

## ÍNDICE

---

<b>ÍNDICE</b> .....	<b>i</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS</b> .....	<b>xix</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>3</b>
1.1 - Objetivos e motivações do trabalho .....	4
1.2 - Estrutura de trabalho .....	5
<b>2 - SUSTENTABILIDADE</b> .....	<b>7</b>
2.1 - Enquadramento .....	9
2.2 - Desenvolvimento sustentável.....	10
2.2.1 - Relatório Brundtland .....	15
2.2.2 - Cimeira da Terra e Agenda 21 .....	17
2.2.3 - Agenda 21 local .....	18
2.3 - Construção sustentável.....	19
2.3.1 - Construção tradicional versus construção sustentável .....	20
2.3.2 - Impacte ambiental da construção .....	26
<b>3 - GESTÃO DE ENERGIA</b> .....	<b>31</b>
3.1 - Enquadramento .....	33
3.2 - Arquitetura bioclimática .....	33
3.2.1 - Geometria solar .....	34
3.2.2 - Orientação de fachadas envidraçadas .....	35
3.2.3 - Perdas e ganhos térmicos pela envolvente dos edifícios.....	38
3.2.4 - Ventilação nos edifícios .....	39

3.2.5 - Estratégias bioclimáticas .....	40
3.2.6 - Sistemas de aquecimento passivo.....	47
3.2.6.1 - Ganho direto.....	47
3.2.6.2 - Ganho indireto ou desfasado (Parede de trombe e colunas de água) .....	48
3.2.6.3 - Ganho isolado.....	51
3.2.7 - Sistemas passivos de arrefecimento.....	52
3.2.7.1 - Ventilação natural .....	53
3.2.7.2 - Arrefecimento pelo solo .....	56
3.2.7.3 - Arrefecimento radiativo.....	58
3.3 - Níveis de conforto aplicados no edifício .....	59
3.3.1 - Conforto térmico .....	59
3.4.2 - Conforto acústico .....	67
3.4.3 - Conforto visual.....	68
3.5 - Isolamento térmico.....	69
3.6 - Vãos envidraçados .....	71
3.6.1 - Parâmetros a ter em conta na escolha .....	73
3.6.2 - Diferentes vidros no mercado.....	73
3.6.3 - Proporção adequada de envidraçados .....	74
3.6.4 - Vãos envidraçados orientados a sul.....	75
3.6.5 - Vãos envidraçados orientados a nascente e poente.....	75
3.6.6 - Vãos envidraçados orientados a norte .....	76
3.6.7 - Vãos envidraçados zenitais – claraboias.....	76
3.6.8 - Tipologia da caixilharia.....	76
3.7 - Sistemas de iluminação .....	78
3.7.1 - Iluminação natural.....	78
3.7.2 - Iluminação artificial mais vulgar, no sector residencial.....	79
3.8 - Coberturas ajardinadas .....	84
3.9 - Energia solar .....	86
3.9.1 - Energia solar térmica.....	86

3.9.2 - Energia solar fotovoltaica.....	92
3.10 - Apoios / incentivos à eficiência energética e à microgeração.....	94
3.10.1 - Apoios à eficiência energética e ambiental.....	94
3.10.2 - Apoios à microprodução .....	95
3.11 - Certificação de edifícios - Regulamentação .....	96
3.11.1 - Âmbito de aplicação.....	98
3.11.2 - Certificação energética de edifícios.....	99
<b>4 - GESTÃO DE ÁGUA .....</b>	<b>101</b>
4.1 - Enquadramento .....	103
4.2 - Águas residuais domésticas.....	105
4.3 - Águas pluviais, sistema de recolha e armazenamento .....	110
4.3.1 - Características do sistema de recolha e armazenamento de águas pluviais .....	110
4.3.2 - Superfícies de recolha .....	113
4.3.3 - Caleiras .....	113
4.3.4 - Equipamento para remover detritos.....	116
4.3.5 - Descarregadores de primeira chuva.....	117
4.3.6 - Tanques de armazenamento .....	118
4.3.7 - Tanques pressurizados e bombas.....	122
4.3.8 - Qualidade e tratamento da água .....	123
4.4 - Controlo dos gastos de água.....	126
4.4.1 - Sanitas.....	126
4.4.2 - Chuveiros .....	128
4.4.3 - Torneiras .....	129
4.4.4 – Eficiência hídrica em eletrodomésticos .....	129
4.5 - Certificação hídrica.....	131
4.5.1 - Alguns modelos de avaliação da eficiência hídrica já existentes .....	131
4.5.2 - Modelo de rotulagem de eficiência hídrica proposto para Portugal.....	132
<b>5 - GESTÃO DE MATERIAIS .....</b>	<b>135</b>
5.1 - Enquadramento .....	137

