão [14] e posterior Tratamento no sistema AquaCycle [81].

A reciclagem da água que é cada vez mais comum nos dias que correm. Este processo permite que a água depois de usada uma primeira vez, possa voltar a ser utilizada para irrigação, lavagem e outros serviços, passando naturalmente por uma série de tratamentos. Estes tratamentos consistem na passagem das águas de sabão (sem resíduos) por um reservatório, onde residem juncos que servem para a depuração e decomposição bacteriológica da água. Para que este processo funcione, é necessário um ecossistema ativo, equilibrado e sem ameaça de contaminação [1].

E como ocorre o processo de depuração? As raízes dos juncos, assim como de outras plantas que lá sejam colocadas, geram oxigénio de forma natural para as bactérias presentes na água que por aí passam, fazendo com que sejam digeridos os agentes patogénicos que nela se encontrem [1].

4

MODELO DE ESTUDO – EFFICIENCY HOUSE PLUS WITH ELECTROMOBILITY, BERLIM

4.1. INTRODUÇÃO

4.1.1. MOTIVAÇÃO

A “*Efficiency House Plus with Electromobility*” (Fig. 4.1) é um ambicioso e pioneiro projeto do governo alemão que tem como objetivo elevar o conceito de construção sustentável a um nível superior. Para tal foram selecionados dois dos setores que mais contribuem negativamente para o ambiente: construção e transportes. Segundo o ponto de vista do executivo alemão, nada melhor do que aliar estes dois setores de forma a conseguir implementar na sociedade um estilo de vida mais sustentável.

“*Cada vez mais é necessário dedicar a importância devida ao meio ambiente, saber proteger o clima e lidar responsabilmente com os recursos naturais*” [82]. Estes são pilares essenciais que tanto os executivos políticos como a sociedade em geral devem ter em atenção. A maneira melhor e mais limpa de o fazer é recordar a temática da eficiência energética. É aqui que entram os setores da construção e dos transportes como grandes responsáveis deste consumo e grandes causadores das alterações climáticas que se têm vindo a verificar. Efetivamente, segundo dados do Ministério Federal do Desenvolvimento Urbano dos Edifícios e Transportes alemão, cerca de 70% de todo o consumo energético neste país (que servirá de modelo europeu de país desenvolvido para comparação com os restantes) é requerido pela construção civil e transportes, que são, ao mesmo tempo, responsáveis por aproximadamente 40% de todas as emissões de CO₂ [82].

Desta forma, a melhor opção para diminuir estes valores será combinar estes dois setores de modo a gerar economia de recursos e consequente diminuição da pressão sobre o meio ambiente.



Fig. 4.1 – Efficiency House Plus with Electromobility – Apresentação [83].

Como foi referido no capítulo 2 deste trabalho, os edifícios consomem a maior parte da energia gerada na rede elétrica mundial, sendo que com o aumento das exigências da população, aumenta também a demanda energética. Este aumento da procura reflete-se num aumento natural dos preços da energia. A única forma de reagir perante este aumento será inovar nas tecnologias que permitam às habitações oferecer o mesmo conforto por menos energia requerida. É neste cenário que entra este caso de estudo como forma de responder não perante o aumento do preço da energia mas também para demonstrar que este setor pode ser independente de energias fósseis.

Um dos maiores objetivos deste projeto, para além do desenvolvimento do conceito de edifícios neutros sob o ponto de vista ambiental, é a criação da possibilidade de combinar uma habitação altamente eficiente com uma tendência de tecnologia orientada para o futuro da Eletromobilitade. Esta é a meta que se pretende atingir com a Efficiency House Plus with Electromobility (EHPE).

4.1.2. O PROJETO

Muito mais que um simples projeto de habitação, a EHPE pretende ser uma pesquisa alargada, uma plataforma de diálogo e, principalmente, uma contribuição para a construção do futuro. Esta casa encaixa no perfil deste trabalho na medida em que oferece todas as características que anteriormente foram descritas como amigas do ambiente. É, então, essencial para o entendimento mais aprofundado do leitor, um exemplo que traduza esta filosofia, cumprindo todos os objetivos que até então foram indicados. Mais ainda, esta casa alia uma vertente de Eletromobilitade, como adição à equação da sustentabilidade e o mundo em que vivemos [82].

Pretende-se com esta ideia introduzir na sociedade uma visão sobre novas possibilidades de conforto numa habitação, apresentando esta um comportamento simultaneamente eficiente e neutro ambientalmente, fomentando uma vida futura mais harmoniosa com a Natureza. Suportando esta mesma ideia nesta não haverá qualquer consumo de combustíveis fósseis nem tampouco emissões de CO₂ para a atmosfera (Fig. 4.2).



Fig. 4.2 – EHPE – Características [84].

A realidade da construção desta casa só foi possível após a realização de uma competição a nível nacional que ocorreu na Alemanha na segunda metade de 2010 e que envolveu faculdades e escritórios de engenharia e arquitetura. O objetivo principal desta competição era “definir o estado atual do desenvolvimento da rede energética, da construção sustentável e eficiente existente na Alemanha, usando um projeto de pesquisa de um modelo de habitação real e arquitetonicamente atrativo” [82, 84].

A EHPE ganhou o primeiro prêmio que se traduz pela passagem para a realidade do que foi projetado pela associação entre a Universidade de Estugada e os Escritórios de Werner Sobek.



Fig. 4.3 – EHPE - Alçado Norte [85].

O projeto de 130m² engloba inúmeras áreas de atuação desde a análise de fluxos energéticos até às características sustentáveis de cada um dos seus componentes e materiais constituintes. Concebida para produzir toda a energia que consome e ainda criar um excedente que serve para abastecer veículos elétricos ou ainda para devolução à rede pública de energia, a casa consegue elevar o patamar de sustentabilidade para outro nível, acoplando tanto o setor da construção como o setor dos transportes e mobilidade. Pretende-se, então, alcançar um balanço energético positivo, isto é, criar mais energia que aquela que é necessária para operações de utilização do próprio edifício [84].

Na sua conceção apenas foram usados materiais que podem ser reciclados no fim da sua vida útil, ou então ainda antes, no caso de ser necessário alterar a sua estrutura durante a sua fase de serviço. Com efeito, a casa oferece grande facilidade de uso já que está dotada de um sistema modular que permite ao seu utilizador adaptar o edifício às suas necessidades, sem nunca perder pontos no que diz respeito a *design* moderno que apresenta.

O projeto atende ainda a uma reformulação de uma diretiva comunitária para o desempenho dos edifícios da União Europeia. Esta exige que a partir de 2021 as habitações apenas consumam energias provenientes de produções renováveis e, com isso, contribuir para um tecido urbano ambientalmente neutro [86].

A rede criada para este edifício tem por objetivo testar os mais recentes componentes tecnológicos em condições reais de utilização como meio de programar uma série de recomendações para o próprio desenvolvimento do setor e para melhorar projetos semelhantes no futuro quer sob o ponto de vista tecnológico, quer também sob o ponto de vista económico. Este projeto será monitorizado constantemente assim como toda a informação sobre a gestão energética será analisada com respeito à sustentabilidade pretendida e exposta no seu exterior para o conhecimento do público em geral. A sua análise será feita tendo em conta a sustentabilidade pretendida assim como a sua adequação ao uso diário e também a adequação ao mercado. Serão realizados uma série de exames à casa, sendo que por isso será dado todo o apoio científico ao projeto funcionando como um todo [84].

A Fig. 4.4 pretende comparar diferentes cenários dos fluxos de energia existentes em três diferentes modelos de habitação: uma casa comum, uma casa eficiente e, finalmente, uma casa eficiente com Eletromobilidade. Estes esquemas permitem ao leitor uma perceção do que acontece à energia, a sua proveniência e para onde vai em todo o processo de utilização energética da casa.

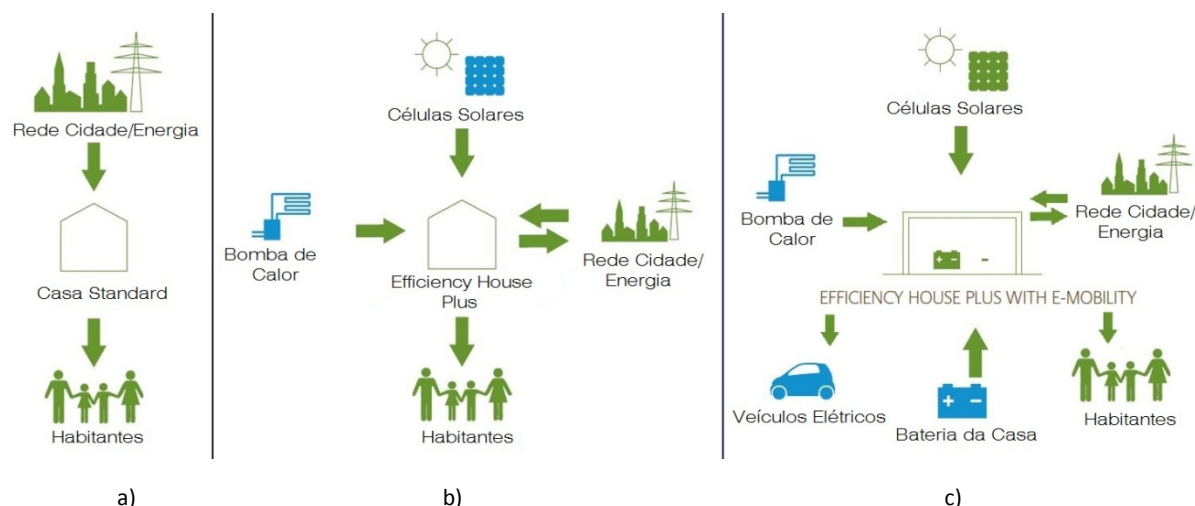


Fig. 4.4 – Fluxos Energéticos existentes nos vários tipos de casas [84]

a) Fluxos energéticos numa casa comum

b) Fluxos energéticos numa “Efficiency House Plus”

c) Fluxos energéticos numa “Efficiency House Plus with Electromobility”.

4.1.3. ÁREAS DE MONITORIZAÇÃO DA EHPE

Para além de uma monitorização rigorosa e constante ao edifício aquando da sua utilização, serão naturalmente levados a cabo uma série de exames científicos de acordo com cinco áreas de pesquisa relacionadas diretamente com a construção [84].

4.1.3.1. Transferência térmica e de humidade através dos elementos exteriores isolados

Através da instalação de sensores aplicados nas paredes exteriores devidamente isoladas, a temperatura, humidade assim como o fluxo de temperatura serão minuciosamente medidas e analisadas. Esta informação está disponível em tempo real no exterior da casa. Os sensores estarão instalados tanto nas paredes exteriores, como no telhado e no seu piso. Serve isto para melhor descrever o comportamento da humidade no material de isolamento de características porosas.

4.1.3.2. Gestão Energética

Usando as previsões do estado do tempo, o sistema de gestão energética foi concebido de modo a estimar a energia produzida, assim como a energia consumida na habitação, tanto na casa em si, como no carregamento do carro elétrico. Este sistema permite a dedução da taxa de utilização da bateria e uma melhor adaptação ao uso das células solares e da energia nelas gerada.

4.1.3.3. Estabilização da Rede Elétrica

O armazenamento de energia é oferecido por um conjunto de baterias que servem como estabilizadores da rede elétrica. Este conjunto de unidades de armazenamento deve ser combinado de modo a criar uma espécie de central virtual que está preparada para amortecer quaisquer picos de energia produzida pelas fontes renováveis e, assim, regular esta mesma corrente e disponibilizá-la de um modo uniforme para o edifício em apenas alguns minutos. Servem, então não só como unidade de armazenamento em massa de rede elétrica, mas também como elemento de segurança no caso de picos de corrente, que poderiam danificar equipamentos instalados na habitação.

4.1.3.4. Dimensionamento das Baterias e sua Reutilização

Os sistemas de gestão de baterias de células de lítio (unidade de carga e alternador) serão analisados de acordo com a sua longevidade (vida útil), com o seu nível de energia residual e ainda relativamente ao seu uso como “baterias de uso doméstico para uma casa”. No que diz respeito à seleção do tamanho adequado da bateria a ser utilizada, foi aplicada um novo software que assegura a economia na escolha destas baterias.

4.1.3.5. Apoio Social e Científico aos Residentes

Desde março de 2012 até ao final de maio de 2013 esta casa será habitada por uma família de 4 pessoas, às quais será prestado apoio científico e social de modo a obter uma perceção entre a relação Homem e as tecnologias introduzidas na casa, assim como a aceitação das mesmas num cenário habitacional. Tecnologias no campo da domótica (redes inteligentes de operação da casa) e eletromobilidade são os exemplos de tecnologias com que a família lidou durante este período.

4.1.4. PRINCIPAIS ÁREAS DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DA EHPE [84]

- construção Sustentável;
- qualidade na Construção;
- eficiência Energética, Energias Renováveis Aplicadas à Construção;
- inovação Estrutural;
- protótipos de Contenção Energética na Construção;
- novos Materiais e Tecnologias;
- mudanças Demográficas;
- atualização da Legislação Aplicada à Construção.

4.2. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

4.2.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Este ponto terá como intenção a descrição do projeto em termos arquitetónicos, assim como a apresentação da componente da energia que lhe está associado e todo o conceito de funcionamento que nele foi projetado.

4.2.2. O CONCEITO

A EHPE apresenta-se como um exemplo de alta eficiência energética e, como tal, o seu conceito é baseado numa série de importantes fatores como meio de responder da melhor forma a esta realidade. Os fatores referidos para um desempenho eficaz da estrutura são os seguintes [84]:

- uma construção otimizada tendo em conta a sua localização e enquadramento arquitetónico;
- um *design* compacto elevado ao mais alto nível;
- maximização dos ganhos energéticos e a minimização das perdas de calor pela envolvente do edifício;

- otimização da tecnologia aplicada à estrutura, em qualquer perda de conforto por parte dos utilizadores da casa;
- necessidades energéticas asseguradas por energias geradas em fontes renováveis situadas no local;
- aplicação de materiais ecológicos e com preferência pelos de origem local.

Sendo o objetivo deste projeto proporcionar o máximo nível de conforto aos utilizadores da casa tentando ao mesmo tempo atingir o ponto ótimo do balanço energético, nunca afetando a performance a que se propõe, este projeto teve que considerar os mínimos detalhes para conseguir atingir o patamar de sustentabilidade pretendido.

Para tal a adequação ao espaço assim como a orientação do edifício foram cuidadosamente analisadas de modo a reunir todas as condições desejadas. A EHPE utiliza quase a totalidade do terreno disponível para assim maximizar a área de células fotovoltaicas colocadas no telhado e fachadas Sul como é evidenciado na Fig. 4.5.

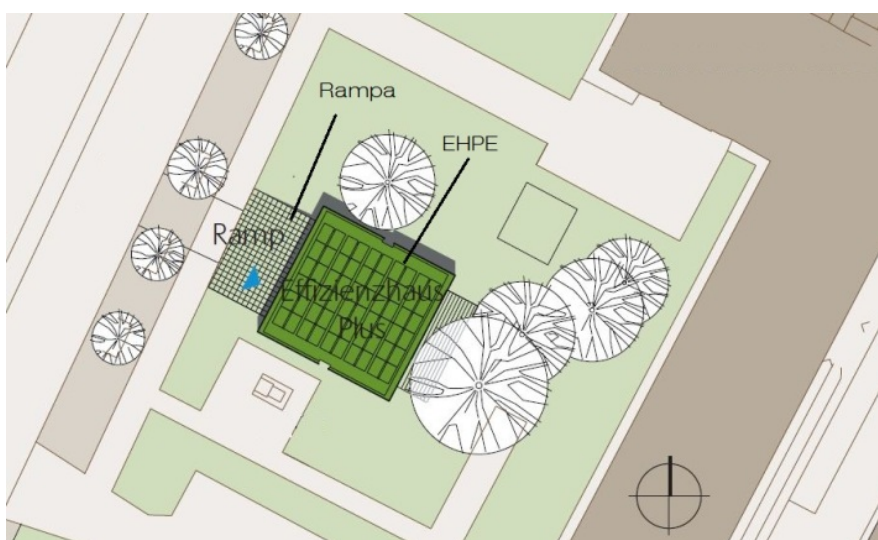


Fig. 4.5 – Planta do Local de Implementação da Casa [87].

4.2.3. CORPO DO EDIFÍCIO E DESENHO ARQUITETÓNICO

Passando agora para a descrição do corpo do edifício, podemos afirmar que o seu desenho compacto é composto de dois pisos, rés-do-chão e primeiro andar. O conceito de modularidade está aqui bem patente já que o edifício foi pensado para uma variedade de utilizações de acordo com as diferentes necessidades dos utilizadores. Desta forma oferece flexibilidade na sua utilização interior. Efetivamente, as suas paredes interiores podem ser alteradas ou removidas sem afetar a estrutura do edifício [84, 86]. Está dividido em três zonas distintas: área pública, núcleo energético e área de utilização privada, conforme a Fig. 4.6.

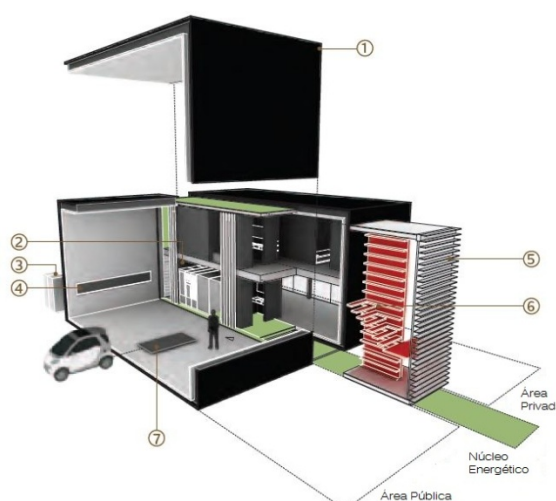


Fig. 4.6 – Corpo da casa e respetiva identificação das suas 3 zonas distintas: pública, núcleo en., privada [84]

1) Células Fotovoltaicas integradas na cobertura e fachada sul; 2) Núcleo energético; 3) Bateria; 4) Informação ao público e zona de recarga por condução dos veículos; 5) Sombreamento horizontal; 6) Escadas; 7) Sistema de Recarga por indução dos veículos.

Começando pelo rés-do-chão, é possível encontrar uma rampa de pequeno declive de acesso ao interior da casa (Fig. 4.7). É nesta rampa que se encontra uma das maiores inovações tecnológicas deste projeto: a Eletromobilidade. É aqui que é possível parquear o carro elétrico e abastecê-lo através de um sistema de carga por indução ou condução. Mais ainda, é possível encontrar toda a informação relativa ao desempenho energético da casa em painéis informativos de acesso público.

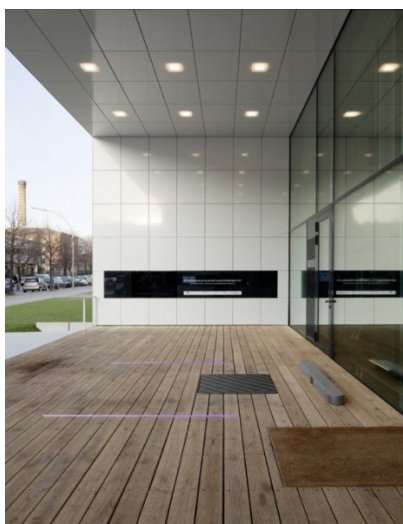


Fig. 4.7 – Zona de Recarregamento de Veículos por Indução e Informação para o Público por Ecrã Touchscreen [85].

Quanto ao seu interior (Fig. 4.8), deparamo-nos à entrada com o núcleo energético da casa, onde se encontra o sistema de gestão energético do edifício. Este piso foi desenhado em *open space* com exceção da cozinha que é de carácter fixo, assim como a casa de banho e escadas de acesso ao piso superior. Logo, como é possível observar pela Fig. 4.9 é possível utilizar o espaço como área comum de lazer, como sala de jantar e sala de estar, entre outras. É esta possibilidade que é oferecida pela modularidade em edifícios: alterar o seu propósito sem ter que efetuar complexas obras de remodelação ou até uma possível demolição. No seu exterior encontra-se um terraço de carácter privado.

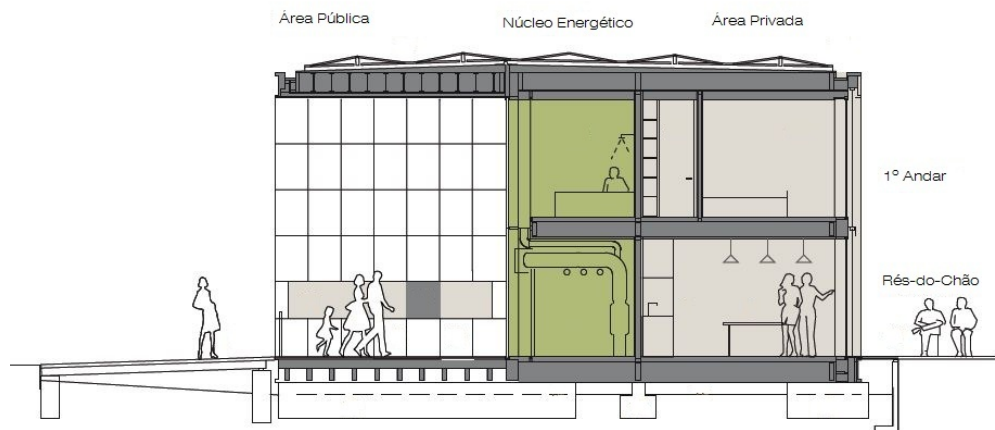


Fig. 4.8 – Corte Longitudinal da Casa (A-A) [84].

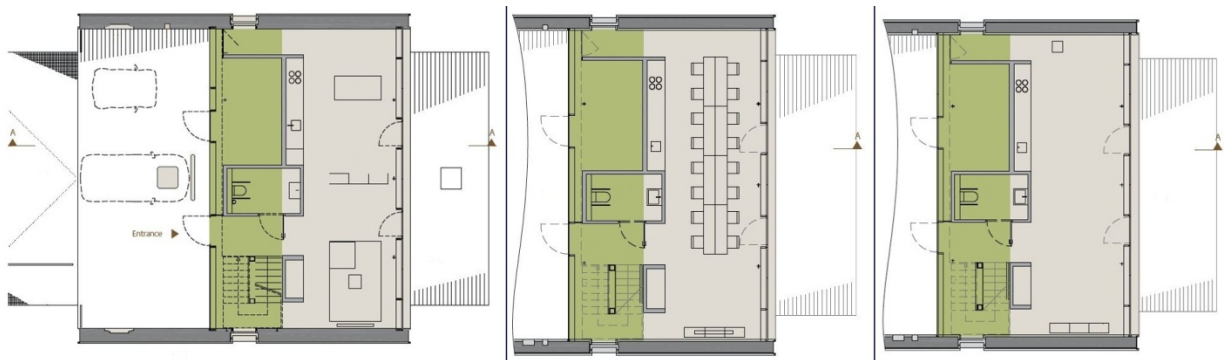


Fig. 4.9 – Planta do piso do R\C e suas várias utilizações (lazer, sala de conferências e *open space*) [84].

Passando agora para o piso superior (Fig. 4.10), é possível encontrar a zona dos quartos. Inicialmente dotada de 3 quartos e uma zona de arrumos, esta área compõem algumas paredes divisórias que podem ser removidas, convertendo o 1º andar num cenário *open space* como o piso inferior. É ainda composto por uma casa de banho e, naturalmente, zona de acesso ao rés-do-chão. Na figura 4.10 apresenta-se a configuração tipo apresentada aos primeiros utilizadores.



Figura 4.10 – Planta do Piso Superior [84].

Para elucidar sobre a distribuição espacial e ter uma noção mais correta de como está organizada interiormente, apresenta-se na Fig. 4.11 um modelo 3D da EHPE.



Fig. 4.11 – Distribuição Espacial do Interior da EHPE [84].

Atenção agora para a descrição da envolvente da casa. Este ponto é de extrema importância, uma vez que é aqui que são aplicadas as células fotovoltaicas, a maior fonte de energia da habitação. A casa apresenta uma espécie de concha que envolve a fachada Norte, cobertura e fachada Sul. Esta concha está unicamente revestida por células fotovoltaicas para maximizar a recolha de radiação solar e consequente produção de energia. Para além disso funcionam como isolamento térmico, minimizando as perdas de calor pela envolvente. A sua estrutura e componentes serão mais aprofundados no ponto 4.2.4, uma vez que aqui apenas se pretende elucidar sobre a forma do edifício. A Fig. 4.12 ilustra o esquema descrito sobre a envolvente da casa.

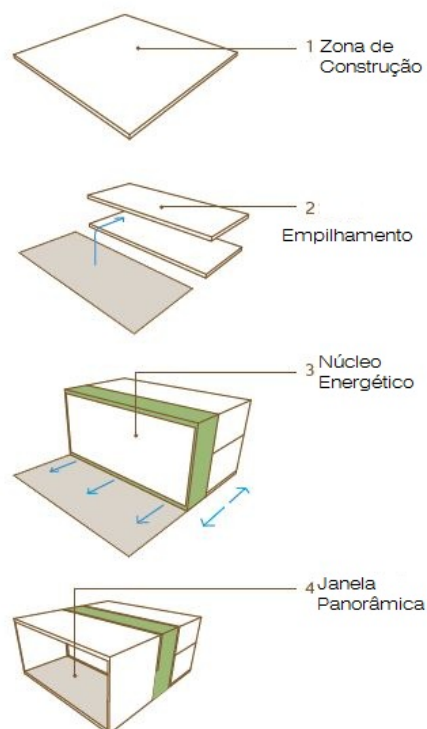


Fig. 4.12 – Esquema Estrutural da Casa [84].

A zona Oeste é composta pela entrada, zona de Eletromobilidade e por uma janela panorâmica que permite a visualização do interior da habitação. Todo este espaço é coberto por uma pala horizontal que completa a denominada “casca” do edifício e permite a continuidade da envolvente de células solares referida anteriormente e que é ilustrada na Fig. 4.13.



Fig. 4.13 – Fachada Oeste da Casa (Entrada) [85].

Já a zona Este apresenta na sua totalidade (rés-do-chão e primeiro piso) uma área envidraçada com vista para o terraço privado (Fig. 4.14). Neste apenas se encontra uma árvore que cobre parcialmente a janela panorâmica. A função desta árvore é de refrescar naturalmente o interior da casa no verão, assim como providenciar alguma sombra para o seu interior, como foi referido no capítulo anterior, no ponto 2.3.6.3.



Fig. 4.14 – Fachada Este da Casa (Traseiras) [85].

As fachadas norte e sul são esteticamente iguais, sendo que a sua aparência é de uma “casca” de cor escura e espelhada que dá seguimento à cobertura. A única diferença que lhes está associada é em termos de funcionalidade, já que a fachada sul está revestida por células fotovoltaicas para produção energética e a fachada norte não. Apenas mantém a mesma aparência sendo revestida por painéis de vidro colorido com aparência igual à da fachada sul, conforme evidenciado na Fig. 4.15.



Fig. 4.15 – Fachada Norte da Casa [85].

4.2.4. ESTRUTURA DO EDIFÍCIO – “CONCHA”

A casa está assente numa laje executada em betão armado reforçado pré-fabricado e os elementos de fundação executados de forma individual. Estes elementos estão rodeados por painéis de aglomerado de madeira que funcionam como estrutura no piso térreo. A cobertura e teto intermédio são também constituídos por este tipo de painéis de aglomerado de madeira, assim como as paredes exteriores e interiores. Como já foi referido, as suas fachadas este e oeste apresentam como principal constituinte o vidro. Para oferecer uma maior estabilidade e um reforço adicional à cobertura e laje intermédia, foram usados suportes de aço que, ao contrário do vidro, proporcionam estas características estruturais [84].

Os componentes dos painéis de madeira utilizados na “concha” são altamente isolados, sendo utilizado para este isolamento fibra de celulose. O isolamento adicional de cânhamo aplicado também nesta estrutura providencia um elevado nível de isolamento acústico perante o exterior.

No que diz respeito à ligação entre materiais nesta estrutura, assim como revestimento final de paredes e pavimentos, não foram usados quaisquer tipos de adesivos, sendo dada preferência a aderência ou fixação mecânica entre eles. Esta opção é tomada tendo em conta a filosofia de reciclagem que é pretendida no final da vida útil da habitação ou ainda antes no caso de reconfiguração ou alteração de design interior. Deste modo será mais fácil aquando da separação, para possível identificação dos diferentes materiais e devido encaminhamento para reciclagem.

A zona de Eletromobilidade é construída em madeira, mais especificamente carvalho, que não necessita de qualquer tratamento químico, uma vez que resiste bem às variações climáticas. A mesma solução é aplicada ao terraço situado nas traseiras da casa. Na zona de entrada da casa, é utilizada uma madeira diferente, o cedro (madeira nativa e também ela com elevada resistência perante as intempéries) [84].

Os vidros utilizados na fachada são constituídos por um conjunto de 3 vidros preenchidos entre eles por um gás de propriedades isolantes, o argon [84].

As fachadas opacas (norte e sul) são folheadas no lado sul por uma película fina de células solares ventiladas, enquanto que as do lado norte são constituídas por um vidro de cor escura que apresenta a

mesma aparência das de sul mas não produz energia. Na cobertura encontram-se os módulos de células solares mono-cristalinos [84].

Irá ser demonstrada nas Figs. 4.16 a 4.20 a constituição mais detalhada de cada um dos elementos mais relevantes da casa em modelo 3D acompanhado de um pormenor construtivo que lhe está associado.

▪ Cobertura



Fig. 4.16 – Constituição da Cobertura [84].

▪ Laje intermédia

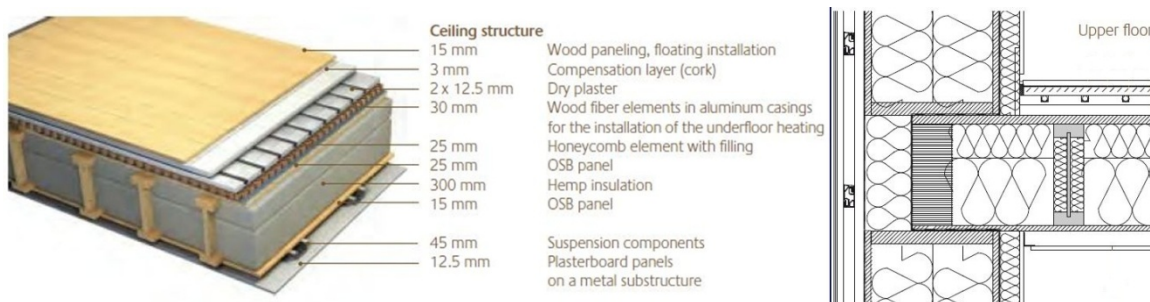


Fig. 4.17 – Constituição da Laje Intermédia [84].

▪ Laje do piso térreo



Fig. 4.18 – Constituição da Laje do Piso Térreo [84].

▪ Paredes exteriores opacas



Fig. 4.19 – Constituição da Parede Exterior [84].

▪ Paredes exteriores de Vidro

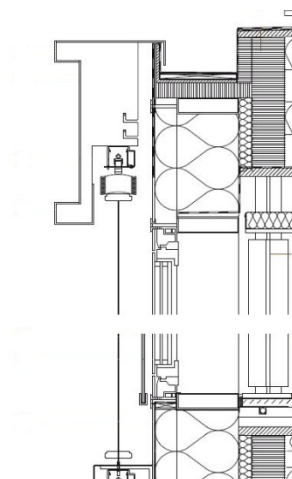


Fig. 4.20 – Constituição da Parede Exterior [84].

4.2.5. COMPONENTE ENERGÉTICA DO PROJETO SUSTENTÁVEL APLICADO À EHPE

4.2.5.1. Introdução

Neste ponto pretende-se apresentar a componente energética que está na base do conceito de sustentabilidade defendido pelo projeto. Este tenta associar tanto a performance da casa assim como uma adaptação às necessidades reais dos seus utilizadores, sem nunca esquecer o facto de usar as energias renováveis como base de coleta energética.

O equipamento técnico está localizado no chamado núcleo energético da casa. Esta zona, fig. 4.21, está situada exatamente a meio do edifício entre a entrada e a zona da cozinha e lazer. Está isolada por vidro e, por isso é visível para compreensão de todos.



Fig. 4.21 – Área Técnica da EHPE [84].

Com efeito, o projeto prevê que se utilize o sol como fonte de energia renovável de duas formas distintas para aquecimento e produção elétrica:

- Através de uma bomba combinada de Ar-Água-Calor;
- Células Fotovoltaicas (solares) distribuídas pela fachada Sul e cobertura.

As funções de cada uma destas soluções são apresentadas no Quadro 4.1 e Fig. 4.22 abaixo representados.

Quadro 4.1 – Funções da Tecnologia utilizada na EPHE [84].

Solução Sustentável	Funções
Bomba de Calor	Aquecimento de Água
	Aquecimento do Ar
	Aquecimento de Piso (Piso Radiante)
Células Fotovoltaicas	Eletromobilidade
	Consumo Geral da Casa
	Armazenamento na Bateria
	Devolução à Rede Pública

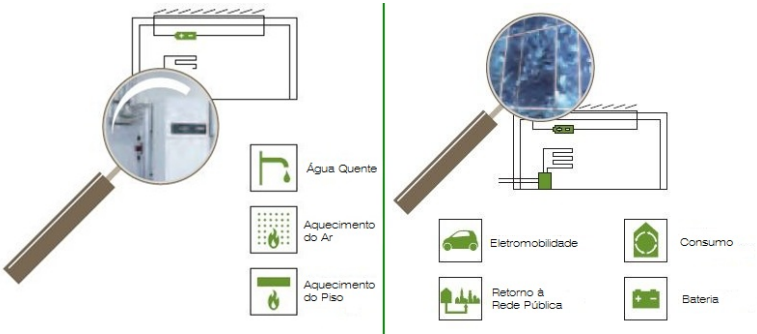


Fig. 4.22 – Funções da Bomba de Calor e FV na EHPE [84].

Em valores médios anuais, a energia gerada pelas células fotovoltaicas situadas na cobertura e fachada sul da casa chegam para cobrir todo o consumo da mesma e ainda cobrir os requisitos energéticos dos veículos elétricos (ver ponto 4.2.5.3) [84].

A atenção será agora dirigida para o desempenho da casa uma vez que o desenvolvimento relativo à Eletromobilidade será dado no ponto 4.3 deste capítulo.

De salientar que está previsto uma duração de serviço para este projeto de aproximadamente de 3 anos, pelo que posteriormente todos os seus elementos serão sujeitos a um processo de seleção de reciclagem. Este processo será abordado mais detalhadamente no ponto 4.4 deste capítulo.

Não foi aplicado qualquer projeto associado a energia geotérmica, já que os gastos para preparação do terreno e também para a extração das sondas no final da sua vida útil eram demasiado avultados.

4.2.5.2. Bomba de Calor

A bomba de calor é um aparelho cuja função consiste em converter a energia recolhida do ar exterior em calor para ser utilizado no interior da casa. Mais precisamente, o ventilador térmico recolhe o ar exterior e encaminha-o ar para esta bomba, a qual irá aquecer o ar, enviando-o para aquecimento do interior da habitação [84]. Os alvos de aquecimento da bomba são, como já referido no Quadro 4.1, a água, o ar interior, assim como o aquecimento do piso, através da tecnologia de piso radiante. Para tal acontecer, é necessário que à bomba esteja associado um tanque para armazenamento e posterior distribuição [84]. As características destes elementos encontram-se no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Características e dados da bomba de calor [84].

Aparelho	Potência [kW]	Capacidade [l]
Bomba de Calor	20	-
Tanque	-	288

Este sistema tem que responder perante as necessidades de aquecimento da casa pelo que em primeiro lugar devem ser apresentadas as áreas para aquecimento. Os valores encontram-se no Quadro 4.3 abaixo exposto.

Quadro 4.3 – Áreas da EHPE [84].

Elemento	Área [m ²]
Área Bruta da EHPE	181
Área Útil da EHPE	147
Área Total das Divisões (Piso + Paredes + Teto)	645

A estas áreas está associado uma necessidade de aquecimento com um valor aproximado de 21,1 kWh/m². A Bomba de calor da alta eficiência é capaz de cobrir praticamente a totalidade destas necessidades e também de trabalhar a temperaturas ambiente muito baixas (-25°C segundo o fabricante - Weishaupt) e tem o seguinte aspeto:



Fig. 4.23 – Bomba de Ar-Água-Calor utilizada na casa [88]

Nota adicional ainda para o facto de na casa não ter sido previsto qualquer tipo de projeto para arrefecimento durante os meses de verão, uma vez que está preparada com tecnologia passiva para controlar a temperatura interior. Contudo, esta bomba de calor está também preparada para este efeito, sendo necessária uma adaptação de determinados acessórios para que funcione neste sentido.

4.2.5.3. Células Fotovoltaicas

As células fotovoltaicas aplicadas na cobertura são compostas por módulos mono cristalinos com um elevado nível de eficiência. Estes módulos estão particularmente bem preparados para conversão direta de radiação solar em energia elétrica. Já as aplicadas na fachada sul são compostas por um filme de módulos muito fino que está preparado para lidar com a radiação difusa, mais típica em fachadas onde a radiação pode não chegar diretamente.

Uma parte da energia gerada por este sistema serve para abastecimento elétrico da bomba de calor, sendo que a grande maioria é usada no funcionamento da casa, abastecimento de veículos elétricos e armazenamento em bateria.

No Quadro 4.4 são apresentados os dados relativos às células fotovoltaicas usadas na EHPE.

Quadro 4.4 – Características e dados das células fotovoltaicas [84].

Células Fotovoltaicas	Potência [kW]	Área [m ²]
Cobertura	14,10	98
Fachada Sul	8,0	73

Na fase de projeto foi essencial encontrar os valores associados às necessidades energéticas da casa, assim como traçar um perfil de consumo associado à mesma tendo em conta uma família de 4 pessoas.

Desta forma, e através de um processo de simulação dinâmico de caráter iterativo, foram efetuadas várias simulações que levaram a resultados diferentes, mas cada vez mais próximos do ótimo. Este foi baseado em resultados anteriores deduzindo-se alguns ajustes e até alterando-se as próprias simulações [84]. Após este processo iterativo chegou-se aos seguintes resultados:

- Necessidades Energéticas

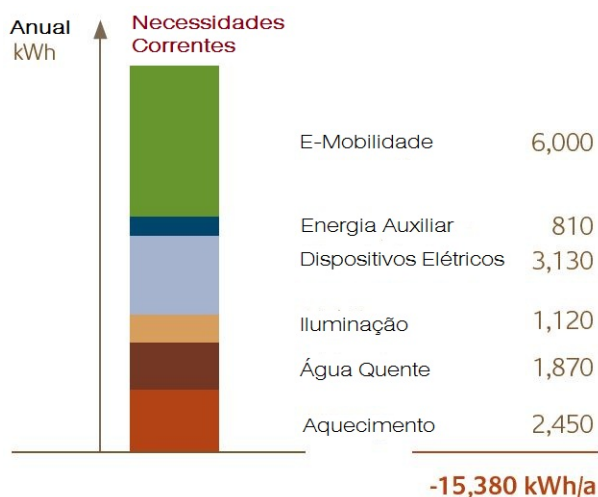


Fig. 4.24 – Necessidades Energéticas da EHPE [84].

- Produção Energética

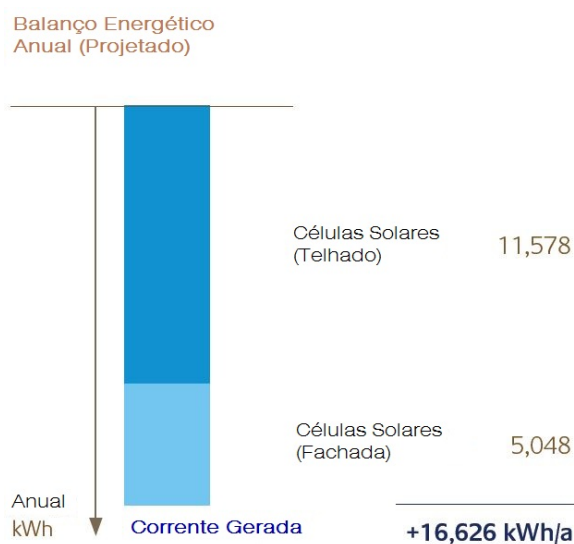


Fig. 4.25 – Produção Energética das Células FV da EHPE [84].