5.2 - Critérios ambientais para a seleção de materiais na construção sustentável .....	138
5.2.1 - Materiais que não afetam a saúde dos utilizadores dos edifícios .....	139
5.2.2 - Materiais que aumentam a eficiência energética do edifício .....	140
5.2.3 - Materiais com baixa energia incorporada e de fácil processamento .....	141
5.2.4 - Materiais com elevada durabilidade e reduzida necessidade de manutenção .....	142
5.2.5 - Redução do consumo de materiais e eliminação de materiais acessórios .....	143
5.2.6 - Materiais recuperados .....	144
5.2.7 - Materiais com origem em recursos renováveis .....	146
5.2.8 - Materiais reciclados e recicláveis .....	146
5.2.9 - Materiais com baixa emissão de poluentes para o ambiente .....	148
5.2.10 - Materiais produzidos localmente .....	149
5.2.11 - O fator económico dos materiais .....	149
5.2.12 - Materiais pré-fabricados .....	150
5.2.13 - Certificação ambiental de materiais e soluções construtivas .....	151
<b>6 - METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO E SELECÇÃO DE MATERIAIS PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL .....</b>	<b>153</b>
6.1 - Enquadramento .....	155
6.2 - Metodologias de avaliação e seleção de materiais para a construção sustentável .....	155
6.2.1 - Análise do ciclo de vida dos materiais .....	155
6.2.2 - Fases da Análise do Ciclo de Vida .....	159
6.2.2.1 - Definição do(s) objetivo(s) e âmbito de aplicação .....	159
6.2.2.2 - Definição do objetivo do projeto .....	159
6.2.2.3 - Determinar que tipo de informação é necessária para informar os decisores ..	159
6.2.2.4 - Determinar a especificidade pretendida com o estudo .....	160
6.2.2.5 - Determinar organização e apresentação dos dados .....	160
6.2.2.6 - Determinar o âmbito do estudo .....	161
6.2.3 - Fase de inventário .....	162
6.2.4 - Análise do impacto no ciclo de vida .....	163
6.2.4.1 - Interpretação do ciclo de vida .....	164