Como é possível observar pelas figuras 4.24 e 4.25, a produção elétrica cobre as necessidades todas quer da casa quer da valência de Eletromobilidade, sendo o seu balanço positivo e, por isso ostenta a denominação *Efficiency Plus House*.

A Fig. 4.26 apresenta a instalação de células fotovoltaicas na cobertura da casa, assim como parte da fachada sul, a qual também é dotada de células fotovoltaicas.



Fig. 4.26 – Painéis Fotovoltaicos na Cobertura da Casa [85].

4.2.5.4. Sistema de armazenamento - Bateria

A utilização da bateria na EHPE tem essencialmente dois objetivos [84]:

- armazenamento em massa de energia proveniente dos módulos fotovoltaicos instalados na cobertura e fachada sul;
- servir como sistema de estabilização de corrente elétrica no uso doméstico, isto é, impedir qualquer variação da corrente quer gerada pelas células fotovoltaicas ou até picos de corrente da rede pública, disponibilizando esta energia de modo uniforme e equilibrado para os utilizadores. Estimula ainda a utilização de energia produzida localmente pelas tecnologias fotovoltaicas.

A bateria utilizada neste projeto é de íões de lítio e a sua potência é de 40kWh. Atendendo ao seu carácter sustentável, o dispositivo utilizado nesta casa é proveniente de veículos usados, pelo que a máxima da reutilização está aqui bem presente. Após a sua utilização durante os 3 anos previstos em projeto nesta casa, a sua nova reutilização em veículos já não é possível uma vez que com o uso intensivo que lhe é conferido na habitação ocorrem perdas de capacidade de armazenamento e de performance até cerca de 20% [84].

4.2.5.5. Gestão Energética do Edifício

Para uma compreensão mais eficaz e detalhada do modo de funcionamento da tecnologia da EHPE, irá ser apresentada a Fig. 4.27, a qual ilustra de modo simplificado todas as trocas energéticas que ocorrem, indicando as fontes de produção, os locais de abastecimento energético, assim como a área de armazenagem de energia.

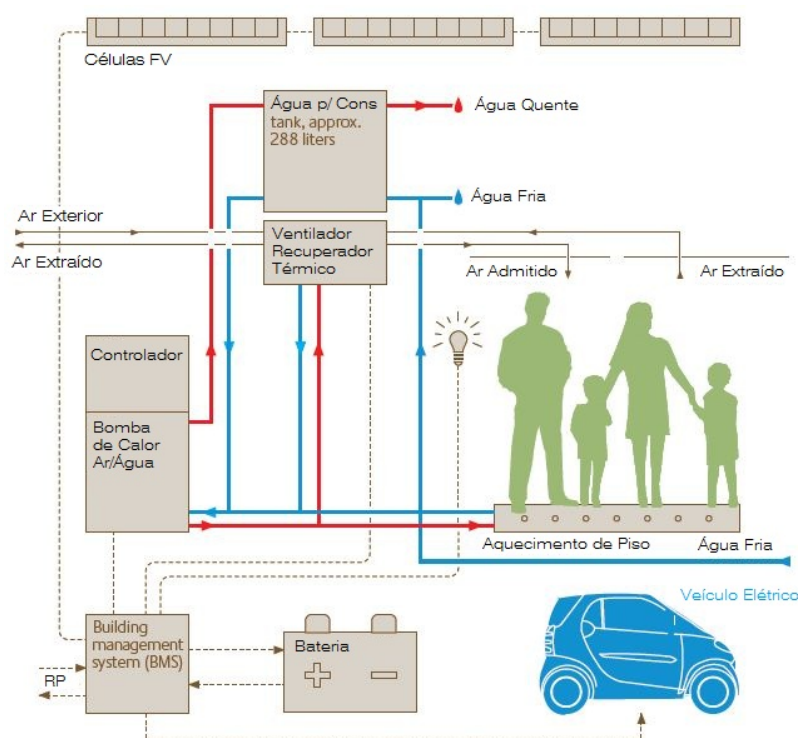


Fig. 4.27 – Esquema de Funcionamento dos Fluxos Energéticos e de Aquecimento da Casa [84].

Toda esta rede está interligada por um sistema de gestão denominado Building Management System (BMS – Sistema de Gestão do Edifício). Todas as trocas de energia efetuadas na casa, quer de consumo ou de devolução à rede pública são analisadas e controladas pelo BMS. Este sistema está diretamente ligado à rede domótica da casa e faz funcionar todos os componentes de acordo com as necessidades dos utilizadores [84]. Efetivamente, este sistema pode ser acedido pelos utilizadores tanto de forma fixa (pelos monitores touchscreen) como também de forma móvel (através da interface com smartphones). A Fig. 4.28 ilustra os fluxos de informação, as áreas de intervenção assim como os seus intervenientes. Esta simbiose de energia e informação permite uma gestão mais eficaz e cria uma maior proximidade entre tecnologia e Homem.

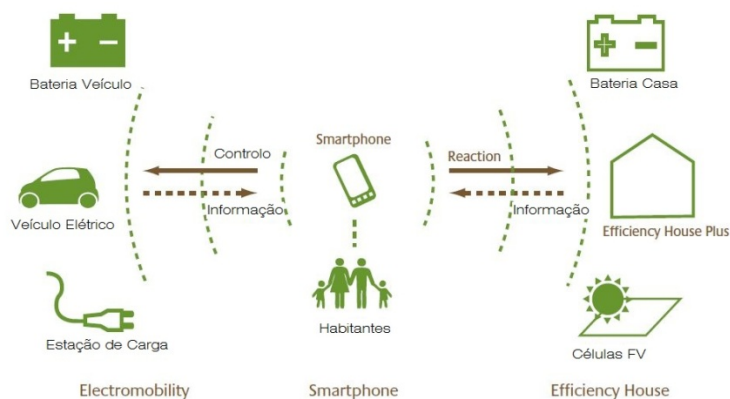


Fig. 4.28 – Sistema de Controlo e gestão da Energia – Domótica [84].

O sistema automático de gestão energética permite uma otimização dos fluxos em todo o sistema instalado em casa, desde os módulos solares até à ligação com a rede elétrica pública, passando pelo abastecimento de veículos e aparelhos como a bomba de calor, ventiladores e bateria [84].

Ao combinar toda a tecnologia no núcleo energético da casa, diminui-se na utilização de cabos, o que vai de acordo com os princípios sustentáveis que estão na base deste projeto. Mais ainda, todas as condutas de ventilação vêm o seu percurso diminuído, sendo o mais curtas possível e isoladas termicamente de modo a minimizar as perdas de calor. A Fig. 4.29 exemplifica a distribuição de tubagens pela casa e a sua convergência no núcleo técnico da EHPE.

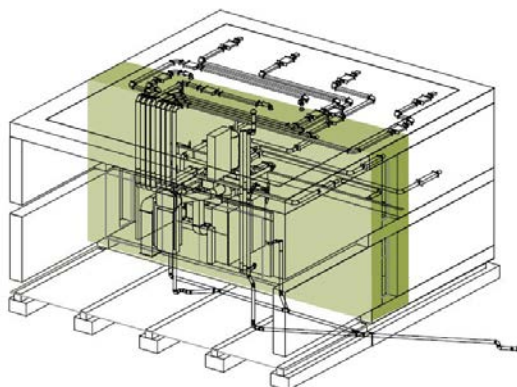


Fig. 4.29 – Distribuição de tubagens na EHPE [84].

Para além de criar um balanço energético positivo na casa, o sistema de gestão energética tem outro objetivo que é maximizar o consumo da energia gerada localmente, usando a pública somente em último recurso. A gestão tem a vantagem ainda de estar programada para trocas com a rede pública em função das tarifas horárias. Por exemplo, quando há excessos de produção energética, é feita devolução dessa energia à rede pública. Isto está programado para acontecer em alturas em que as tarifas são mais elevadas, para que a partir daí se obtenha retorno económico [84]. A situação inversa ocorre quando a demanda de energia não é coberta pela disponibilidade na bateria e é necessário recorrer à rede pública de abastecimento. Aqui é dada prioridade ao abastecimento durante a noite, altura em que as tarifas são mais baixas. Para tal foi necessário recorrer a uma complexa rede de controlo e medição de todos os fluxos energéticos que ocorrem na casa. Pontos estratégicos foram criados para uma medição precisa destes valores. A Fig. 4.30 apresenta uma descrição simplificada de como e onde são controlados estes fluxos no abastecimento elétrico da casa.

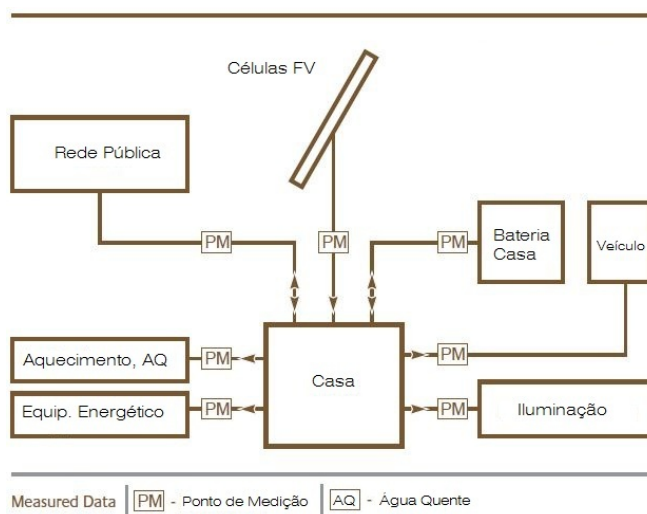


Fig. 4.30 – Determinação dos fluxos de energia no abastecimento elétrico da casa (Pontos de Medição) [84].

Todos os pontos são facilmente identificáveis pela conjugação de letras PM assim como os fluxos aí registrados.

O mesmo sistema está projetado também para o sistema de aquecimento da casa. Este foi individualizado do anterior numa forma de simplificação entre sistemas. Desta forma é possível apresentar também o circuito de análise de fluxos e sua respectiva medição. Contudo, neste caso, para além de serem medidos os fluxos energéticos, são também medidos os volumes e temperaturas como demonstra a Fig. 4.31.

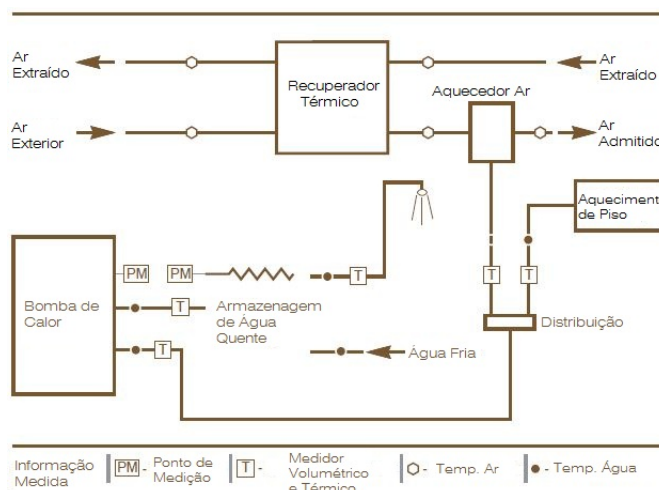


Fig. 4.31 – Determinação dos fluxos de energia no sistema de aquecimento da casa [84].

Todos estes valores são monitorizados constantemente, sendo efetuados balanços energéticos mensais, assim como avaliações ao desempenho dos seus equipamentos. Esta informação está também disponível para os utilizadores e público geral.

No que diz respeito ao recarregamento dos veículos elétricos, esta está também prevista para que em primeiro lugar se utilize a corrente disponível na bateria e só posteriormente e se necessário seja utilizada a energia pública.

O sistema tem a capacidade de usar as previsões meteorológicas para prever a corrente que irá produzir a partir dos módulos fotovoltaicos assim como usar essa informação para prever quais as necessidades de aquecimento e energia por parte dos utilizadores [84].

Por último, é importante referir ainda que o sistema não tem um comportamento “estático”. Isto é, o sistema é capaz de reconhecer novos padrões de comportamento ao longo do ano por parte dos utilizadores e adaptar-se a tais mudanças, introduzindo uma série de *inputs* no sistema que leve ao ponto ótimo de desempenho e conforto.

4.2.6. SOLUÇÕES DE VENTILAÇÃO E ILUMINAÇÃO NA EHPE

4.2.6.1. Ventilação

A casa é equipada com um sistema mecânico de ventilação e de extração. Este sistema que atua em simbiose providencia uma boa qualidade de ar para o interior da habitação. Tem componente automática, que atua em função das necessidades programadas pelo utilizador, ou então pode mesmo funcionar de forma manual nas divisões de lazer (casas de banho não incluídas). O calor existente no

ar de extração é recuperado antes de este último ser canalizado por um sistema de exaustão que o canaliza para o exterior da habitação, mais precisamente entre a laje do piso térreo e o terreno [84].

A figura 4.32 ilustra o funcionamento do sistema de ventilação no edifício, no qual é possível observar a entrada de ar pela seta verde, a infiltração nas divisões a azul e, finalmente, a extração finalizada pelo sistema de exaustão referido.

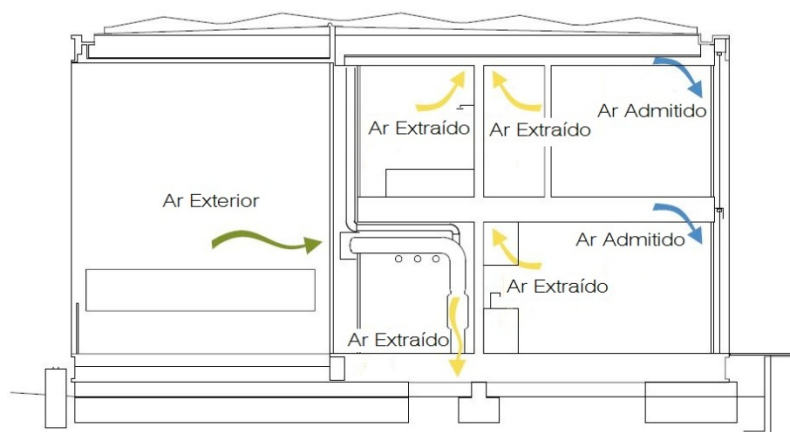


Figura 4.32 – Esquema de Ventilação utilizado na Casa [84].

4.2.6.2. Iluminação

A iluminação pode ter dois tipos de estratégias:

- Passivas:

As estratégias passivas devem ser privilegiadas como foi referido no capítulo 2 deste trabalho. Este tipo de técnicas aplicadas à casa vai minimizar qualquer custo associado a iluminação durante o dia e reunidas as condições favoráveis para que tal aconteça. Assim, e como medida passiva aplicada à EHPE, as fachadas oeste (entrada) e este (correspondente às traseiras) são constituídas essencialmente por vidro [84]. Este elemento permite a entrada de luz natural na casa e consequentemente gerar uma maior independência de luz artificial. Ao mesmo tempo é capaz de dotar os espaços de uma sensação de maior amplitude.

Como medida de proteção contra os raios solares, a entrada goza de uma pala horizontal com um vão generoso, resultante da forma da “casca” da casa. Esta pala resulta do espaço vazio criado para a Eletromobidade. Assim as janelas aqui presentes não necessitam de qualquer proteção perante os raios solares, uma vez que apenas se regista iluminação indireta como ilustra a figura 4.18. Já a fachada este, está dotada de grelhas aplicadas no exterior das janelas e que são ajustáveis de modo a evitar sobreaquecimento. São eficazes também para raios de baixa altitude.

- Ativas:

A única estratégia ativa aqui presente é a colocação de iluminação artificial constituída por tecnologia LED. Este tipo de lâmpadas eficiente já foi descrito no capítulo 2. No projeto de iluminação da casa, o conjunto de lâmpadas colocadas surge associado a um sistema de deteção de movimento e ainda a um controlo de intensidade da luz em função da presença de pessoas e da hora do dia, respetivamente (Fig. 4.33).



Fig. 4.33 – Esquema de Iluminação prevista na EHPE [84].

4.3. TECNOLOGIA ELECTROMOBILITY

4.3.1. A IDEIA

As sucessivas melhorias da eficiência energética e todo o conjunto de tecnologias associadas permitem a transição das casas apelidadas de “energia zero”, que consomem a energia que produzem, para um novo estereótipo de habitação, as casas “energia mais”, que para além de produzirem toda a energia que consomem, são capazes ainda de gerar energia extra para armazenamento em baterias e utilização em outros fins [82].

A EHPE surge como um projeto pioneiro no âmbito do aproveitamento energético gerado pela casa. Associa uma casa sustentável sob o ponto de vista ambiental a um posto de abastecimento de veículos elétricos. A energia gerada na casa é, como já foi referido neste capítulo, proveniente de fontes de produção energética renováveis e sustentáveis, pelo que o seu impacto na Natureza é aproximadamente nulo.

O uso de combustíveis “limpos” é já uma realidade no mercado automóvel. Contudo, a autonomia dos veículos é ainda muito reduzida, pelo que é necessário a criação de uma rede de abastecimento bastante complexa nas cidades capaz de suportar toda esta nova vaga de dependência energética móvel crescente. A maior problemática associada é a questão da falta de espaço nas grandes metrópoles e ainda o facto de ainda não estarem criadas e desenvolvidas as infraestruturas que lhe são associadas [82].

Surgiu assim o conceito de associar a casa a um posto de abastecimento/recarga do veículo próprio de cada um, o qual, sendo num espaço privado, não irá afetar de modo algum a falta de espaço nas cidades, sendo também a adaptação muito mais simples nas habitações do que a criação de um rede de dimensões muito maiores [84].

4.3.2. NECESSIDADES ENERGÉTICAS

Para suportar tal plano, é necessário saber quais as necessidades energéticas da casa e também dos veículos da família. A projeção do sistema de produção energética para a EHPE prevê que a casa necessite de cerca de 10000kWh por ano para uma família de 4 elementos. No que diz respeito aos veículos, foram associados 2 automóveis elétricos e uma bicicleta também ela elétrica. Após estudos sobre valores que refletem percursos diários médios ao final de um ano, estima-se que 2 automóveis percorram aproximadamente 25.000 km (juntos) em percursos urbanos. Adicionalmente estimou-se que a bicicleta percorreria cerca de 4.000 km, pelo que a totalidade dos veículos preconiza 29.000km,

o que em valores energéticos equivale a aproximadamente 6.000kWh. Estes 6.000kWh correspondem ao excedente produzido pelos módulos solares [84].

Nos casos em que seja requerido um volume energético superior ao estimado em projeto, é possível à EHPE abastecer-se diretamente da rede pública. Contudo, pretende-se que a dependência da corrente proveniente da rede pública seja pouco significativa, optando-se primordialmente pela energia produzida localmente.

4.3.3. RECARGA DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS: CONDUÇÃO E INDUÇÃO

4.3.3.1. Recarga por Condução

A recarga por condução é o sistema de abastecimento elétrico clássico de todos os aparelhos eletrónicos que são usados hoje em dia. É efetuada por uma tomada comum, a qual se liga diretamente ao veículo. A Fig. 4.34 demonstra a simplicidade do processo, equivalente ao processo de abastecimento de combustíveis como o diesel ou gasolina.



Fig. 4.34 – Recarga Elétrica Através de Condução [89].

4.3.3.2. Recarga por Indução

A recarga por indução entra neste projeto como uma variante inovadora no processo de recarga elétrica, uma vez que não se verifica qualquer contacto físico entre veículo e fonte de energia. O seu funcionamento é muito simples: basta estacionar o carro na zona destinada à recarga. Nesta zona está situada uma bobina que entrará em contacto com a bobina situada na base do carro através de um campo eletromagnético, ativada pela corrente energética aí gerada. A figura 4.35 demonstra o processo de carregamento por indução através das duas bobinas situadas no pavimento e o veículo.