6.2.5 - Sistemas de avaliação do ciclo de vida dos edifícios, materiais e produtos .....	164
6.3 - SBtool .....	166
6.4 - LiderA.....	166
<b>7 - CASO DE ESTUDO.....</b>	<b>169</b>
7.1 - Caracterização do edifício de habitação unifamiliar.....	171
7.1.1 - Descrição do edifício.....	171
7.1.2 - Soluções construtivas .....	172
7.1.3 - Zona climática.....	174
7.1.4 - Orientação .....	175
7.2 - Aplicação de medidas que melhoram a sustentabilidade.....	175
7.2.1 - Vãos envidraçados .....	175
7.2.2 - Painéis solares .....	178
7.2.2.1 - Painéis solares térmicos .....	179
7.2.2.2 - Painéis solares fotovoltaicos.....	182
7.2.3 - Águas .....	184
7.2.3.1 - Aproveitamento de água pluviais .....	184
7.2.3.2 - Redutores de caudal de água .....	185
7.2.4 - Espaços verdes .....	188
7.3 - Reflexão sobre as medidas .....	188
<b>8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>193</b>
<b>9 - BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>197</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1 - Principais acontecimentos relacionados com o desenvolvimento sustentável .....	11
Figura 2 – Objetivos do desenvolvimento sustentável .....	12
Figura 3 - Três vertentes do desenvolvimento sustentável .....	13
Figura 4 - Prioridades a considerar no projeto de uma construção sustentável .....	19
Figura 5 - Incentivos externos para a mudança de paradigma .....	20
Figura 6 - Aspetos competitivos na construção tradicional .....	21
Figura 7 - Evolução das preocupações no sector da construção civil .....	21
Figura 8 - Casas de construção tradicional .....	23
Figura 9 - Fases do ciclo de vida de uma construção .....	24
Figura 10 - Resíduos provenientes de obra .....	29
Figura 11 - Estratégias para minimizar os impactes ambientais .....	29
Figura 12 - Representa o percurso do sol durante o dia ao longo do ano .....	35
Figura 13- Carta bioclimática de Baruch Givoni .....	41
Figura 14 - Zonas climáticas da Terra .....	43
Figura 15 - Tipos de clima .....	44
Figura 16 - Zonas climáticas de Portugal .....	45
Figura 17 - Sistema ganho direto .....	47
Figura 18 - Parede de trombe .....	49
Figura 19 - Casa Shäffer, Porto Santo .....	49
Figura 20 - Esquema de funcionamento de uma parede de trombe .....	49
Figura 21 - Colunas de água na casa solar no Porto .....	50
Figura 22 - Sistema ganho isolado .....	51
Figura 23 - Sistemas de coletor a ar .....	51
Figura 24 - Ventilação transversal .....	54
Figura 25 – Tipos de ventilação simples de um só lado .....	54
Figura 26 - Elementos facilitadores da ventilação .....	54
Figura 27 - Esquema ventilação transversal .....	55

Figura 28 - Chaminé solar .....	55
Figura 29 - Esquema de ventilação na Casa Shaffer .....	55
Figura 30 - Arrefecimento pelo solo .....	56
Figura 31 - Arrefecimento evaporativo .....	56
Figura 32 - Sistema roof-sprayin .....	57
Figura 33 - Paredes verdes .....	57
Figura 34 - Arrefecimento radiativo .....	58
Figura 35 - Balanço térmico do Corpo Humano .....	63
Figura 36- Índice PPD em função do índice PMV .....	65
Figura 37- Isolamento acústico .....	67
Figura 38 - Vidros com espessura de 6 e 10 mm e a câmara interior de 10 mm .....	68
Figura 39 - Isolamento pelo interior .....	70
Figura 40 - Isolamento na parede dupla .....	70
Figura 41 - Isolamento pelo exterior .....	70
Figura 42 - Valores de U para uma caixilharia simples de vidro duplo .....	72
Figura 43- Sistemas de iluminação direta e indireta .....	79
Figura 44 - Lâmpadas Incandescentes .....	81
Figura 45 - Lâmpadas de halogéneo .....	81
Figura 46 - Lâmpadas fluorescentes compactas (L.F.C.) .....	81
Figura 47 - Lâmpadas fluorescentes tubulares .....	82
Figura 48 – Lâmpadas Led's .....	82
Figura 49 - Impermeabilização de cobertura ajardinada .....	85
Figura 50 - Coletor simples para aquecimento de piscinas .....	87
Figura 51 - Esquema de um coletor plano .....	87
Figura 52 - Tubo de vácuo de um coletor .....	88
Figura 53 - Coletor de tubos de calor em tubos evacuados .....	89
Figura 54 - Coletores parabólicos compostos .....	89
Figura 55 - Sistema solar termossifão .....	90
Figura 56 - Representação de um sistema de circulação forçada .....	91