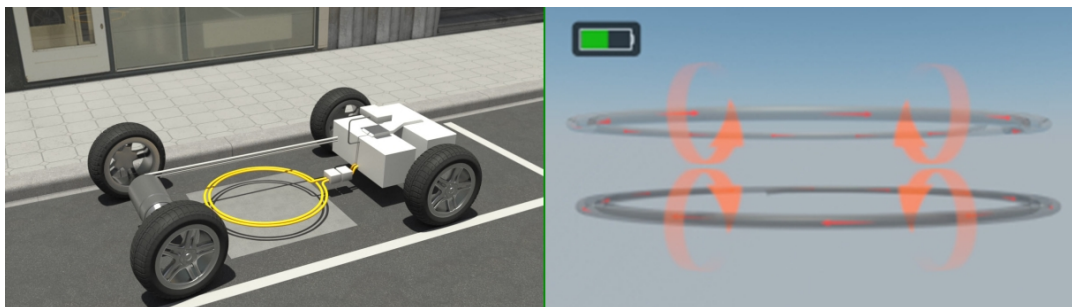


Fig. 4.35 – Recarga Elétrica Através de Indução [90].

Esta tecnologia opera mesmo sob condições climáticas adversas. Na Fig. 4.36 é apresentado o modo de carregamento descrito na EHPE, numa situação real.



Fig. 4.36 – Recarga Elétrica Através de Indução na EHPE [91].

Pretende-se que o abastecimento de veículos elétricos evolua neste sentido como forma de tornar mais cómodo o processo de recarga, colocando apenas o carro em locais próprios de abastecimento e evitando o uso de cabos para o efeito.

Nota ainda importante para o facto de se registarem ciclos de energia frequentes, a vida útil das baterias de lítio aumenta, evitando desta forma cargas completas que desgastem mais as mesmas [84].

Este projeto tem como mote: “A minha casa, o meu posto de abastecimento”, que cria a possibilidade de carregar os veículos próprios à porta de casa, não sendo necessária a procura do ponto de abastecimento mais próximo cada vez que for preciso carregar o veículo.

A Eletromobilidade funciona neste projeto como um todo, isto é, pode ser integrado no sistema domótico da casa, permitindo desta forma jogar com a melhor solução de carregamento dos veículos em qualquer altura do dia, mesmo à noite, sendo abastecidos pela bateria da casa.

4.4. EFFICIENCY HOUSE PLUS E A RECICLAGEM

O conceito de reciclagem está fortemente ligado a este projeto, como sendo um dos elementos chave da sustentabilidade aplicada à construção de edifícios. Um projeto especialmente criado para esta habitação permite que a estrutura seja desmantelada na totalidade após o final do seu tempo de serviço, que neste caso serão 3 anos, e os componentes que a constituem regressem ao ciclo de materiais.

Assim, e de acordo com o previsto, aquando do seu desmantelamento, grande parte dos materiais serão reaproveitados para outros projetos de edifícios, como é caso dos módulos fotovoltaicos. Os materiais que não forem selecionados para reutilização seguem para reciclagem. Contudo, na fase de seleção de materiais teve que ter-se em atenção duas condições base: o facto de serem ou biologicamente degradáveis ou então que existissem técnicas de reciclagem para os mesmos. Para classificar os diferentes materiais em diferentes grupos de reciclagem, foram definidas cerca de 20 técnicas de separação aquando do processo de demolição para um processo de reciclagem mais eficaz [84].

Outro aspeto muito importante que contribui para o sucesso da reciclagem são as técnicas de ligação entre materiais. Assim as técnicas utilizadas neste projeto baseiam-se essencialmente em ligações mecânicas, não sendo usadas quaisquer técnicas químicas. As mais utilizadas foram [84]:

- Uso de parafusos;
- Técnica de *Click*;
- Uso de abraçadeiras.

O uso de ligações mecânicas permite que a separação de materiais para reciclagem se processe de uma forma muito mais simplificada, sem gerar mais resíduos e desperdícios [84].

O conceito de reciclagem (já desenvolvido no ponto 3.3.2.3) contribui no seu âmbito geral não só para a diminuição de grandes quantidades de resíduos, mas também para um balanço energético positivo no processo construtivo. Efetivamente, é possível falar numa redução significativa da quantidade de energia “cinza”. Esta energia apelidada assim é a que é utilizada apenas na manufatura dos materiais primários, ou seja, a que corresponde à extração, transporte e manufatura. Ao serem reciclados os materiais aplicados nos edifícios possuem uma energia incorporada muito menor, o que contribui positivamente para o balanço energético referido.

A Fig. 4.37 mostra alguns dos materiais utilizados na casa:

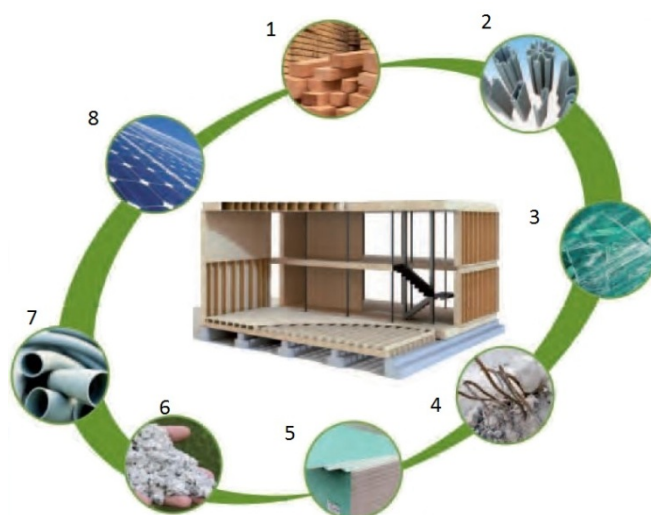


Fig. 4.37 – Alguns Materiais Utilizados na EHPE [84].

Estes materiais serão agora descritos no Quadro 4.5 de acordo com as suas características sustentáveis e pareceres de reciclagem:

Quadro 4.5 – Características sustentáveis de alguns dos materiais utilizados na EHPE [84].

Identificação	Material	Descrição
1	Madeiras	Material Biodegradável
2	Alumínio e Aços	100% Recicláveis por Fusão
3	Panos de Vidro	100% Recicláveis: Limpeza e Fusão

4	Betão Armado	100% Reciclável, Tratamento para Reuso
5	Placas de Gesso	100% Recicláveis, para Tratamento
6	Isolamento: celulose	Material Biodegradável
7	Tubagens em PP	Material 100% Reciclado por Fusão e processos Químicos
8	Módulos Fotovoltaicos	Material Reutilizável

5

RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS PASSÍVEIS DE SEREM UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO

5.1. NOTA INTRODUTÓRIA

O desenvolvimento sustentável é, cada vez mais, um desafio que deve ser assumido pela sociedade como rumo mais equilibrado a seguir, designadamente no setor da construção, sob o ponto de vista ambiental, social e também económico. Contudo não é possível padronizar toda uma série de medidas neste sentido, uma vez que os sistemas construtivos não respondem de igual forma. Fatores como a localização, orientação e implicitamente o clima influenciam diretamente o comportamento dos edifícios e, por isso, a resposta que estes dão varia de caso para caso.

Neste capítulo pretende-se de forma sucinta apontar várias medidas inseridas em diversas áreas enquadradas com a realidade da construção atual, tendo em conta os fatores que lhe são característicos.

Estes planos de boas práticas serão divididos em duas grandes áreas de intervenção:

- centros urbanos;
- construção e reabilitação de edifícios;

As soluções construtivas deverão ter em conta a região onde está inserido o edificado a estudar, uma vez que há uma vasta gama de características que variam de local para local. Será neste capítulo dedicada atenção para a realidade portuguesa, tendo em conta as suas exigências a nível de localização, clima, população e economia.

5.2. CENTROS URBANOS

5.2.1. RAZÕES PARA A INSERÇÃO DE MEDIDAS SUSTENTÁVEIS NOS CENTROS URBANOS

Os centros urbanos entram neste trabalho como sendo um dos elementos chave no setor da construção. A urbanização assim como toda a envolvente de uma cidade traz consigo não só desafios como oportunidades para a criação do protótipo de uma cidade “verde” [92]. Os desafios situam-se numa mudança de rumo da urbanização, na pressão exercida na natureza assim como as relações sociais

existentes. As oportunidades ganham vida através de projetos, de planeamento e de gestão eficaz das infraestruturas e dos fluxos energéticos que se registam.

O facto de nas grandes cidades se fixar a maior parte da população mundial (mais de 50% desde 2007 - ver Capítulo 2), leva a que a maioria dos problemas ambientais, como grandes emissões de CO₂, grande consumo de combustíveis fósseis e as pressões perante a natureza criem nas cidades um nicho de oportunidades para um desenvolvimento sustentável mais aprofundado.

Por outro lado ainda na atualidade se regista uma série de limitações ao desenvolvimento sustentável nas cidades. Estas restrições devem-se não só a questões de desenvolvimento técnico, mas também muito devido a ajustes culturais e políticos que estão no cerne da resistência à mudança. Hoje em dia verifica-se que o rápido crescimento das cidades de países em desenvolvimento (nomeadamente África, Ásia e América do Sul) não segue práticas sustentáveis em resultado da combinação dos obstáculos que se seguem [92]:

- fragmentação governamental – falta de coordenação entre os quadros políticos para promover medidas sustentáveis nos vários níveis de atuação: internacional, nacional, regional e finalmente, a nível local. Os conflitos político-partidários são igualmente um entrave bastante significativo no que diz respeito ao desenvolvimento sustentável;
- acessibilidade – algumas medidas verdes, ainda que economicamente viáveis, podem estar fora do alcance das cidades mais remotas e pobres, deixando-as sobrecarregadas com infraestruturas ineficazes e obsoletas;
- falta de investimento – apesar da aceitação da relevância da problemática associada ao desenvolvimento sustentável para o bem-estar das populações, o setor público e privado não têm dado prioridade ao investimento “verde” nas infraestruturas básicas das cidades (estratégias verdes no planeamento urbano, na rede de transportes e nas habitações);
- compromissos Erráticos – sem políticas de intervenção eficazes e investimentos mal conduzidos (que promoveriam um aumento da produtividade assim como a eficiência dos recursos utilizados), estratégias verdes assumidas pelas entidades responsáveis podem levar a um maior congestionamento (de pessoas e tráfego), assim como maiores valores de terrenos (por m²) e de custo de vida;
- preferência dos Consumidores – quando é dado o poder de escolha aos consumidores (população em geral), estes podem não estar dispostos a adotar novos modelos de vida urbana que exijam mudanças significativas no seu quotidiano individual e nos seus padrões coletivos de consumo (ex.: mudança de moradia para apartamento, uso de transportes públicos ou uso de bicicleta);
- aversão ao Risco – indivíduos, empresas e organizações governamentais são resistentes a qualquer mudança que não demonstre melhoria imediata a nível económico, de qualidade de vida ou no *status* dentro de uma comunidade;
- resposta Inconsciente da População – a população pode responder de uma forma inconsciente perante uma redução do custo da energia (originado por medidas de eficiência energética). O aumento do consumo *per capita* é a resposta mais comum à baixa de preço e não manter o mesmo nível de consumo ou então o incentivo à poupança.

As cidades representam ainda uma oportunidade da emancipação de uma economia verde. Isto deve-se a um conjunto de três fatores: em primeiro lugar, a proximidade, a densidade e a variedade intrínseca às cidades que beneficiam as empresas e ajudam a estimular a inovação; em segundo, as indústrias verdes estão dominadas pela atividade dos serviços, como é o caso dos transportes públicos, fornecimento elétrico e restantes infraestruturas, que têm tendência a fixar-se em centros urbanos onde os mercados são maiores e mais atrativos; por último, algumas cidades irão desenvolver clusters *high tech* de apoio a soluções sustentáveis e tecnologicamente avançadas que podem ser localizadas nos próprios centros urbanos ou na sua periferia, partilhando conhecimentos e experiências com universidades e centros de pesquisa laboratorial.

Outra das vantagens associada às cidades é o facto de estas possuírem na sua maioria uma forma nuclear, que permitem um desenvolvimento eficiente e inovação tecnológica através da proximidade entre as atividades económicas, reduzindo desta forma o consumo de energia assim como os recursos utilizados. “Existem oportunidades genuínas para os líderes nacionais e regionais para reduzir as emissões de carbono e a poluição nas cidades, enaltecendo a importância dos ecossistemas e minimizando os riscos ambientais” [92].

É então essencial otimizar o desenvolvimento urbano de modo a aproveitar toda a capacidade estrutural aí existente (usando edifícios existentes, infraestrutura já montada projetando todas as intervenções tendo em conta a redução do consumo energético e de recursos) e aproveitando ainda o potencial tecnológico (dada a maior facilidade de partilha de informação e tecnologia).

A figura 5.1 representa os crescimentos típicos das cidades mundiais, sendo que a média registada da análise destas afirma que a maioria se apresenta sob a forma de dispersão. Contudo os centros urbanos mais desenvolvidos como as grandes capitais mundiais, apresentam-se sob a forma compacta, que por sinal é o crescimento ideal dada a proximidade intersectorial e consequente diminuição de fluxos energéticos. As cidades podem ainda apresentar-se de outras formas também elas constatadas na mesma figura 5.1. São elas: cidades borda (*edge cities*), ultra cidades, cidades corredor (*corridor cities*) e cidades margem (*fringe cities*), dependendo o tipo de desenvolvimento da dimensão da população, cultura, do espaço afeto à mesma e da localização geográfica.

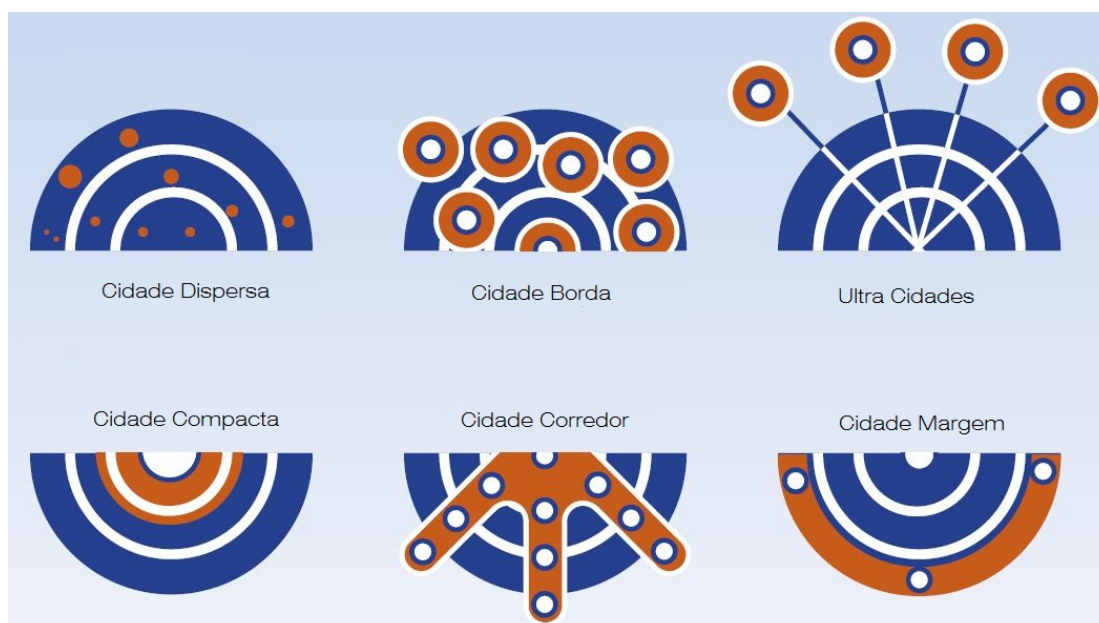


Fig.5.1 - Comparação dos vários modelos de crescimento [92]

As infraestruturas urbanas incluindo ruas, linhas férreas, sistemas de abastecimento de água e drenagem de águas residuais e pluviais vêm o seu custo de investimento unitário diminuído quando se verifica um aumento da densidade urbana (aumento da população, dos consumos e do uso de veículos) [92]. Contudo, a problemática do aumento da densidade nas cidades que está na base da congestão urbana e custos associados a investimentos pode ser controlada quando desenvolvidos métodos de gestão inteligentes, ou sistemas de transportes eficientes, ou então taxas de circulação. Estas e outras medidas serão apresentadas mais à frente neste capítulo.

5.2.2. CIDADES VERDES

5.2.2.1. Definição

Cidades Verdes ou cidades sustentáveis podem ter um sem número de definições. A sua ambiguidade é grande, pois abrange um elevado número de ações que diferem bastante umas das outras e que têm objetivos diferentes, o que torna difícil a sua definição. Contudo é possível aproximarmo-nos de uma definição bastante completa que explica o que é uma cidade verde. Logo, e segundo [8], “uma cidade sustentável deve estar organizada, de forma a permitir que todos os seus cidadãos satisfaçam as suas próprias necessidades e melhorem o seu bem-estar, sem causarem danos no meio ambiente natural ou colocarem em perigo as condições de vida de outras pessoas, no presente e no futuro”.

É, porém, utópico afirmar que uma cidade não afeta o ambiente. Emissões de CO₂ poderão diminuir, mas será impossível eliminá-las na totalidade. Outro exemplo é o uso de recursos naturais: com o aumento exponencial da população e a sua fixação nas cidades, é impossível não exercer maior pressão sobre a natureza aquando da extração de produtos naturais uma vez que alguns são não renováveis e o seu tempo de regeneração é demasiado elevado para o ritmo construtivo que se tem verificado.



Fig.5.2 - Cidade Sustentável [93].

Mesmo não sendo atingido o objetivo “principal” (pegada ecológica zero) é essencial levar a cabo todo um conjunto de regras de boas práticas sob o ponto de vista ambiental, como é o caso do uso de energias renováveis, processos de reciclagem modernos, criação de espaços verdes nas cidades, fomentar a agricultura biológica, controlo do tráfego, gestão eficiente do sistema de transportes, incentivos (fiscais e ideológicos) do uso de transportes não poluentes. Fala-se de cidades onde sejam valorizados e potenciados os seus recursos (ambiente, pessoas, espaços públicos, culturas, etc.). A título de exemplo, é possível referir a cidade de Freiburg, considerada como a cidade do futuro dado o

enorme conjunto de medidas em prol do ambiente, desde o uso intensivo da bicicleta como meio de transporte até às soluções técnicas implementadas nos seus edifícios como é o caso do uso de isolamentos para manter o calor interno e o uso massivo de painéis fotovoltaicos para a geração de energia.

5.2.2.2. Benefícios Económicos

Cidades de grandes dimensões, como já referido, ajudam na redução de emissões *per capita* assim como no seu crescimento. Sob o ponto de vista económico uma urbanização eficiente (entenda-se planeamento entre outras medidas de gestão urbana) permite obter três grandes vantagens [92]:

1. originam uma grande proximidade entre pessoas e atividades;
2. no caso de falhas de informação, permitem uma compensação rápida de lacunas de informação;
3. permite um rápido fluxo de ideias.

Contudo, nos países em desenvolvimento, a urbanização pode não trazer o mesmo tipo de vantagens quer para as cidades em si ou para as próprias empresas que aí estão estabelecidas. A principal razão que justifica esta divergência reside no facto de o processo de urbanização muitas das vezes ultrapassar a capacidade de resposta que as autoridades têm para garantir infraestruturas adequadas ao crescimento dos centros urbanos.

A densificação leva ainda a uma redução dos custos de investimento inicial assim como de operação das infraestruturas. Infraestruturas como ruas, caminhos-de-ferro, sistemas de abastecimento e drenagem, entre outras utilidades vêm o seu custo unitário de investimento muito reduzido quando se verifica uma grande densidade urbana [94]. O Quadro 5.1 compara os custos de infraestruturas seguindo políticas sustentáveis (a verde) com um investimento não tendo em conta tal planeamento (a vermelho).

Quadro 5.1 – Comparação do custo de infraestruturas na cidade de Calgary (Canadá), entre um cenário disperso e o ideal de planeamento (mais denso). Adaptado de [92] através de IBI Group, 2009.

Total de Custos (€ Biliões)				
	Cenário Disperso	Cenário Recomendado	Diferença	Diferença Percentual
Custo Capital de Estradas	13,66	8,69	4,97	-36
Custo de Transportes	5,28	4,81	0,47	-9
Abastecimento de Água e Saneamento Básico	4,27	1,94	2,33	-54
Infraestruturas Incêndio	0,39	0,23	0,16	-46
Centros Recreativos	0,85	0,70	0,15	-19
Escolas	2,33	1,71	0,62	-27
Total	26,77	18,08	8,70	-33

Através da análise do quadro 5.1 é possível verificar que os custos são significativamente mais baixos quando se tem conta um planeamento sustentável, considerando a densificação das cidades.

A analogia que se pretende criar com este exemplo é relativa às cidades de países desenvolvidos (ideal de densificação) e as cidades dos países em desenvolvimento (ainda sem planeamento sustentável e de com um cenário mais disperso). Ainda que não tenha sido realizada uma comparação entre duas cidades correspondentes a estes dois cenários, foi tratada uma cidade desenvolvida com potencial de maior desenvolvimento no que diz respeito ao planeamento sustentável.

5.2.2.3. Benefícios Sociais

O processo de urbanização verde dos centros urbanos tem benefícios também a nível social. A criação de emprego é, sem dúvida, a sua grande vantagem no que afeta o campo do desenvolvimento económico e social. Existem inúmeras fontes geradores de empregos, entre as quais [92]:

- desenvolvimento de Agricultura Verde nas Cidades e Periferias;
- setor dos Transportes Públicos (operacional e infraestruturas);
- setor das Energias Renováveis;
- setor da Gestão de Resíduos e Reciclagem;
- setor da Construção Civil (construção “verde”);
- clusters de Desenvolvimento Tecnológico nas Cidades (pesquisa);
- centros de Desenvolvimentos em Universidades.

A título de exemplo, até ao momento foram registados nas 100 maiores cidades norte americanas os seguintes resultados no que diz respeito à evolução de emprego diretamente ligado ao desenvolvimento verde das cidades [92]:

- setor da Energia Solar e Eólica: 67%;
- setor da pesquisa e desenvolvimento energético: 80%;
- edifícios Verdes: 85%;

A urbanização verde pode ainda ser associada a uma das razões pelas quais se reduz as taxas de pobreza (uma vez que aumenta o emprego como referido) e ainda estimula a equidade social, empregando tanto homens como mulheres para as mesmas funções.

A qualidade de vida é naturalmente afetada de forma positiva melhorando o ambiente urbano através de medidas como redução do tráfego, promoção do uso de transportes públicos e criação de espaços verdes. Estas ações levam naturalmente ao um maior bem-estar quer a nível físico, quer a nível psicológico, com o aumento da coesão comunitária.

5.2.2.4. Benefícios Ambientais e de Saúde

É implícita a relação entre redução de poluição e a saúde da população. A poluição do ar nas cidades é um dos maiores problemas que afeta a saúde pública da população residente. A nível mundial, em áreas urbanas, aproximadamente 800.000 pessoas perdem a vida devido à poluição do ar [95].

A urbanização verde oferece a oportunidade de alterar estes números. Decisões como a limitação do tráfego, o incentivo a uso de transportes públicos e até a criação de espaços públicos de lazer representam algumas das medidas que podem promover a diminuição dos níveis de carbono no ar, melhorando assim não só a saúde pública como também o ecossistema que envolve as cidades.

5.2.3. SETORES DE ATUAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NUMA CIDADE

5.2.3.1. Transportes

Os transportes são um setor essencial no cotidiano de todo e qualquer indivíduo em todo o mundo. A pé, de bicicleta ou de transportes motorizados, há uma constante necessidade de mobilidade por parte da população. Contudo, o cenário atual aponta que a maioria dos transportes utilizados pelo Homem depende dos combustíveis fósseis tão nocivos ao ambiente. Na figura 5.3 é possível verificar que as emissões de CO₂ provocadas pelo setor dos transportes é aproximadamente um quarto do total de emissões mundiais deste gás de efeito de estufa.

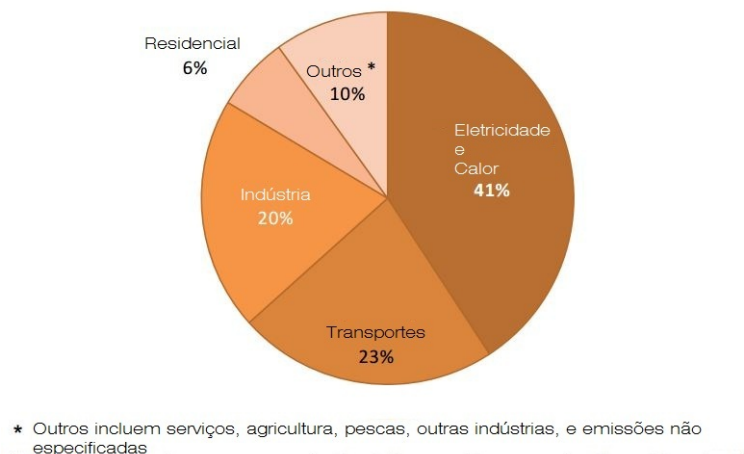


Fig.5.3 – Distribuição de Emissões de CO₂ a Nível Mundial [96].

Porém, tem-se registado um consenso no que toca à sensibilização da população e governos para a realidade desta problemática. Para tal é necessário um conjunto de estratégias, investimentos e medidas que tornem reais as intenções de mudança como meio de atingir o objetivo único: tornar o sistema de transportes o mais sustentável possível.

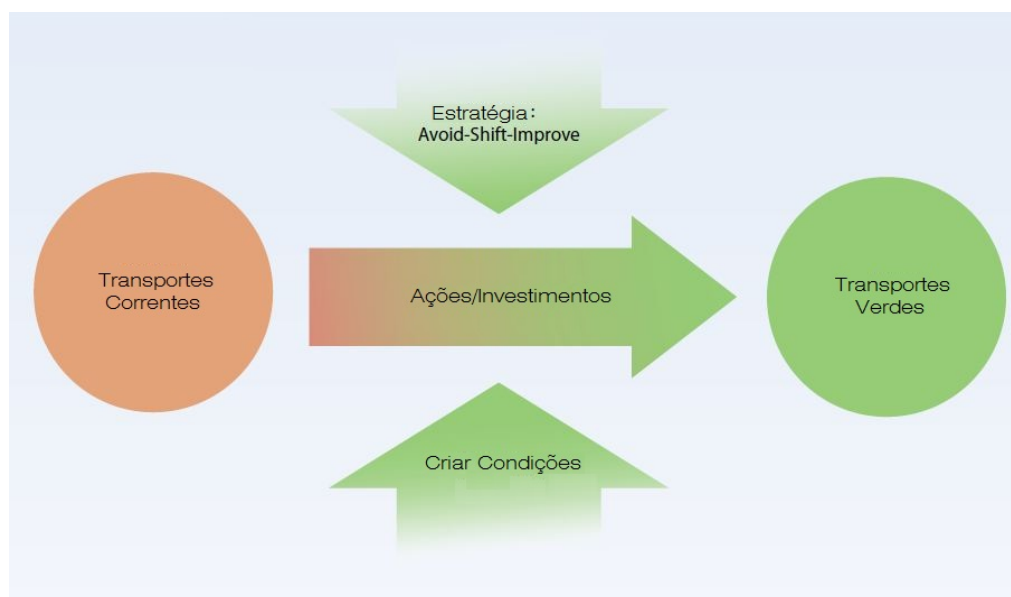


Fig.5.4 – Transição para um sistema de Transportes mais sustentável [92].

Existem muitas estratégias que podem tornar o sistema de transportes mais eficiente sob o ponto de vista ambiental. De seguida serão apresentadas as medidas mais populares a nível mundial e também as que são exequíveis em território nacional. Estas medidas abrangem políticas de planeamento, regulamentação, informação e de carácter financeiro [92].

- “Avoid-Shift-Improve” (Evitar, Mudar e Melhorar) – é uma das estratégias mais abrangentes e que tem no seu cerne os seguintes ideais: evitar o uso de carro (*Avoid*), optando por outros transportes, como os transportes públicos (*Shift*) mudando desta forma rumo a uma nova atitude que melhore (*Improve*) a qualidade de vida do próprio de quem os rodeia (Carácter Informativo);
- investimento em Transportes Públicos (Fig. 5.5) – melhorar a frota e a capacidade de mobilidade das cidades, e tentar mudar para transportes que se movem a eletricidades (bus, *tram* e metro) como redução das emissões de CO₂ e consequente qualidade de vida (Planeamento);



Fig.5.5 – Metro do Porto [97].

- partilha de Carro – esquemas de partilha de carro para destinos comuns entre pessoas que vivam na mesma área reduz em muito as emissões de gases de efeito de estufa (Informativo);
- limitação da circulação em determinadas zonas de baixa emissão – restrição de circulação de veículos em determinadas zonas da cidade como meio de controlo das emissões (Planeamento, Regulamentação);
- criação de faixas de circulação para bicicletas – estímulo para a sua utilização e aumento da segurança aquando da circulação com este meio de transporte (Planeamento);



Fig.5.6 – Ciclovía [98].

- criação de infraestruturas para aluguer de bicicletas nas cidades – sistemas de aluguer de bicicletas com renda mensal e com vários pontos de recolha que permite uma maior flexibilidade nas cidades, rapidez, eficiência e zero emissões (Planeamento, Informação);



Fig.5.7 – Bicicletas Comunitárias sob aluguer em Milão [99].

- criação de Pontos de Alimentação Elétrica para Veículos – esta medida é cada vez mais popular em muitas cidades mundiais. Contudo, estamos ainda no início da instalação destas infraestruturas, pelo que há muito a fazer neste sentido. Esta instalação vem completar o tema que foi desenvolvido no capítulo 4, relativo à eletromobilidade. A figura 5.8 ilustra estas infraestruturas existentes em número considerável em Lisboa (Planeamento).



Fig.5.8 – Parques de Abastecimento Elétrico para Veículos [100].

- implementação de taxas de carbono e de combustível – têm o intuito de limitar a circulação de veículos motorizados das cidades dependendo das emissões de cada veículo. Desta forma tenta alertar os utilizadores para uma consciência em prol do ambiente, incentivando ao uso de transportes públicos, ou se o veículo próprio for imprescindível, então optar por um com menores emissões (Regulamentação);

Segue-se o Quadro 5.2, a qual pretende traduzir os custos e os benefícios advêm do investimento num sistema de transportes mais sustentável. Neste serão previstos a criação de algumas das medidas supracitadas. O sistema de classificação vai desde o + (pouco significativo), até ao ++++ (muito significativo) e será usado tanto nos custos como nos benefícios do investimento sustentável no sistema de transportes. A utilização da classificação +/- surge quando uma das medidas não traz qualquer vantagem em algum dos indicadores.

Quadro 5.2 – Custos e benefícios de investimentos de mobilidade sustentável numa cidade [92].

	Custos		Benefícios				
	Investimento Direto	Investimento a Longo Prazo	Qualidade do Ar	Emissões de GEE	Congestionamento	Acessibilidade	Segurança Rodoviária
Transportes Públicos (BUS)	++	+	++	++	++++	++++	++
Transportes Públicos (Metro)	+++	++	++	++	++++	+++	++
Caminhos-de-Ferro	++++	++	+	++	+++	++	+
Veículos Mais Eficientes	++	+	++++	+++	+/-	+/-	+/-
Infraestruturas Não Motorizadas	++	+	++	+	+++	+++	+++
Projetos/Planeamento	++	++	+++	++	++++	++++	+++

5.2.3.2. Edifícios

Como já referido em capítulos anteriores, os edifícios são responsáveis por cerca de metade da procura energética do mercado, pelo que são igualmente responsáveis por impactos no ambiente. Tendo em conta esta realidade é necessário efetuar uma série intervenções no edificado existente (Reabilitação) assim como tomar medidas nos edifícios a serem projetados de raiz.

Estratégias como uso eficiente da água ou gestão racional de resíduos entre outras aplicadas aos edifícios irão ser desenvolvidas com maior nível de detalhe no ponto 5.3 para os edifícios novos e a reabilitar.

Contudo é importante ainda salientar que segundo [92] existem três tipos de estratégias a serem adjudicadas no que toca à construção de edifícios:

- projeto;
- tecnologia;
- comportamento.

Dentro de cada um deles existe um vasto conjunto de áreas onde é possível atuar. Porém, estas estratégias são ainda associadas a políticas de planeamento, regulamentação, informação e financeiras. As estratégias adotadas devem ter em conta o nível de riqueza e desenvolvimento do país. A título de exemplo é possível afirmar que as medidas passivas poderão ser uma excelente solução em países em desenvolvimento dado o seu menor esforço económico no investimento comparado a medidas ativas como a instalação de painéis solares.

Para além disso cabe às autoridades emitir regulamentação, códigos construtivos rigorosos, certificados de eficiência energética, ou promover incentivos fiscais aquando de um investimento de um edifício de carácter sustentável. Tanto estas autoridades como o setor privado da construção devem ser responsáveis pela introdução de estratégias “verdes” nas suas obras como meio de promover o desenvolvimento sustentável.

5.2.3.3. Energia

As cidades são as grandes responsáveis pelos dispêndios energéticos a nível mundial. Contudo, dependem de fontes energéticas que estão situadas para além dos limites dos centros urbanos. Esta produção pode ser feita de forma mais ou menos sustentável dependendo da fonte energética escolhida. O Quadro 5.3 demonstra quais as fontes energéticas em Portugal e o volume de eletricidade gerado pelas mesmas:

Quadro 5.3 – Volume de eletricidade gerado em Portugal e respetivas fontes, 2009 [101].

Eletricidade Gerada (GWh)	
Fonte de Produção	
Carvão e Turfa	12896
Petróleo	3285
Gás	14712
Biocombustíveis	1796
Resíduos	588
Nuclear	0
Hídrica	9009
Geotérmica	184
Solar Fotovoltaica	160
Solar Térmica	0
Vento	7577
Marés	0
Outras Fontes	0
TOTAL	50207

As energias do vento e das marés têm-se tornado fontes cada vez mais populares de produção de energia para as cidades. O Quadro 5.3 acima assume que não há produção de eletricidade através de energia das marés, contudo tem nos Açores um centro de produção de aproveitamento elétrico através das ondas, que usa também o movimento mar como fonte de energia. As fontes geotérmicas têm ganho mais adeptos nos últimos anos uma vez que providencia energia barata, fiável e segura.

O conjunto de fontes energéticas renováveis, entenda-se não dependente de combustíveis fósseis, são cada vez mais utilizadas nas grandes cidades como fonte energética para edifícios de habitação e até

escritórios. A título exemplificativo refere-se a cidade de Freiburg, Alemanha, que usa na sua quase totalidade de habitações o sistema de células fotovoltaicas e isolamentos térmicos eficazes que em conjunto permitem uma redução significativa no consumo energético. Enquanto que uma casa tradicional (na Alemanha) consome cerca de 220kWh/m²/ano, as casas nesta cidade, em média, consomem 15 kWh/m²/ano, ou seja menos 93% da energia. Mais ainda usa um sistema combinado de calor e biomassa (CHP Biomass) e turbinas eólicas que produzem 1,3% e 6% das necessidades energéticas da cidade, respetivamente [92, 112].

A energia é utilizada em todos os setores de atividade económica, sendo que o seu consumo por categoria é dado na Quadro 5.4. Esta permite-nos uma melhor análise de como é distribuído o consumo energético em Portugal nos vários setores:

Quadro 5.4 – Volume de eletricidade consumido em Portugal por setores, 2009 [101].

Eletricidade Consumida (GWh)	
Sector Económico	
Indústria	16173
Transportes	483
Residencial	14190
Comércio e Serviços	15973
Agricultura	984
Pescas	52
Outros não Especificados	0
TOTAL	47855

Algumas estratégias relativas à construção de edifícios serão explanadas com maior detalhe nos pontos 5.3 e 5.4 do presente capítulo.

5.2.3.4. Vegetação e Paisagem

As grandes cidades são essencialmente constituídas por uma malha densa de edifícios e outras infraestruturas ainda, que não deixam muito espaço para a existência de espaços verdes. Ainda assim, é possível encontrar em Portugal exemplos de boa gestão de espaço no que diz respeito a zonas verdes. O melhor exemplo será o Parque da Cidade com uma área de aproximadamente 83 hectares, 2% da área da cidade do Porto. Contudo nas grandes metrópoles registam-se valores muito baixos de zonas verdes.

Parques recreativos, áreas protegidas, jardins, árvores plantadas ao longo das ruas e a paisagem natural proporcionam a manutenção dos ecossistemas nas cidades. Estes atuam essencialmente como pulmões, filtrando o ar, reduzindo os níveis de poluição. O mesmo acontece para a água, uma vez que os níveis de toxinas são filtrados através de plantas [102].

Para melhorar e impulsionar o ecossistema das cidades, é necessário antes de adotar estratégias de implementação de espaços verdes, saber gerir e monitorizar o enquadramento da cidade no espaço

envolvente natural. “A fim de garantir benefícios locais de conservação, a gestão de áreas protegidas precisa de estar em permanente relação com a gestão da paisagem envolvente” [102].

Ao nível das cidades, as medidas mais populares que têm sido criadas dizem respeito aos telhados verdes, assim como as fachadas verdes, também designadas por jardins verticais, já referidas neste trabalho no capítulo 2. Estas práticas permitem um aumento significativo da área verde numa cidade ao mesmo tempo que proporciona a entrada de ar mais fresco e puro no interior dos edifícios, evitando desta forma o uso de ar condicionado, tão prejudicial para o ambiente. Existem já um conjunto legislativo em Portugal que promove a defesa do património ambiental, mas ainda não impõe medidas mais radicais como seria o caso de áreas verdes mínimas por unidade de área da cidade. Esta deveria ser uma das medidas a aplicar nas cidades mais densas quer a nível populacional quer a nível de tráfego.

5.2.3.5. Água

As cidades são grandes consumidoras deste recurso natural. Todos os dias milhões e milhões de litros são consumidos e, pior ainda, desperdiçados aquando do seu abastecimento. A distribuição do consumo de água no mundo foi apresentada na Fig.3.29 do capítulo 3. Em Portugal a procura de água está dividida em três principais setores (Industrial, Uso Doméstico e Agricultura) e tem o seguinte aspeto:

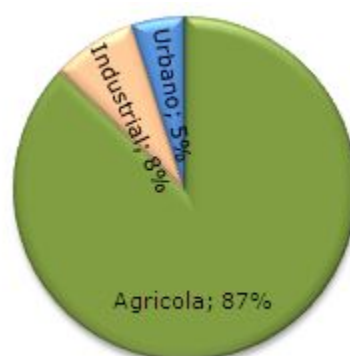


Fig. 5.9 – Distribuição do Consumo de Água em Portugal por Setor, 2002 [103].

Ainda que 5% para o meio urbano (uso residencial) pareça pouco significativo, irá ser demonstrado na Fig. 5.10 a distribuição espacial do consumo de água em Portugal continental. A mesma imagem prova que a maior parte do consumo se registou nos grandes centros urbanos através do índice de consumo residencial. “Os concelhos das Regiões da Grande Lisboa e do Grande Porto foram responsáveis em 2002 pelo consumo de 36% do total da água servida pela rede pública e por 35,7% do consumo residencial e de serviços, constituindo assim as regiões mais gastadoras deste bem” [104].

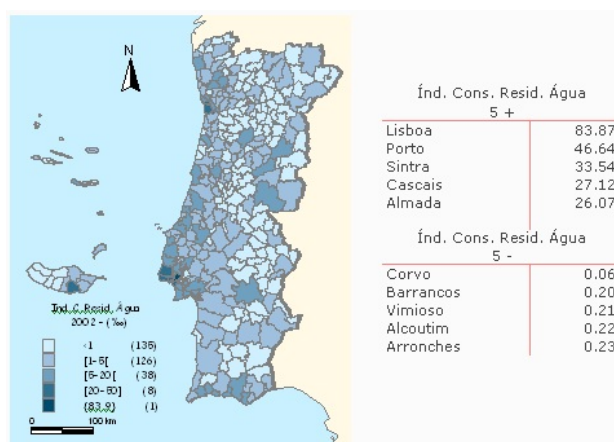


Fig.5.10 – Distribuição Geográfica do Consumo de Água em Portugal, 2002 [104].

Voltando à temática das fugas de água, estas constituem um problema real e fazem aumentar exponencialmente as preocupações ambientais. Para se ter uma noção mais real do que realmente do desperdício apresenta-se na figura 5.11 um gráfico que ilustra os volumes de água que são desperdiçados em Portugal.

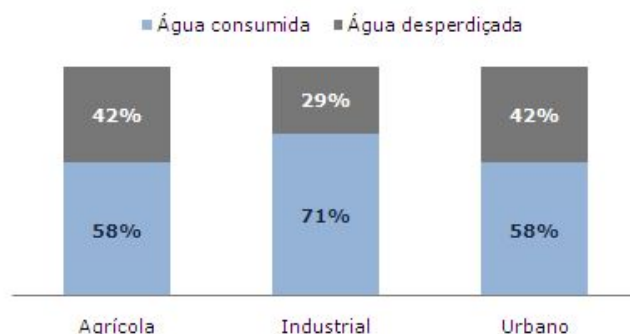


Fig.5.11 – Desperdícios de Água por Setor em Portugal [103].