Figura 57 - Inclinação ideal dos painéis consoante as estações do ano .....	91
Figura 58 – Tipos de células fotovoltaicas .....	93
Figura 59 - Esquema de ligação entre os três novos decretos-lei.....	98
Figura 60 – Certificado energético de um edifício .....	100
Figura 61 - Cisterna do Castelo de Marvão .....	105
Figura 62 - Sistema de recolha de água cinzenta, tratamento e reutilização .....	106
Figura 63 - Utilização das águas .....	107
Figura 64 - Esquema de tratamento de água .....	107
Figura 65 - Esquema de utilização de água cinzenta .....	108
Figura 66 - Filtro grosseiro .....	109
Figura 67 - Filtro de areia .....	109
Figura 68 - Tanque séptico e tanque de tratamento de águas negras .....	109
Figura 69 - Captação da água da chuva .....	111
Figura 70 - Armazenamento das águas das chuvas .....	111
Figura 71 - Sistema genérico de recolha, armazenamento e utilização de água da chuva. ....	112
Figura 72 – Caleira .....	114
Figura 73 - Perfis de caleiras .....	114
Figura 74 - Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos .....	115
Figura 75 - Caleiras instaladas em moradia unifamiliar .....	115
Figura 76 - Descarregador da água da primeira chuva com sistema de filtragem .....	118
Figura 77 - Contaminações que se devem considerar na recolha de água da chuva. ....	125
Figura 78 - Autoclismo com dupla descarga .....	126
Figura 79 - Sistema biológico para WC´s com sanitas de descarga normal .....	126
Figura 80 - Esquema de sistema de aproveitamento de águas .....	127
Figura 81 - Sistema de aproveitamento de composto .....	127
Figura 82 - Unidade UV.....	127
Figura 83 - Sanita com compostagem .....	127
Figura 84 - Modelo de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica .....	129
Figura 85 - Esquema de funcionamento de um redutor de caudal .....	129

Figura 86 – Etiqueta energética para máquinas de lavar loiça e roupa .....	130
Figura 87 - Símbolos europeus de certificação hídrica .....	132
Figura 88 - Rótulos de eficiência hídrica adotados em Portugal .....	132
Figura 89 - Exemplos de rótulos de eficiência hídrica para autoclismos de pequeno volume .	133
Figura 90 - Rotulo Ecológico .....	138
Figura 91 - Materiais de origem natural .....	139
Figura 92 - Caixilharia de corte térmico com vidro duplo e ETICS .....	140
Figura 93 - Pavimentos, aglomerados compostos, revestimentos em cortiça .....	141
Figura 94 - Materiais de construção em madeira.....	142
Figura 95 - Vida útil e vida residual .....	143
Figura 96 - Clínquer de cimento Portland .....	144
Figura 97 - Escória de alto forno.....	144
Figura 98 - Cal .....	144
Figura 99 - Cinzas volantes.....	144
Figura 100 - Paineis de azulejos Sec. XVIII .....	145
Figura 101 - Recuperação e armazenamento de azulejos .....	145
Figura 102 - Cortiça material com um ciclo de renovação .....	146
Figura 103 - Processo de reciclagem .....	147
Figura 104 - Exemplos de produtos em alumínio reciclado .....	147
Figura 105 - Exemplos de produtos feitos de cobre reciclado .....	148
Figura 106 - Resíduos de vidro e vidro reciclado .....	148
Figura 107 - Estruturas pré-fabricadas .....	150
Figura 108- Balanço de impactes ambientais na produção de um material .....	157
Figura 109 - Fases da ACV .....	158
Figura 110 - Diagrama de fluxo de um sistema genérico .....	162
Figura 111 - Níveis de avaliação de impactes num edifício .....	165
Figura 112 - Fases de desenvolvimento do ciclo de vida do empreendimento .....	167
Figura 113 - Seis vertentes para a sustentabilidade – LiderA .....	168
Figura 114 - Localização geral do edifício em estudo .....	171

Figura 115 - Localização pormenorizada do edifício em estudo .....	171
Figura 116 - Zona climática II V1 .....	174
Figura 117 - Planta do alçado sul .....	175
Figura 118 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais .....	184
Figura 119 - Precipitação para o ano médio em Portugal .....	185
Figura 120 - Esquema de funcionamento de um redutor de caudal .....	186

## ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1 - Evolução do conceito de sustentabilidade .....	13
Tabela 2 - Prioridades para construção sustentável .....	22
Tabela 3 - Distribuição dos gastos energéticos na construção de um edifício .....	27
Tabela 4 - Aspetos e impactes ambientais em obra .....	28
Tabela 5- Estratégias de sustentabilidade na construção de edifícios .....	30
Tabela 6 - Radiação solar nas fachadas .....	37
Tabela 7 - Estratégias bioclimáticas .....	43
Tabela 8 - Síntese das zonas climáticas .....	46
Tabela 9 - Valores de metabolismo para várias atividades .....	61
Tabela 10 - Resistência térmica do vestuário .....	62
Tabela 11- Índices de sensação térmica e de conforto .....	64
Tabela 12 - Fórmulas distintas consoante as condições ambientais .....	66
Tabela 13 - Avaliação de postos de trabalho .....	66
Tabela 14 - Tipo de contaminação derivada do material constituinte do telhado . .....	113
Tabela 15 - Comparação entre a localização do filtro/separador de folhas. ....	117
Tabela 16 - Comparação entre a localização do reservatório .....	119
Tabela 17 - Comparação entre reservatórios de diferentes materiais. ....	120
Tabela 18 - Comparação entre várias formas de reservatórios. ....	121
Tabela 19 - Comparação entre os tratamentos de desinfeção da água. ....	125
Tabela 20 - Eficiência do chuveiro através do caudal de água .....	128
Tabela 21 - Categorias de eficiência hídrica para efeitos de rotulagem de autoclismos .....	133
Tabela 22- Fases do ciclo de vida dos materiais .....	151
Tabela 23- Empresas fornecedoras de caixilharias na região do Algarve .....	176
Tabela 24 - Necessidades nominais energéticas .....	177
Tabela 25 - Sistema de correr com rutura de ponte térmica perimetral .....	178
Tabela 26 - Empresas fornecedoras de painéis solares da região do Algarve .....	178
Tabela 27 - Sistemas de AQS.....	179

Tabela 28 - Balanço energético mensal e anual .....	180
Tabela 29 - Sistema Termossifão 300 L .....	181
Tabela 30 - Necessidades nominais energéticas .....	181
Tabela 31 – Sistema de Microgeração .....	182
Tabela 32 - Estudo de viabilidade da proposta .....	183
Tabela 33 - Consumos sem equipamentos economizadores .....	186
Tabela 34 - Consumos com equipamentos economizadores .....	187
Tabela 35 - Investimento e poupança anual .....	187

## AGRADECIMENTOS

---

Finalizada uma etapa particularmente importante da minha vida, não poderia deixar de expressar o mais profundo agradecimento a todos aqueles que me apoiaram nesta longa caminhada e contribuíram para a realização deste trabalho.

O meu “muito obrigado”:

À Professora Fátima Farinha, minha orientadora, pela competência científica, disponibilidade e generosidade reveladas ao longo deste trabalho.

Ao Professor António Mortal, meu orientador, agradeço a disponibilidade, a sabedoria e os ensinamentos constantes em todo o processo de orientação científica deste projeto.

À empresa Ambientar pela oportunidade concedida para a realização do estágio que serviu de base para este trabalho.

A todas as pessoas e entidades que contribuíram de forma direta ou indiretamente para a realização deste projeto.



## RESUMO

---

Numa época em que as alterações climáticas condicionam as atividades humanas em geral, precipitando a mudança de mentalidades e das práticas correntes no sector da construção, este projeto teve como base um estágio realizado na empresa Ambientar e pretende de alguma forma abordar a temática do desempenho ambiental e da construção sustentável.

A recente regulamentação no domínio da térmica de edifícios veio conferir grande importância à integração e utilização de energias renováveis, bem como à aplicação de equipamentos mais eficientes, o que permite melhorar a qualidade de vida nos edifícios através de melhorias no conforto e na qualidade do ar interior sem um dispêndio excessivo de energia.