Estes desperdícios são possíveis de controlar com uma monitorização constante das canalizações, com o seu *upgrade* e substituição sempre que necessário. Estas ações podem permitir poupanças de água na ordem dos 20% [92]. Outras medidas de preservação de água a nível residencial são explanadas no quadro 3.14 do capítulo três.

5.2.3.6. Resíduos

Com uma maior concentração de pessoas por unidade de área, naturalmente que resíduos serão gerados em maior escala. A centralização de atividades económicas faz com que este aumento de resíduos seja um problema de maior, aumentando significativamente a pegada ecológica^a da cidade. A figura 5.12 apresenta os valores da produção de resíduos urbanos sólidos em Portugal nos últimos anos até ao ano de 2010.

^a Pegada Ecológica- “...estimativa do impacto que o nosso estilo de vida tem sobre o Planeta” [QUERCUS]; “capacidade de uma geração transmitir à outra um planeta com tantos recursos como os que encontrou” [BRUNDTLAND]

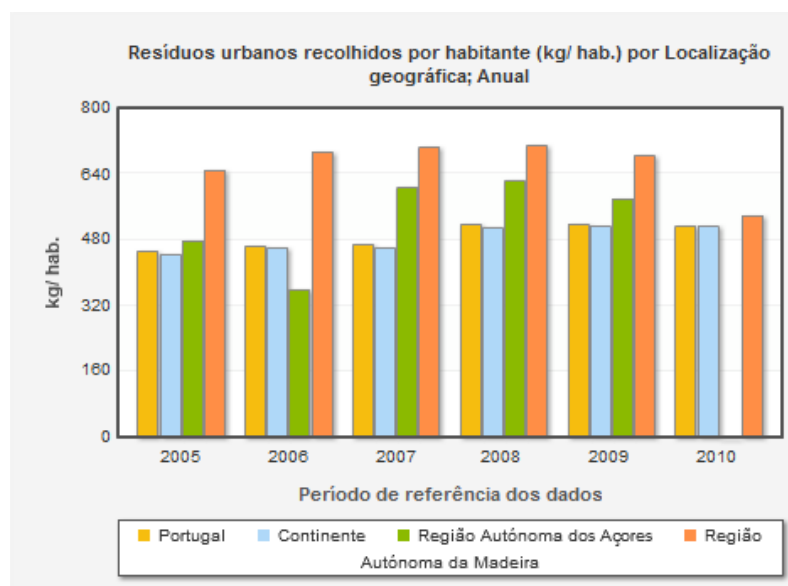


Fig.5.12 – Resíduos Urbanos Sólidos (kg/habitante) [105].

Verifica-se neste gráfico uma tendência de estabilização dos valores dos resíduos gerados, o que considerando o aumento populacional e o aumento da qualidade de vida, é efetivamente um sinal positivo.

Tem-se verificado um esforço das cidades em alterarem os padrões de sustentabilidade e reduzirem os impactos ambientais e, implicitamente, a pegada ecológica. Para tal, foram criados programas de reciclagem que visam diminuir ao máximo os resíduos urbanos e apostam na reciclagem como meio sustentável de aproveitamento dos mesmos. A figura 5.13 demonstra o nível de reciclagem verificado em Portugal em 2009 e 2010 efetuando também a comparação entre os dois anos. Nesta podemos verificar a tendência de aumento do volume de reciclagem existente no nosso país.

	2010	2009	Comparação 2010/09 (%)
Vidro	191.681	181.127	6
Papel/Cartão	318.457	286.488	11
Plástico	65.080	62.015	4,7
ECAL*	6.094	5.327	14
Aço	44.777	35.657	26
Alumínio	1467	1.287	14
Madeira	40.307	28.732	40
Total	667.863	600.633	11

*Embalagens de Cartão para Alimentos Líquidos

Fig.5.13 – Volume de Reciclagem (em toneladas) de 2009 e 2010 [106].

De acordo com as normas comunitárias em vigor, até ao final de 2011 Portugal necessitava de fechar o balanço de reciclagem com uma taxa mínima de 55% dos resíduos reciclados. Já em 2010 Portugal atingiu uma taxa de reciclagem de 59%, cumprindo na sua plenitude as diretivas europeias [106].

5.2.3.7. Infraestruturas e Tecnologia Digital

A era digital chegou e o seu cruzamento com o sistema de infraestruturas das cidades é inevitável. É necessário tornar as infraestruturas inteligentes, adaptá-las às necessidades da população como meio de contribuir para um ambiente mais sustentável nas mesmas. A figura 5.14 permite obter uma ideia muito simplificada de como funciona uma rede inteligente como infraestrutura de uma cidade. A ligação de operações como o controlo de tráfego, a distribuição elétrica, uma monitorização constante da energia produzida e consumida, entre muitas outras possibilidades, permite a obtenção em tempo real do desempenho energético da cidade assim como uma série de informações sobre as mais diversas áreas e setores económicos.

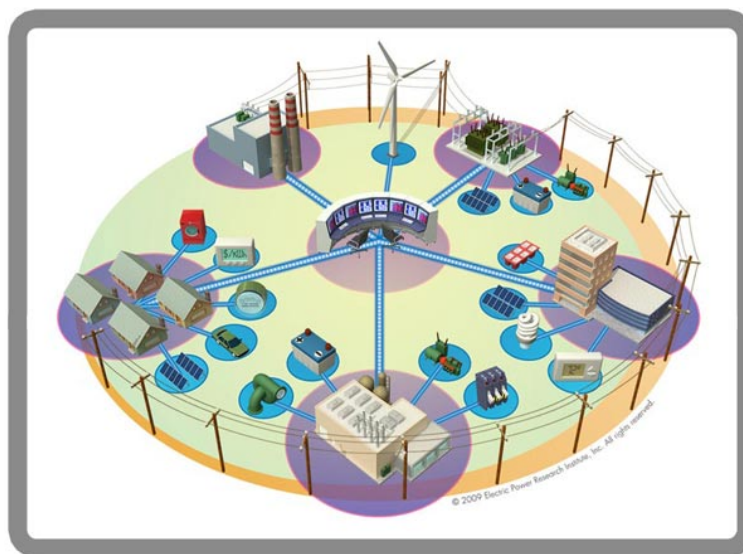


Fig.5.14 – Redes Inteligentes numa Cidade [107].

“A infraestrutura digital da internet e centros de informação criam uma rede inteligente que liga pessoas a pessoas, pessoas aos sistemas da cidade e ainda sistemas a sistemas, permitindo às cidades e aos seus habitantes responder às mudanças de circunstâncias adaptando-se em tempo real às mesmas e a reconhecer padrões comportamentais para ajudar na tomada de decisões” [92].

5.2.4. ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS A SEREM ADOTADAS NOS CENTROS URBANOS

5.2.4.1. Generalidades

Após a exposição anterior de todas as razões pelas quais deve ser apoiado o desenvolvimento sustentável nas cidades, assim como uma apresentação dos seus benefícios de ordem vária e setores de atuação chega a altura de descrever algumas das principais estratégias a serem levadas a cabo pelas entidades responsáveis, sendo esta intervenção a vários níveis: internacional, nacional, regional e local.

Logo, é notória a responsabilidade política no campo da instrumentação para ativar todo este conjunto de ideias nas cidades. Para serem criadas tais condições de “ativação” é necessário um poder democrático maduro e com capacidades para criar e gerir investimento na área do desenvolvimento sustentável. A figura 5.15 demonstra o caminho pelo qual se deve caminhar no sentido da criação de regimes ou políticas concretas de implementação de estratégias verdes na cidade.

Tal qual no ponto relativo aos transportes, decidiu-se adotar um modelo que divide as ações destas estratégias em 3 áreas de atuação: planeamento e regulamentação, informação e compromisso cívico e por último instrumentos financeiros de atuação.

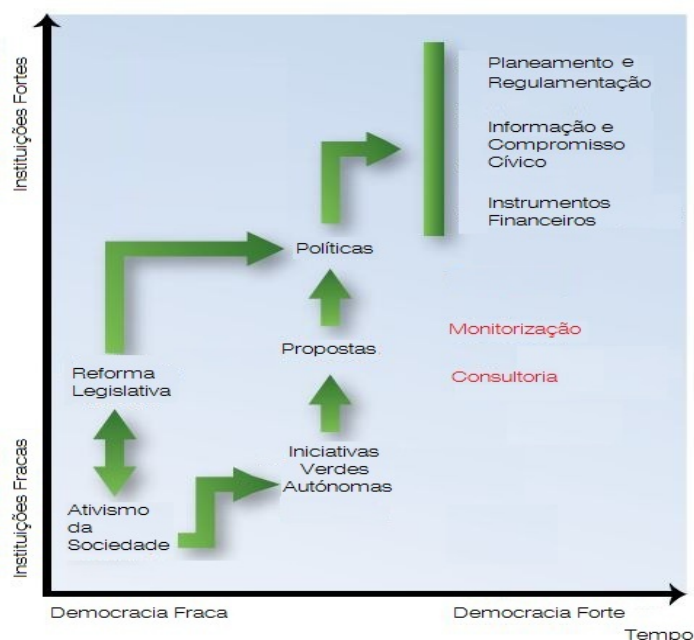


Fig.5.15 – Criação de Estratégias Sustentáveis numa Cidade [92].

5.2.4.2. Planeamento e Regulamentação

O Quadro 5.5 sumariza alguns dos instrumentos mais eficazes no que diz respeito à intervenção nas cidades de modo sustentável nas áreas de Planeamento e Regulamentação.

Quadro 5.5 – Estratégias de Planeamento e Regulamentação em Centros Urbanos, adaptado de [92].

Instrumentos de Planeamento e Regulamentação Selecionados	
Limites de Crescimento Urbano	Estabelecer limites claros das cidades, impedindo a edificação fora desses limites; criar corredores verdes nas cidades para proteção dos ecossistemas
Regulamentação do Uso das Terras	Introduzir regulamentação de zoneamento, dando prioridade ao desenvolvimento dos centros das cidades, já urbanizado (<i>brownfield</i>), em vez de construir sobre terrenos virgens (<i>greenfield</i>)
Regulamentação de Densidade	Fomentar standards de densidade mínima em vez de máxima (Rácios) como meio de favorecer o desenvolvimento de uma cidade compacta;
Bónus de Densidade	Premiar os projetos sustentáveis que contribuam para o modelo de cidade pretendido, oferecendo bónus (por exemplo área tendo em conta os limites regulamentares)
Empresas de Planeamento Verdes	Criar companhias de desenvolvimento ou regeneração urbana que promovam e certifiquem projetos sustentáveis
Regulamentação para veículos	Regulamentação para o tipo de veículos, normas de emissão, limitação da velocidade e de alocação do espaço viário, incentivando o uso de transportes não poluentes, principalmente

	os transportes públicos “verdes”
Normas de Estacionamento	Limitar os estacionamentos nos centros urbanos; limitar também os estacionamentos particulares a um veículo por habitação em zonas de boa acessibilidade a transportes públicos
Zonas sem carros	Criar zonas sem circulação de carros principalmente nos centros das cidades. Contudo estas zonas devem oferecer boas acessibilidades a transportes públicos
Padrões de Emissões Mínimas	Regulamentação que limite a emissão de GEE e promova a eficiência energética quer para edifícios quer para veículos; limitar determinadas zonas dos centros urbanos a padrões de emissões máximos

5.2.4.3. Informação e Compromisso Cívico

O quadro 5.6 reúne um conjunto de instrumentos que visam a atuação da sociedade em prol do desenvolvimento sustentável das cidades em que habitam.

Quadro 5.6 – Estratégias para Informação e Compromisso Cívico em Centros Urbanos adaptado de [92].

Instrumentos de Informação e Compromisso Cívico Seleccionados	
Monitorização	
Medidas de Desempenho Ambiental	Criação de padrões Benchmark para o desempenho ambiental das cidades
Metas de Desempenho Ambiental	Definir metas por setor e tempo baseadas em indicadores de desenvolvimento sustentável das cidades
Controlo das emissões de Carbono e GEE	Todas as estratégias de desenvolvimento urbano, sejam da criação de infraestruturas ou tecido edificado, devem ter em atenção os efeitos de emissão de carbono e outros GEE
Eco Gestão	Introdução de sistemas de gestão de recursos naturais e de qualidade ambiental
Índice de Biodiversidade da Cidade	Adotar índices de biodiversidade por cidade, que combinem a quantificação da biodiversidade e a gestão e monitorização por partes dos mesmos
Sistema de Informação Geográfica	Controlar a evolução geográfica das cidades através da adoção de ferramentas de análise baseadas em mapas
Compromisso	
Acesso Online	Aumentar o acesso à internet, disponibilizando todas as informações relevantes para um desenvolvimento sustentável; esta medida deve ser implementada especialmente para as comunidades mais carenciadas.
Consulta Pública	Criação de debates entre comunidades e dirigentes sobre planos de desenvolvimento sustentável
Ativismo Local	Aproveitar as potencialidades do ativismo local para melhorar a qualidade de vida e ambiente através de projetos comunitários
Transparência	Níveis de transparência máximos na informação dos avanços da legislação

E-Democracia	Exposição da atividade do governo online e monitorização dos objetivos a cumprir
Consciência	
Educação	Inclusão de “Educação Verde” nos programas escolares; Providenciar “formação verde” profissional a organizações públicas e privadas
Campanhas Públicas	Fomentar as vantagens das estratégias verdes para as cidades
Rotulagem	Apoio ao consumidor nas decisões entre produtos, incentivando a aquisição de produtos “verdes”
Contadores Inteligentes	Dispositivos inteligentes de monitorização e medição trazem informações de utilização em tempo real
Práticas Modelo	Divulgação de projetos sustentáveis de modo a ser possível uma adaptação à realidade da própria cidade
Projetos de Demonstração	Criação de projetos de teste nas cidades para permitir uma melhor avaliação e também exposição pública a novas abordagens

5.2.4.4. – Instrumentos Financeiros

Os instrumentos financeiros são um dos poderes das autoridades e têm extrema importância no desenvolvimento sustentável uma vez que são capazes de moldar o comportamento da sociedade em virtude de aumento de impostos e/ou taxas. Deve ser um tipo de instrumento a evitar, contudo, e num cenário de consciência ecológica é um dos modos de atuação mais comuns.

Quadro 5.7 – Estratégias Financeiras de apoio ao Desenvolvimento Sustentável em Centros Urbanos, adaptado de [92].

Instrumentos Financeiros Seleccionados	
Taxas de Combustível	Aumentar impostos de Combustíveis como medida de desincentivo ao uso de veículos particulares e ajustar a utilização de estradas
Incentivos Fiscais	Financiamento ou redução de impostos para cidadãos ou empresas que invistam em energias renováveis, reabilitação de edifícios e projetos verdes
Taxas de Utilização de Estradas	Cobrança de uso de veículo próprio nas cidades, como meio de gestão do tráfego e controlo de emissões nas mesmas
Taxas de Estacionamento	Cobrança de estacionamento para reduzir carros particulares nas cidades e para libertar esse espaço para usos de maior valor

5.3. CONSTRUÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

5.3.1. ESTRATÉGIAS A SEREM CONSIDERADAS NA ELABORAÇÃO DE UM PROJETO SUSTENTÁVEL

O Quadro 5.8 resume os principais indicadores a serem considerados na elaboração de um projeto de construção e o conteúdo que deve ser abrangido nos mesmos.

Quadro 5.8 – Considerações a ter em conta em fase de Projeto numa Obra de Construção Civil, adaptado de [108].

Âmbito	Conteúdo
Integração na Paisagem e no Ecossistema	▪ Tipo de solo em que assenta o edificado; ▪ Verificar se existem infraestruturas pré-existentes; ▪ Considerar a vegetação existente e a biodiversidade; ▪ Valorizar a paisagem envolvente; ▪ Considerar a integração no Ecossistema.
Recursos Naturais	▪ Privilegiar Soluções Passivas perante as Ativas; ▪ Considerar eficiência energética e fontes de energia renováveis; ▪ Selecionar Materiais de baixo Impacto Ambiental (consideração da energia incorporada); ▪ Dar prioridade à utilização de materiais renováveis, reciclados, recicláveis e ainda reutilizados;
Impactos Ambientais	▪ Prever reaproveitamento de águas residuais e pluviais; ▪ Considerar a reciclagem de produtos sólidos; ▪ Considerar a existência de separação seletiva e reutilização de resíduos; ▪ Considerar sistemas eficientes – energéticos e de gestão de água; ▪ Medidas ao nível do conforto acústico;
Qualidade dos Espaços	▪ Cuidados com o uso de materiais: seleção daqueles que não emitem substâncias nocivas para o ambiente interior;
Mobilidade e Flexibilidade	▪ Considerar mobilidade total, externa e internas; eliminar barreiras arquitetónicas; ▪ Considerar a integração de sistemas modulares, permitindo novas funções no futuro; ▪ Considerar segurança dos utentes;
Gestão Ambiental	▪ Passar informação ao utilizador sobre normas de utilização e instruções para equipamentos; ▪ Utilizar ferramentas de avaliação de sustentabilidade na fase de projeto e construção.

5.3.2. ESTRATÉGIAS ENERGÉTICAS

As estratégias energéticas são as que podem contribuir de forma direta para a diminuição da carga que é exercida ao planeta. Estas estratégias apresentadas no Quadro 5.9 poderão incluir quer a aplicação de materiais e soluções construtivas amigas do ambiente, quer ações diárias no comportamento da sociedade que visem a diminuição dos impactos ambientais.

Quadro 5.9 – Medidas sustentáveis ao nível da eficiência energética, adaptado de [108].

Setor de Atuação	Estratégia	Resultado Esperado	Vantagens
Iluminação Artificial	Utilização de iluminação de baixo Consumo	▪ Redução do consumo; ▪ Menor Impacto Ambiental; ▪ Maior Durabilidade	▪ Redução do Consumo até 75%; ▪ Por cada lâmpada substituída, a poupança poderá ser de 10 euros/ano
	Utilização de sensores de presença	▪ Redução do consumo de energia; ▪ Aumento da eficiência do sistema de iluminação;	▪ Vida útil entre os 12 e os 15 anos; ▪ Poupança na fatura da eletricidade
	Aproveitamento da Luz Natural	▪ Redução do consumo energético; ▪ Contribuição para uma boa saúde visual; ▪ Conforto Visual; ▪ Qualidade de Luz;	▪ Poupança Fatura energética; ▪ Privilégio de Sistemas Passivos
Iluminação Natural	Utilização de sensores de luz natural e regulação de fluxo	▪ Otimização da luz natural perante a luz artificial; ▪ Melhores condições de iluminação; ▪ Redução do consumo energético.	▪ Poupança de aproximadamente 45% na fatura de eletricidade.
	Adoção de Cores Claras	▪ Redução do Consumo de Energia; ▪ Melhor Reflexão da Luz; ▪ Maior Noção de Amplitude;	▪ Poupança na Fatura Energética.
Aquecimento de Água	Coletores Solares	▪ Redução do Consumo de Energia; ▪ Redução das Emissões de CO₂;	▪ Cobre 50 a 80% das necessidades de aquecimento de água, produzindo em média entre 500 a 850kWh/m²;

Quadro 5.9 Cont – Medidas sustentáveis ao nível da eficiência energética, adaptado de [108]

			▪ Um sistema de 200 litros de cap. e 2m² de área de coletores tem um custo de aprox. 1750 Euros e pode produzir até 1800 kWh; ▪ Possibilidade de dedução no IRS; ▪ Redução na fatura energética;
	Bombas de Calor	▪ Redução do Consumo de Energia; ▪ Emissões de CO₂ 3 vezes inferior ao trad.	▪ Poupança até aos 60% relativamente aos sistemas tradicionais.
Aquecimento de Água	Caldeiras a Biomassa	▪ O processo de queima da biomassa é ecológico se usado material proveniente de uma fonte que seja gerida de forma sustentável;	▪ Redução nos consumos de energia; ▪ Rendimento acima dos 90%.
Equipamentos Eficientes	Utilização de equipamento de baixo consumo de Classe A+ ou A++	▪ Utilizam cerca de metade consumida relativamente aos convencionais.	▪ Poupança de energia.
Integração de Energias Renováveis	Energia Solar Fotovoltaica	▪ Eficiência de Conversão em média de 15%; ▪ Não poluente, silencioso e não perturbador do ambiente.	▪ Tempo de Vida Útil: entre 20 a 30 anos; ▪ Operações de Manutenção podem ser desprezadas.
	Energia Eólica	▪ Em pequenas instalações espera-se uma produção entre 400W a 3,2 kW; ▪ A microturbina mais comum é a de 1000 W dada a relação preço / desempenho.	▪ Ideal para vivendas isoladas em zonas montanhosas;
	Energia Geotérmica	▪ Sistemas podem envolver o uso de bombas de calor com	▪ Maior gradiente térmico entre a temperatura do fluido circulante e a do meio exterior,

Quadro 5.9 Cont – Medidas sustentáveis ao nível da eficiência energética, adaptado de [108]

		aproveitamento de energia geotérmica.	mais eficiente o sistema.
Estratégias Passivas de Aquecimento e Arrefecimento	Utilização de elementos construtivos de alta inércia térmica;	▪ Irradiação prolongada de calor	▪ Poupança de Energia;
	Isolamento pelo exterior	▪ Maior estabilidade térmica	▪ Não há diferenças significativas no custo de aquisição;
	Ventilação Natural	▪ Arrefecimento dos espaços interiores durante a noite;	▪ Evita o uso de sistemas de arrefecimento elétricos;
	Aplicação de Soluções Sombreamento	▪ Diminuir a radiação incidente nas orientações Sul e Oeste e respetivos ganhos no verão;	▪ Controlo da temperatura; ▪ Evita o uso de sistemas de arrefecimento elétricos;
	Orientação de Janelas a Sul	▪ Obter ganhos na estação de aquecimento;	▪ Evita ou diminui o uso de sistemas de aquecimento elétricos;
	Caixilharias com Vedação Eficiente	▪ Diminuição das perdas de calor para o exterior	▪ Diminuição das necessidades de aquecimento

NOTA: Alguns destes e outros exemplos de estratégias energéticas a aplicar numa casa sustentável podem ser encontrados no capítulo 2 deste trabalho.