Uma criteriosa seleção dos materiais de construção tem, também, um grande impacto na sustentabilidade de um edifício desde a fase projeto até à sua demolição.

Nos nossos dias, tendo consciência do crescente número da oferta de soluções/equipamentos relativos à gestão da energia, gestão das águas e aplicação de materiais de construção sustentáveis, nota-se uma acrescida dificuldade em selecionar as melhores e mais adequadas soluções, bem como em encontrar e contactar fornecedores e/ou projetistas que saibam responder concreta e objetivamente aos requisitos e exigências do consumidor.

Este projeto tem como principal objetivo, o desenvolvimento de um processo que contenha critérios ambientais para a seleção de materiais na reabilitação de um edifício que se pretende tornar mais sustentável.

Assim, pretende-se focar alguns conceitos relacionados com a construção sustentável, usos racionais de água, eficiência energética e energias renováveis, sendo que no final será feita uma análise económica a fim de se averiguar a viabilidade das soluções propostas aplicadas no caso de estudo.

**Palavras-chave:** Construção Sustentável; Gestão de Energia; Gestão de Águas; Gestão de Materiais; Eficiência Energética.



## ABSTRACT

---

At a time when climate change affects human activity in general, precipitating change in attitudes and current practices in the construction sector, this project was based on a training made in the company “Ambientar” and intends to approach and somehow address the issue of environmental performance and sustainable construction.

The recent legislation in the field of buildings thermal insulation gave great importance to the integration and use of renewable energy as well as to the use of more efficient equipment, which improves the quality of life in buildings, improving comfort and indoor air quality without an excessive expenditure of energy.

A careful selection of building materials also has a large impact on the sustainability of a building from initial design through to its demolition.

Nowadays, being aware of the growing number of supply solutions / equipment related to energy management, water management and implementation of sustainable building materials, there is an increased difficulty in selecting the best and most appropriate solutions, as well as find and contact suppliers and / or designers who know how to respond concretely and objectively to the requirements and demands.

This project has as main objective the development of a process with environmental criteria for the selection of materials in the rehabilitation of a building intended to be more sustainable.

Thus, we intend to focus on some concepts related to sustainable construction, rational uses of water, energy efficiency and renewable energy, and in the end there will be an economic analysis in order to ascertain the feasibility of proposed solutions applied in the case study.

**Key-words:** Sustainable Construction; Energy Management; Water Management; Materials Management; Energy Efficiency.



## ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

---

A21L - Agenda 21 Local

ACV - Avaliação do Ciclo de Vida

ADENE - Agência para a Energia

AIA - Avaliação de impactes ambientais

ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

AQS - Água quente sanitária

CFC - Clorofluorocarbonetos

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas para o meio ambiente e o desenvolvimento

CO<sub>2</sub> - Dióxido de carbono

COV - Compostos orgânicos volátil

CPC - Coletores Parabólicos Compostos

DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia

EEH - Energy Efficient Home

EPS - Poliestireno Expandido

ETAR - Estações de Tratamento de Águas Residuais

EU - União Europeia

FLD - Fator de luz do dia

GBC - Green Building Challenge

GEE – Gases de efeito de estufa

HCFC - Hidroclorofluorocarboneto

ICS - Integral Collector Storage

iiSBE - International Initiative for a Sustainable Built Environment

IRC - Índice de restituição de cor

LED - Light Emitter Diode

LFC - Lâmpadas fluorescentes compactas

LiderA - Sistema Voluntário para a Avaliação da Construção Sustentável

ONG – Organizações Não Governamentais

ONU – Organização das Nações Unidas

PEC – Primary Energy Consumption

PMV – Predicted Mean Vote

PNUEA - Programa nacional para o uso eficiente da água

PPD - Percentage of People Dissatisfied

PUR – Poliuretano

PVC – Policloreto de Vinilo

RAN – Rede nacional agrícola

RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico em Edifícios

RCD – Resíduos de construção ou demolição

REN – Reserva ecológica nacional

RESP - Rede eléctrica de Serviço Público

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SCE - Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios

SH - Standard Home

U – Coeficiente de transmissão térmica

WBGT - Wet Bulb Globe Temperature

XPS - Expandido Extrudido

1

INTRODUÇÃO



# 1 - INTRODUÇÃO

---

O aquecimento global do planeta constitui uma das grandes preocupações da humanidade, pelas consequências nocivas que se têm feito sentir como o aumento da temperatura média à superfície da terra, a subida do nível dos oceanos, a ocorrência de fenómenos climatéricos de grande turbulência, entre outras.