5.3.3. ESTRATÉGIAS VISANDO O USO EFICIENTE DE ÁGUA

Os consumos de água, numa habitação e por tipo de uso, foram já exibidos no capítulo 3, mais precisamente no ponto 3.4.3. Este uso deve ser minimizado a cada dia que passa. Para isso irão ser descritas no Quadro 5.10 uma série de boas práticas que conduzem a uma utilização mais eficiente e consciente da água.

Para apoiar a escolha dos equipamentos mais eficientes, a ANQIP (Associação Nacional Para a Qualidade nas Instalações Prediais) lançou um sistema de adesão voluntária que certifica e rotula produtos sanitário de acordo com a sua eficiência hídrica.

Quadro 5.10 – Medidas sustentáveis ao nível da eficiência hídrica, adaptado de [108].

Setor de Atuação	Estratégia	Resultado Esperado	Vantagens
Uso Eficiente de Água	Reutilização da Água	▪ Redução do Consumo de Água	▪ Poupança na Fatura Mensal da Água
	Aproveitamento das Águas Pluviais	▪ Após a recolha da água dos telhados e terraços, usar água em: – Irrigação; – Limpeza; – Refrigeração; – Sistemas de combate a incêndios; – Outros usos com água não potável.	▪ Poupança na Fatura Mensal da Água
	Aproveitamento das Águas Residuais (Reciclagem de Água)	▪ Após a recolha de águas cinzentas (proveniente de banho, chuveiro e lavatório) e tratamento adequado (filtragens químico e biomecânica) usar água em: – Lavagem de roupa; – Rega; – Lavagem de carro; – Lavagem de zonas exteriores;	▪ Poupança diária estimada em cerca de 35% da água potável consumida; ▪ Redução das necessidades de captação de águas superficiais e subterrâneas; ▪ Economia de energia; ▪ Redução de investimentos em infraestruturas;

Este conjunto de medidas deve ser acompanhado sempre por um uso consciente do utilizador. Não se devem seguir linhas de pensamento nas quais se pense que uma vez possuindo um mecanismo de poupança de água, se possa gastar mais, ou o mesmo.

Neste sentido desenvolveram-se ferramentas de suporte para os consumidores que lhes permitem controlar os seus gastos de forma muito simples. Exemplo disso é a ferramenta de suporte digital disponibilizada na Internet denominada *Water Consumption Calculator* (Calculadora de Consumo de Água) desenvolvida pela empresa *Desert Water Agency*, na qual é necessário preencher alguns campos como: número do agregado familiar, número de utilizações médias de cada aparelho, caudal de cada equipamento, entre outras.

Muitas soluções estão já apresentadas no ponto 3.4.4 do capítulo 3, pelo não se irá repetir no corrente capítulo.

5.3.4. ESTRATÉGIAS VISANDO O USO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS

A escolha de materiais deve ter em conta não só as questões económicas. Cada vez mais se dedica uma maior atenção sobre as questões ambientais. Assim, questões como a energia incorporada, local de extração e produção, impactos ambientais, entre outros, entram na equação da escolha de um material.

É necessária uma abordagem global, já que (como já foi referido) deve ser considerado seu ciclo de vida, desde a sua extração, aplicação, uso, até ao seu desmantelamento. O Quadro 5.11 refere alguns dos critérios de seleção de materiais de construção com carácter sustentável.

Quadro 5.11 – Critérios de Seleção de Materiais de Construção Civil, adaptado de [108], [109], [110], [111], [113].

Tipo de Materiais	Descrição	Exemplos Comuns em Portugal
Saudáveis	Evitar o uso de materiais que possam libertar substâncias nocivas para a saúde dos utilizadores	▪ Materiais sem PVC, sem formaldeído e com a menor quantidade possível de COV; ▪ Carpetes sem resíduos de PVC
Isolantes	O uso de isolantes eficientes permite uma redução significativa de energia consumida, contribuindo desta forma para a eficiência energética de um edifício (que por sua vez tem um papel positivo na sustentabilidade)	▪ Evitar Poliuretanos, Lã de Vidro, Lã de Rocha uma vez que têm elevada energia Incorporada (ver 2.3.3.1); ▪ Promover o Uso da Cortiça.
Baixa energia Incorporada	Preferência por materiais naturais em vez de materiais sintéticos, uma vez que os naturais têm menor nível de energia incorporada do que os produzidos artificialmente.	▪ Cortiça, cimento e argamassas.
Duráveis	Preferência por materiais de reduzida manutenção e com vida útil prolongada, evitando assim substituições frequentes, o que faz multiplicar os impactos ambientais	▪ Ligantes ativados alcalinamente [Constr. Sust. Dos materiais de construção], betão
Reutilizados	Aproveitar os materiais que se encontrem em boas condições após o fim de vida de um edifício; isto evita que seja necessário um novo ciclo de produção de materiais novos ou reciclados.	▪ Aproveitar o “esqueleto” de betão armado de um edifício e componentes em bom estado de conservação.
Reciclados	A aplicação de materiais reciclados faz diminuir também a energia gasta no processo de extração de novos materiais, pelo que a sua aplicação é altamente recomendada; São produzidos total ou parcialmente após a sua utilização em edifícios e a sua submissão a processos de separação	▪ Agregados Reciclados, aço reciclado, betão reciclado através de cinzas de chaminés

Recicláveis	Sempre que possível deve dar-se prioridade a materiais que sejam passíveis de serem reciclados, uma vez que este processo evita a manufatura de muitos materiais novos, o que teria impactos negativos no ambiente	▪ Betão, agregados inertes, cimento, vidros, solos de escavação.
Provenientes de Recursos Renováveis	Materiais que sejam provenientes de recursos que renovem a uma taxa superior à taxa de exploração são preferíveis a materiais cuja taxa de exploração seja superior à de renovação, como é o caso de materiais provenientes de combustíveis fósseis.	▪ Madeiras, bambus
Locais	São preferíveis os materiais com origem local uma vez que estes permitem a redução de poluição e do consumo de energia no seu transporte; Permitem ainda um incentivo à economia local	▪ Materiais produzidos a menos de 100km do local da obra

6

CONCLUSÕES

6.1. CONCLUSÃO FINAL

Esta dissertação teve como objetivo descrever o panorama construtivo atual e a sua influência nas questões ambientais, sociais e económicas que condicionam o futuro da sociedade. Depois de uma análise exaustiva dos problemas ambientais que caracterizam negativamente a atualidade, demonstrou-se qual o papel do setor da construção civil no desenvolvimento sustentável para um mundo mais harmonioso.

Desta forma, foram apresentadas técnicas construtivas, materiais de carácter sustentável, estratégias ativas e passivas que cobrem as necessidades energéticas de uma habitação, práticas projetuais do processo construtivo, entre outros elementos, como meio de demonstrar que é possível elevar o setor da construção civil para um patamar no qual os impactos ambientais possam ser minimizados, criando desta forma sistemas que impulsionem este propósito sem afetar a qualidade de vida dos utilizadores dos edifícios.

Outra das finalidades deste trabalho foi reunir o conhecimento geral da problemática da sustentabilidade e levá-lo às várias entidades responsáveis pela realização e manutenção de um edifício. Pretendeu-se, então, com as práticas apresentadas, moldar o comportamento de cada um dos intervenientes perante as suas funções na conceção/manutenção do edifício.

As exigências crescentes da população levaram ao desenvolvimento de técnicas de avaliação do desempenho sustentável, que foram também abordadas no presente trabalho. Estas permitem não só enquadrar o edifício num panorama de sustentabilidade cada vez mais exigente, mas também ajudar utilizadores e os próprios construtores na tomada de decisões no que respeita a materiais ou soluções construtivas. Estes *softwares* são um apoio a decisões que têm implicações no comportamento e desempenho dos edifícios para o futuro, pelo que a sua aplicação é essencial e determinante para prever custos e manutenção dos mesmos.

Finalmente, salienta-se que é essencial ter uma visão pragmática aquando da conceção de um edifício ou intervenção num já existente. É essencial encarar cada edifício de uma forma diferente, combinando toda uma série de fatores que o tornam único e, desta forma, aplicar as soluções que melhor se adaptam às necessidades da população local. Foi também com este intuito que foi realizado este trabalho, para criar um sentido crítico dos utilizadores e não a continuação do comportamento passivo que se tem vindo a registar no que toca à padronização de soluções para vários edifícios em diferentes locais e com diferentes propósitos. O papel dos utilizadores é, então, fundamental para tornar o desenvolvimento sustentável mais completo, abrangente e eficaz.

6.2. CONCLUSÃO SOBRE MODELO DE ESTUDO

O caso de estudo permitiu uma análise mais aprofundada do que é a sustentabilidade aplicada aos edifícios no seu expoente máximo. Esta casa, para além de demonstrar a possibilidade de criar algo que seria utópico até há poucos anos atrás (em termos de aproveitamento de energia elétrica), apresenta ainda uma componente inovadora relativamente à interação com a mobilidade. Fala-se então, da capacidade de carregamento de veículos elétricos através da energia armazenada num sistema de baterias de lítio. Mais do que outros exemplos típicos de casas capazes de gerar a sua própria energia (capaz de cobrir as próprias necessidades, sem ter que recorrer à energia de abastecimento público), este modelo apresenta um conceito que vem revolucionar o mercado, tendo ainda a opção de devolver energia à rede pública de eletricidade.

Os dados apresentados aquando da descrição do projeto, anunciam resultados motivadores para uma política de construção baseada num modelo como este. Assim será possível poupar energia, incentivando os intervenientes diretos no setor da construção civil e população em geral a assumir como sua prioridade a construção verde, livre de emissões e capaz de gerar a sua própria energia.

Em suma, este exemplo pretendeu mostrar, então, que está na hora da construção civil se assumir como setor pioneiro na sustentabilidade e que existem soluções eficazes que são capazes de assegurar que o desempenho energético dos edifícios pode ser bastante elevado.

6.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A realização deste trabalho permite o seguimento de práticas sustentáveis por parte dos intervenientes em obra, considerando as dicas propostas e adaptando-as às suas realidades. O caso das recomendações de práticas sustentáveis aplicadas em Portugal serve essencialmente para contribuir para um desenvolvimento sustentável mais apoiado no nosso país, usando materiais e soluções construtivas que lhes são mais características.

Dada a novidade e excessiva abrangência deste tema, sugere-se para o futuro a criação de uma plataforma *online* de recomendações sustentáveis aplicadas à construção associada a cada país, de acordo com as suas normas e fatores que lhes são intrínsecos de forma a minimizar os custos com estudos para averiguação de sustentabilidade de um determinado projeto. Desta forma, seria muito mais fácil para uma nova construção ou até obra de intervenção em edificado existente verificar quais as soluções que lhes seriam mais apropriadas na sua conceção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Edwards, B. *Guia Básico de Sustentabilidade*. Gustavo Gill, ed. Barcelona, 2008.
2. Sítio de: Recursos naturais não renováveis. <http://rusoares65.pbworks.com/w/page/31669143/Recursos%20naturais%20n%C3%A3o%20renov%C3%A1veis>. Acedido em 10/03/2012.
3. Sítio de *Outra Política*. <http://outrapolitica.wordpress.com/2010/07/04/emissao-de-gas-do-feito-estufa-estaciona-em-2009/>. Acedido em 10/03/2012.
4. Sítio de Pvsystems. <http://pvsystems.aptddevelopment2.co.uk/oxford-ecohouse/>. Acedido em 10/03/2012.
5. Group, E.R. *A Green Vitruvius: Principles and Practice of Sustainable Architectural Design*, ed. London, 2001.
6. al., S.R.e. *Ecohouse - A Casa Ambientalmente Sustentável*, ed. P. AlegreBookman, 2006.
7. Desenvolvimento, C.M.s.o.M.A.e. *Relatório Brundtland - O Nosso Futuro Comum* ONU, 1987.
8. Pinheiro, M.D. *Ambiente e Construção Sustentável*, ed. Lisboa, 2006.
9. Sítio de Nações Unidas do Brasil - ONUBR. Available from: <http://www.onu.org.br/tema/rio20/>. Acedido em 11/03/2012;
10. B Sítio de CSD Portugal - Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável. Available from: <http://www.bcsdportugal.org/>. Acedido em 12/03/2012;
11. Sítio de Grace. Available from: <http://www.grace.pt/>. Acedido em 12/03/2012;
12. Sítio de Good Environment. Available from: <http://www.good.is/post/portland-s-green-bike-boxes-clever-solution-or-false-sense-of-safety/>. Acedido em 13/03/2012;
13. Sítio de Inhabitat. Available from: <http://inhabitat.com/aiacote-top-ten-green-building-projects-of-2008/>. Acedido em 14/03/2012;
14. *A casa Ecológica - Ideias Práticas para Um lar Ecológico e Saudável*, ed. S. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2011.
15. Sítio de *Brasil Eco Construção*. Available from: <http://brasilecoconstrucao.blogspot.pt/2009/05/construcao-de-parede-de-adobe-em.html>. Acedido em 15/03/2012;
16. *Global Objective Technical Office*.
17. Sítio de Alibaba. Available from: <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/plain-golden-quartzite-culture-wall-natural-stone-362692856.html>. Acedido em 17/03/2012;

18. Sítio de *Green Cease*. Available from: http://www.greencease.org/article/38/fsc_conference_first_day_impressions. Acedido em 21/03/2012;
19. Sítio de *Madeira Estrutural*. Available from: <http://madeiraestrutural.wordpress.com/2009/05/12/vantagens-do-uso-da-madeira-como-material-estrutural/>. Acedido em 21/03/2012;
20. Sítio de *ORE Brasil*. Available from: <http://www.orebrasil.com.br/estruturas-de-bambu/> Acedido em 22/03/2012;
21. Sítio de *Toby Sturgill*. Available from: <http://tobysturgill.com/2010/03/free-stone-textures/> Acedido em 22/03/2012;
22. Sítio de *Fórum da Casa*. Available from: <http://forumdacasa.com/discussion/12297/caixilhos-em-madeira/>. Acedido em 23/03/2012;
23. Sítio de *Manhattan Contractors*. Available from: <http://www.manhattan-contractors.com/Flooring/hardwood-flooring.php>. Acedido em 24/03/2012;
24. Sítio de *Globus Cork*. Available from: <http://www.corkfloor.com/floatingfloors.html>. Acedido em 24/03/2012;
25. Sítio de *AARON PARKETT*. Available from: <http://parketta-padlo-intarzia.hu/padlo/linoleum-padlo>. Acedido em 24/03/2012;
26. Sítio de *Ecosistema Urbano*. Available from: <http://ecosistemaurbano.org/eu-tec/madertec-piezas-de-plastico-reciclado/>. Acedido em 25/03/2012;
27. Sítio de Gibson, D.J.S. *Green From the Groun Up - Sustainable, Healthy and Energety-Efficient Home Construction*, ed. N. The Tauton Press, 2008.
28. Sítio de *Qualidade Ambiental e Desenho Sustentável: Requisitos* Available from: <http://dc195.4shared.com/doc/MTzKgWH-/preview.html>. Acedido em 01/04/2012;
29. Sítio de *Energias Renováveis: Energia Solar Passiva*. Available from: <http://www.dforcesolar.com/pt/energia-solar-passiva/>. Acedido em
30. Sítio de *Construção Sustentável*. 02/04/2012]; Available from: <http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?/O-Livro-||-Construcao-Sustentavel/Eficiencia-Energetica/Paredes-Trombe>. Acedido em 01/04/2012;
31. Sítio de *Solar Energy*. Available from: <http://www.gstriatum.com/pt/paredes-trombe/> Acedido em 25/03/2012;
32. Sítio de *Eco Home Resource*. Available from: <http://ecohomeresource.com/2011/07/natural-ventilation-systems-fo.html> Acedido em 25/03/2012;

33. Sítio de *Fórum Rosenbaum*. Available from: <http://rosenbaumdesign.wordpress.com/2008/12/10/rosenbaum-responde-9/> Acedido em 26/03/2012;
34. Sítio de *Trishopping*. Available from: <http://www.trishopping.com.br/janela-basculantes.php> Acedido em 26/03/2012;
35. Sítio de *Colibri*. Available from: <http://dsscorretor.blogspot.pt/2012/05/energia-solar-vale-pena.html> Acedido em 27/03/2012;
36. Sítio de *Energias Renováveis*. Available from: http://www.energiasrenovaveis.com/DetalheConceitos.asp?ID_conteudo=43&ID_area=8&ID_sub_area=26. Acedido em 05/04/2012;
37. Sítio de *Portal Energia - Energias Renováveis*. Available from: <http://www.portal-energia.com/celulas-fotovoltaicas-poderao-baixar-de-custo/> Acedido em 27/03/2012;
38. Sítio de *Principais Problemas em Instalações Fotovoltaicas*. Available from: http://ave.dee.isep.ipp.pt/~see/jornadas2010/Jornadas/images/Pdf/TUV_VitorRodrigues.pdf. Acedido em 05/04/2012;
39. Sítio de *Universidade do Minho*. Available from: <http://online.uminho.pt/projectos/myphysics/html/simulacoes/fotovoltaico/paineis.html> Acedido em 28/03/2012;
40. Freitas, V.P. *Apontamentos Térmica dos Edifícios*, ed. P. FEUP Edições, 2012.
41. Sítio de *Studio + Arquitetura*. Available from: <http://studiomaisarquitetura.blogspot.pt/2012/05/produtos-sustentaveis-para-sua-obra.html> Acedido em 28/03/2012;
42. Sítio de *Certif*. Available from: <http://www.certif.pt/construcao.asp>. Acedido em 06/04/2012;
43. Sítio de *Painel Solar Térmico*. Available from: <http://www.painelsolartermico.com/sistemas-solares-termicos/> Acedido em 29/03/2012;
44. Sítio de *Jorge Neto - Eprofes*. Available from: http://www.jorgeneto.eprofes.net/colector_solar.htm Acedido em 28/03/2012;
45. Sítio de *Merkasol - Energias Renovables*. Available from: <http://www.merkasol.com/Coletor-solar-do-Tubo-de-vacuo-SD-SP-150-litros-18-Tubo> Acedido em 30/03/2012;
46. Sítio de *Essentia*. Available from: <http://www.myessentia.com/blog/new-york/files/2011/02/wind-power-nyc.jpg> Acedido em 30/03/2012;
47. Sítio de *Treehugger*. Available from: <http://www.treehugger.com/renewable-energy/the-energy-ball-another-innovative-option-in-home-wind-turbines.html> Acedido em 31/03/2012;
48. Sítio de *Mário António & Lopes*. Available from: http://www.malopes.com/aquecimento_central.php?Cat=4 Acedido em 31/03/2012;

49. Sítio de *FirmQuestions*. Available from: <http://www.firmquestions.pt/produtos.html> Acedido em 01/04/2012;
50. Sítio de *EngiTérmica*. Available from: <http://www.engitermica.com/pt/index.php/caldeiras> Acedido em 02/04/2012;
51. Sítio de *GasBoilerForums*. Available from: <http://www.gasboilerforums.com/condensing.html> Acedido em 01/04/2012;
52. Sítio de *Plio*. Available from: <http://www.plio.pt/eficiencia-energetica-a-tecnologia-led/> Acedido em 01/04/2012;
53. Sítio de *MC Domótica - Espaços Inteligentes*. Available from: <http://www.mcdomotica.com/Dom%C3%B3tica.html>. Acedido em 10/04/2012;
54. Sousa, H.d. *Apontamentos Gestão de Projetos*, SCC, ed. P. FEUP Edições, 2009.
55. Sítio de *BREEAM*. Available from: <http://www.breeam.org/>. Acedido em 06/04/2012;
56. Sítio de *Eco Veritas*. Available from: <http://www.ecoveritas.gr/ebreeamnewbuildings/categories.html>. Acedido em 06/04/2012;
57. Inbuilt. *BREEAM versus LEED*, ed. U. Inbuilt Copyright Kings Langley, 2010.
58. Sítio de *LEED*. Available from: <http://www.leed.net/>. Acedido em 15/04/2012;
59. Sítio de *Longden*. Available from: <http://www.longden.com/leed-info.html>. Acedido em 07/04/2012;
60. Sítio de *Street Sense* Available from: <http://www.street-sense.org/streettalk/2011/3/5/leed-brown.html>. Acedido em . 07/04/2012;
61. Sítio de *Environmental Geography*. Available from: <http://environmentalgeography.wordpress.com/2009/12/24/steps-and-tips-on-earning-leed-accreditation/>. Acedido em 08/04/2012;
62. Sítio de *LiderA*. Available from: <http://www.lidera.info/index.aspx>. Acedido em 09/04/2012;
63. Sítio de *LiderA*. Available from: <http://www.lidera.info/index.aspx>. Acedido em 08/04/2012;
64. Sítio de *Home Evolution*. Available from: <http://www.homeevolution.pt/>. Acedido em 10/04/2012;
65. LENA, E. *Nova ferramenta de avaliação e certificação da construção sustentável lançada em Portugal* ed. Lisboa, 2009.
66. Antunes, N.D.F. *Edifícios Verdes*, ed. P. FEUP Edições, 2010.
67. Cecconi, F.R. *LCA and LCC Notes*, ed. M. Politecnico di Milano, 2011.

68. Comission, E. *Application of the Life Cycle Analysis to Buildings*, ed. Brussels, 1997.
69. Sítio de CCP Composites. Available from: <http://www.ccpcomposites.com.br/Conteudo.aspx?ConteudoSubId=45>. Acedido em 10/04/2012;
70. Sítio de Quercus. 2006 Available from: <http://www.quercus.pt/scid/webquercus/defaultArticleViewOne.asp?categoryID=677&articleID=1911>. Acedido em 20/04/2012;
71. Pinto, F.A., *Análise Técnico-Económica de uma Proposta de Melhoria Comportamental Térmica de uma Solução Construtiva*, S. FEUP, Editor 2012: Porto.
72. Sítio de Naturlink. Available from: <http://naturlink.sapo.pt/Natureza-e-Ambiente/Gestao-Ambiental/content/Planeamento-e-Gestao-de-Residuos-de-Construcao-e-Demolicao-RCD?bl=1&viewall=true>. Acedido em 12/04/2012;
73. Sítio de Esta na Hora de Agir. Available from: <http://estanahoradeagir.blogspot.pt/>. Acedido em 12/04/2012;
74. SINDUSCON/PE. *Construção Sustentável – Potencialidades e Desafios para o Desenvolvimento Sustentável na Construção Civil*, ed. Brascolor, 2008.
75. Sítio de Pela Resistência do Verde. Available from: <http://bioresistencia.blogspot.pt/2011/12/agua-porque-economizar.html>. Acedido em 16/04/2012;
76. Sítio de GForum. Available from: <http://www.gforum.tv/board/1603/219216/recursos-hidricos.html>. Acedido em 17/04/2012;
77. Sítio de IBGE. Available from: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/pesquisas/pesquisas.php>. Acedido em 17/04/2012;
78. Sítio de WaterAid UK. Available from: <http://www.wateraid.org/uk/>. Acedido em 19/04/2012;
79. Nations, U. *World Water Development Report*, ed. P. UNESCO, 2003.
80. Sítio de Reprint. Available from: <http://www.reprint-blog.com.br/favblog/author/Thaiane%20Moregola.aspx>. Acedido em 20/04/2012;
81. Sítio de Terra. Available from: <http://www.terra.org/html/s/servicios/ficha.php?id=314>. Acedido em 20/04/2012;
82. Sítio de Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development - Germany. Available from: <http://www.bmvbs.de/SharedDocs/EN/Artikel/B/energy-plus-house-my-house-my-filling-station.html>. Acedido em 01/05/2012;

83. Sítio de *Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (Germany)*. Available from: http://www.bmvbs.de/EN/Home/home_node.html. Acedido em 01/05/2012;
84. Sítio de Federal Ministry of Transport, B.a.U.D. *Efficiency House Plus with Electromobility - Technical Information and Details*, ed. B.a.U.D. Federal Ministry of Transport, Berlin, 2012.
85. Sítio de *Archilovers*. Available from: <http://www.archilovers.com/p53532/Efficiency-House-Plus-with-electromobility>. Acedido em 02/05/2012;
86. Sítio de *Detail Das Architekturportal*. Available from: <http://www.detail-online.com/architecture/news/efficiency-house-plus-with-electric-mobility-interim-report-019261.html>. Acedido em 02/05/2012;
87. Sítio de *Archdaily*. Available from: <http://www.archdaily.com/94774/plus-energy-house-with-electromobility-ilek/>. Acedido em 02/05/2012;
88. Sítio de *Weishaup*. Available from: <http://www.weishaupt-ag.ch/mainProdukte/produkteWP/>. Acedido em 05/05/2012;
89. Sítio de *New Cars Catalog*. Available from: <http://www.newcarscatalog.com/smart-fortwo-electric-drive/>. Acedido em 15/05/2012;
90. Sítio de *Cars Direct*. Available from: <http://pricinginsider.carsdirect.com/2011/12/13/daimler-working-on-wireless-charging-for-evs/>. Acedido em 15/05/2012;
91. Sítio de *Good Clean Tech*. Available from: <http://goodcleantech.pcmag.com/automotive/291474-daimler-researching-wireless-inductive-charging-for-evs>. Acedido em 16/05/2012;
92. UNEP. *Towards a Green Economy - Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*, ed. UNEP, 2011.
93. Sítio de *Casa Sapo*. Available from: <http://casa.sapo.pt/Noticias/UrbaVerde-2012-vai-ser-no-Porto/?ID=17945>. Acedido em 20/05/2012;
94. John Carruthers, G.U. *Urban Sprawl and the Cost of Public Services*, ed. U.o. Washington, 2003.
95. Dora Marinova, D.A., John Phillimore. *The International Handbook on Environmental Technology Management*. Cheltenham, Uk, 2006.
96. Sítio de *IEA*. Available from: <http://www.iea.org/stats/graphsearch.asp>. Acedido em 21/05/2012;
97. Sítio de *IOOnline*. Available from: <http://www1.ionline.pt/conteudo/98866-metro-do-porto-act-obriga--integracao-75-falsos-recibos-verdes>. Acedido em 25/05/2012;

98. Sítio de *100 Dias de Bicicleta em Portugal*. Available from: <http://100diasdebicicletaempotugal.blogspot.pt/2010/08/dia-68-porto.html>,. Acedido em 27/05/2012;
99. Sítio de *Wikipedia*. Available from: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Citybike_station_bikeMi_Milan_Italy_20101230.JPG,. Acedido em 27/05/2012;
100. Sítio de *Eco4u*. Available from: <http://eco4u.wordpress.com/2010/10/21/portugal-pretende-inaugurar-primeira-rede-de-abastecimento-de-carros-eletricos-do-mundo/>,. Acedido em 01/06/2012;
101. Sítio de *IEA - Electricity/ Heat in Portugal*. Available from: http://www.iea.org/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=PT,. Acedido em 15/06/2012;
102. TEEB. *A Quick Guide to TEEB for Local and Regional Policy Maker*. Geneva, 2010.
103. Sítio de *Portal da Água*. Available from: <http://portaldaagua.inag.pt/PT/InfoUtilizador/UsoEficiente/Pages/ConsumoPortugal.aspx>,. Acedido em 02/06/2012;
104. Sítio de *Marktest*. 03/06/2012]; Available from: <http://www.marktest.com/wap/a/n/id~7f5.aspx>,. Acedido em
105. Sítio de *INE*. Available from: http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000483&contexto=bd&selTab=tab2,. Acedido em 05/06/2012;
106. Sítio de *Sociedade Ponto Verde*. Available from: http://www.pontoverde.pt/cpanel/assets/comunicados/PR_ResultadosAnuais_2010.pdf,. Acedido em 07/06/2012;
107. Sítio de *EPRI*. Available from: <http://www.smartgrid.epri.com/Demo.aspx>,. Acedido em 10/06/2012;
108. Habitat, C.Á.C. *Construção e Reabilitação Sustentável - Linhas Orientadoras*, ed. C. Águeda, 2011.
109. Sítio de *Como Tudo Funciona*. Available from: http://www.iea.org/stats/electricitydata.asp?COUNTRY_CODE=PT,. Acedido em 25/06/2012;
110. Brito, J.d. *A Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição*, ed. I.S. Técnico, 2006.
111. Sítio de *Green guide for Health Care*. Available from: <http://www.gghc.org/>,. Acedido em 25/06/2012;

112. Sítio de *The Guardian* Available from: <http://www.guardian.co.uk/environment/2008/mar/23/freiburg.germany.greenest.city>, Acedido em 25/06/2012;
113. Sítio de *Green Guide for Health Care* Available from <http://www.gghc.org/> Acedido em 25/06/2012.
114. IEC – International Electrotechnical Commission. *IEC EN 61 215: Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval*, ed. Genebra, 2005.
115. IEC – International Electrotechnical Commission. *IEC EN 61 646: Thin-film terrestrial PV modules – Design qualification and type approval*, ed. Genebra, 2008.
116. IEC – International Electrotechnical Commission. *IEC EN 61 730: Photovoltaic module safety qualification*, ed. Genebra, 2007

ANEXOS

A1

INVENTÁRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E SUA ENERGIA INCORPORADA

A1.1. INVENTÁRIO DE MATERIAIS DE E COMPONENTES USADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Neste anexo pretende-se inventariar uma série de materiais e componentes mais utilizados na construção civil e apresentar a sua energia incorporada. As unidades que irão ser utilizadas serão o MJ/kg e também o MJ/kg/m² no caso dos materiais que necessitem de ser avaliados pela quantidade no espaço como pode ser o caso de revestimentos de piso e parede.

Quadro I.1 – Materiais mais comuns utilizados na construção de Edifícios [HAMMOND & JONES, UNIVERSITY OF BATH, UK, 2001]

Materiais	Energia Incorporada (MJ/kg)	Energia Incorporada (MJ/kg/m ²)
Alumínio		
Geral	155	
Virgem	218	
Reciclado	29,0	
Tijolos		
Comuns	3,00	

Calcário		69,0	
Alcatifa			
Geral		74	187
Cimento			
Geral		4,50	
Tipo CEM I Portland		5,50	
Painéis de Fibra de Cimento (s\ revest.)		10,4	
Cerâmica			
Geral		10,0	
Telhas		12,0	
Produtos Sanitários		29,0	
Acessórios		20,0	
Argila			
Geral		3,00	
Telha		6,50	
Betão			
Geral		0,75	
16/20 MPa		0,70	
20/25 MPa		0,74	
25/30 MPa		0,78	
28/35 MPa		0,82	
32/40 MPa		0,88	
40/50 MPa		1,00	
Cobre			
Folha/Tubos			

Virgem	57,0
Reciclado	16,5
vidro	
Normal	15,0
Fibra de Vidro	28,0
Isolamentos	
Geral	45,0
Vidro Celular	27,0
Celulose	0,94 a 3,30
Cortiça	4,00
Lã de Vidro	39,5
Lã Mineral	16,6
Poliestireno	Ver Plásticos
Poliuretano	Ver Plásticos
Lã de Rocha	16,8
Lã Reciclada	20,9
Ferro (Geral)	25,0
Chumbo	
Geral	25,21
Virgem	49,0
Reciclado	10,0
Cal (Geral)	5,30
Linóleo (Geral)	25,0
Areia (Geral)	0,081

Vernizes (Geral)			50,0
Pinturas			
Geral - Uma demão			10,5
Geral - Duas demãos			21,0
Tinta de água	59,0		
Tinta de base solvente	97,0		
Papel			
Cartão para Construção	24,8		
Papel de Parede	36,40		
Gesso			
Normal	1,80		
Gesso Cartonado	6,75		
Plásticos			
Geral			
Polietileno	80,5		
Polietileno de Alta Densidade	83,1		
Tubos HDPE	76,7		
Polietileno de Baixa Densidade (LDPE Resinas)	84,40		
Filmes de LDPE	78,1		
Nylon	89,3		
Polycarbonato	120,5		
Polipropileno Orientado	112,9		
Polipropileno Injetado	99,2		
Poliestireno Expandido	115,1		
Poliuretano Espuma Flexível	88,6		

Poliuretano Espuma Rígida	102,10
PVC Geral	101,50
PVC Tubos	77,2
	67,5
Borracha (Geral)	91,0
Selantes	
Geral	137,0
Resinas	97,0
Mastic	62 a 100
Formaldeído de Fenol	88,0
Aço	
Virgem	35,4
Galvanizado	22,60
Arame	36,0
Inox	56,7
Reciclado	9,40
Pedras / Rocha	
Geral	1,26
Granito	11,0
Calcário	1,50
Mármore	2,00
Telha de Mármore	3,33
Arenito	1,00
Xisto	0,03
Ardósia	0,10 a 1,00

Madeira		
Geral		10,0
Madeira Laminada		9,50
MDF		11,0
OSB		15,0
Madeira Rígida Serrada		10,4
Madeira Mole Serrada		7,40
Aglomerados de Partículas/Folheados		14,50
Estanho		
		19,2 a 54,7
Titânio		
Virgem		361 a 745
Reciclado		250
Vinil (Revest. de Piso)		
		68,60
Zinco		
Virgem		72,0
Reciclado		9,00

A2

TEMPO DE VIDA ÚTIL DE COMPONENTES DE UM EDIFÍCIO

A2.1. AVALIAÇÃO DO TEMPO DE VIDA ÚTIL DE COMPONENTES DE UM EDIFÍCIO EM BLOCOS DE TIJOLO

Neste quadro está presente o resultado de uma avaliação levada a cabo pela seguradora *Building Life Plans* (BLP) especializada em seguros na área da construção civil. Este projeto foi desenvolvido para o *National Audit Office* (NAO) no âmbito da sua avaliação dos Métodos Modernos da Construção (MMC).

Esta avaliação foi efetuada com base na norma internacional ISO 15685, o *standard* para o planeamento de vida útil. Os fatores com maior grau de influência na durabilidade de um sistema construtivo são:

- Qualidade dos componentes;
- Detalhe do Projeto;
- Mão-de-obra qualificada;
- Qualidade dos acabamentos;
- Ambientes Exteriores e Interiores;
- Condições e cuidado de instalações;
- Manutenção.

Foram efetuados estudos com vários tipos de construção, pelo que o resultado que foi selecionado para apresentação neste trabalho foi a solução de “Brick and Block House” (construção em tijolo), por ser a mais comum em Portugal.

O quadro que segue baseia-se numa previsão de durabilidade de um sistema construtivo de aproximadamente 60 anos (tempo de vida útil ou tempo de serviço).

Quadro II.1 – Tempo de vida útil dos elementos construtivos de um edifício [MEYER- BLP -Durability Assessment, 2005]

Número de Ordem	Elemento	Componente	Vida Útil Prevista (anos)
1	Fundações	Paredes de Fundação	60+
		Muros de Contenção	60+
2	Laje de Piso Térreo	Laje de Betão Armado	60+
		Membrana Anti Humidade	60+
		Isolamento Térmico	60+
		Núcleo Duro	60+
3	Membranas Anti Humidade sob as Paredes	Blocos de Tijolo	60+
		Mistura Fraca de Betão	60+
		Membrana de Compósito de Plásticos (Poliéster e outras fibras)	60+
4	Paredes Exteriores	Reboco Exterior Geral	60+
		Reboco Interior Geral	60+
		Paredes Divisórias	60+
		Chapas Metálicas (Revest.)	60+
		Lintéis (Catnic)	60+
		Barreiras Anti Fumo e Fogo	60+

Paredes			
Divisórias/Interiores (*)			
5	• C/ Cap. Carga	Suportes metálicos, pregos	60+
		Lintéis	60+
		Revestimentos e Acabamentos em Gesso	60
	• S\ Cap. Carga	Suportes metálicos, pregos	60+
		Lintéis	60+
		Revestimentos e Acabamentos em Gesso	60
	(*) Os isolantes térmicos não foram detalhados neste estudo		
6	Componentes de Piso (Piso Superior)	Vigas de Betão Armado	60+
		Teto (Gesso)	60
		Revestimento de Piso - Decking	60+
7	Estrutura da Cobertura	Treliças (Madeira)	60+
		Ligantes / Adesivos	60
		Abraçadeiras	60+
		Invólucro (Madeira Tratada com grelhas ventiladas)	60
8	Acabamentos da Cobertura	Cobertura (Telhas de Betão)	50
		Ripas (Madeira Macia)	60
		Camada Subjacente (Polipropileno por fixação direta)	60
		Beirais de Madeira Pintados	25

9	Escadas	Madeira	25
10	Isolamento Paredes	Placas de Poliuretano laminado	60
11	Isolamento Cobertura	Fibra de Vidro de Alta Densidade	60
12	Janelas	Caixilharia Madeira Envernizada	30
		Vidros Duplos Ventilados	30
		Fechaduras/Puxadores	30
		Parapeitos (MDF)	30
13	Portas Exteriores	Portas Madeira Envidraçadas	30
		Fechaduras	30
14	Portas Interiores	Portas de Folha de Madeira	60
		Fechaduras	60
15	Acabamentos do Piso (Interior)		
	• Assoalhado Secundário	Argamassa de Areia e Cimento para Piso Térreo	60
	• Revestimento de Piso	Ladrilhos de Vinil/PVC	15
	• Rodapés	Madeira	60
16	Acabamentos do Teto	Gesso Cartonado	60
17	Acabamentos das Paredes Interiores		
	• Revestimento de Paredes	Camada de Gesso	60+
	• 2 Demãos Pintura	Tinta à base de emulsão de Vinil	7
	• WC + Cozinha	Ladrilhos/Azulejos Cerâmicos	60

18	Instalações e Equipamentos	Acessórios de Cozinha e Bancadas	20
		Banca	30
		Lavatórios (Cerâmica)	35
		Banheira (Cerâmica)	35
		Chuveiro (Compartimento Acrílico)	20
		Mobiliário WC (aglomerados)	20
		Armários quartos (aglomerados)	20
19	Louça Sanitária	Tubagens (Polietilenos)	60
20	Sistema de Aquecimento	Caldeira de Condensação	15
		Aquecedores/Radiadores	20
		Tubagens (Polipropilenos)	60
21	Componentes Elétrica	Cabos c/ bainhas PVC	60
		Quadro Elétrico	25
		Tomadas	25
		Luzes de consumo reduzido	25
		Alarme Incêndio	20
22	Ligações a Serviços Vários	Não definido	-
23	Drenagem Acima da Superfície	Tubagens em Cloreto de Vinil (Drenagem WC + Cozinha)	60
		Sistemas Recolha Pluvial	25
24	Drenagem Abaixo da Superfície	Não definida	-