O sector energético está, no centro da problemática das alterações climáticas, pelo impacto no que se refere à emissão de gases com efeito de estufa. A redução de emissões, como uma das grandes linhas de orientação da política energética, a par da redução da dependência externa, da valorização dos recursos energéticos endógenos e da redução dos custos da energia como fator de competitividade da economia.

Dados estatísticos publicados pela DGEG indicam que o sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa e cerca de 30% para o caso de Portugal [45]. No entanto, segundo dados da Adene, [1] 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto.

É neste sector que se encontra o maior potencial para a melhoria da eficiência energética. Na Europa as habitações representam dois terços do consumo total de energia. No entanto, o aumento, por parte de população em geral, das exigências de conforto no interior das habitações, tem levado a um aumento na potência e no número dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento, resultando num aumento do consumo energético. Esse consumo aumenta todos os anos à medida que o nível de vida da população vai melhorando.

Uma das formas de reduzir este consumo energético é a utilização de soluções construtivas projetadas de forma a tirar o melhor partido das condições ambientais diminuindo assim, as necessidades de utilização de sistemas de aquecimento e de arrefecimento.

Nos edifícios existem duas formas distintas de aproveitar a energia solar. Uma é a forma ativa, na qual os raios solares são convertidos diretamente noutras formas de energia (térmica ou elétrica) por sistemas especialmente instalados para o efeito. Outra é a forma passiva, onde se faz a gestão da climatização dos edifícios através da adoção de estratégias construtivas apropriadas.

A construção sustentável nasce com o reconhecimento da importância do aproveitamento dos recursos naturais no sentido de não comprometer o acesso a esses recursos das gerações futuras [106].

Uma construção sustentável faz uso de eco materiais associados a soluções tecnológicas inteligentes, que visam promover o bom uso e a economia dos recursos finitos, a redução da poluição e a melhoria da qualidade do ar no ambiente interno, bem como o conforto dos seus moradores ou utentes.

Mais recentemente, surgiu o conceito Green Building, [122] definido por construções que sejam projetadas, construídas, renovadas, utilizadas, ou reutilizadas de forma a restaurar áreas degradadas, criar maior equilíbrio ambiental e ecológico com o território e a biodiversidade, através do design de espaços verdes que se aproximem conceptualmente do natural, produzir enquadramentos urbanísticos mais harmoniosos com a envolvente, integrar materiais com baixos impactes ambientais, de acordo com análises de ciclo de vida e de circuito logístico, reduzir o consumo de água e maximizar o rendimento energético através de técnicas de exposição solar, utilização de energias alternativas, recurso a "paredes - vivas", coberturas ajardinadas, sombreamentos, entre outros.

Pretende-se que estas construções permitam igualar (ou até mesmo superar) o mesmo nível de conforto que os métodos tradicionais.

## 1.1 - Objetivos e motivações do trabalho

---

Este projeto de mestrado em Energia e Climatização de Edifícios defende a sustentabilidade. É objetivo deste projeto servir de ferramenta de apoio à decisão em projetos de construção sustentável apresentando os principais métodos e ferramentas existentes, assim como, os critérios ambientais a considerar para a seleção dos materiais.

Este projeto pretende dar um contributo para a implementação de projetos de reabilitação mais sustentáveis e defender um uso mais racional da água, da energia e de igual modo, demonstrar a importância da utilização/aproveitamento dos recursos naturais para a poupança de energia.

Em suma, este trabalho pretende estudar as possibilidades de construção/reabilitação sustentável como forma de introdução de melhorias na qualidade das habitações, tanto em termos de conforto e bem-estar dos seus utilizadores, como no aumento da eficiência energética e do uso de água e materiais, reduzindo-se assim significativamente as exigências sobre os recursos naturais e os impactes no meio ambiente. Desejando-se que, desta forma, se comece a criar uma distinção e valorização para este género de habitações no mercado nacional.

No sentido de testar os métodos e ferramentas propostas executa-se a sua aplicação na reabilitação de uma moradia unifamiliar no âmbito de tornar o edifício mais eficiente e sustentável. Com isto,

assume-se o compromisso da preservação do meio ambiente no qual estamos inseridos, em particular, a moradia que é objeto deste trabalho.

Como complemento vai-se aplicar um caso de estudo a uma moradia unifamiliar com dois pisos, localizada no concelho de Portimão, sendo representativa de uma série de outras habitações existentes na zona climática II V1.

## 1.2 - Estrutura de trabalho

---

Este projeto iniciou-se com a realização de um estágio na empresa Ambientar e tinha como objetivo o desenvolvimento de uma nova área de atuação: apoio técnico direto ao Projecto Ambientar Energy, novo departamento técnico associado à Ambientar, Lda, para desenvolvimento de projetos e negócios na área das energias renováveis; aconselhamento técnico sobre os equipamentos e soluções de mercado disponíveis ao nível da gestão energética; gestão das águas e gestão de materiais (desde a fase de matéria prima até ao resíduo/reciclagem) contempladas num projeto de habitação sustentável.

Com a pretensão de alcançar os objetivos previamente estabelecidos procedeu-se à recolha de informação aplicando como etapas principais: pesquisa bibliográfica, pesquisas de campo, contactos com fornecedores, análise dos dados/factos e a sua consolidação operacional.

O presente projeto está dividido em sete capítulos:

No primeiro capítulo apresenta-se uma introdução ao estudo, define-se os objetivos e a organização.

No segundo capítulo é realizado um enquadramento geral das temáticas da sustentabilidade e da construção, apresentando-se os laços de interligação destas duas temáticas.

A temática da energia, fazendo referência a aspetos que contribuem para uma melhor eficiência energética dos edifícios, é apresentada no terceiro capítulo.

A sustentabilidade dos edifícios implica um uso mais racional da água e o seu reaproveitamento, tema abordado no capítulo quarto.

No quinto capítulo introduz-se a gestão de materiais na construção, nomeadamente, os critérios ambientais para a sua escolha.

O sexto capítulo refere as metodologias de avaliação e seleção de materiais existentes para determinar a sustentabilidade da construção.

O caso de estudo onde se sugerem propostas para a reabilitação sustentável do edifício surge no sétimo capítulo. Por fim, sintetizam-se algumas conclusões acerca deste trabalho e propõem-se trabalhos futuros.

2



SUSTENTABILIDADE





## 2.1 - Enquadramento

---

De acordo com o “*Relatório de Brundtland*” [108] realizado para a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento das Nações Unidas, o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades das populações atuais, sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades.

O conceito de desenvolvimento sustentável tem limites, não limites absolutos, mas limites impostos pelos estágios atuais da tecnologia e da organização social no que respeita aos seus recursos naturais, e pela capacidade da biosfera absorver os efeitos da ação humana.

Estes princípios podem ser enquadrados em praticamente toda a atividade humana, principalmente naquelas que têm impacto direto no ambiente, como é o caso do sector da construção. Dada a influência que este sector tem na economia e no ambiente, é de elevada importância a aplicação dos princípios da sustentabilidade nas atividades com ela relacionadas, bem como nos materiais usados pela indústria da construção.

O sector da construção é responsável pelo consumo de recursos naturais não renováveis, gera grandes quantidades de resíduos e provoca a contaminação da água, ar e solo.

Quando se fala de construção sustentável, fala-se de uma forma equilibrada de planear, desenhar, construir e manter os edifícios. O principal objetivo é a satisfação das necessidades humanas e simultaneamente proteger o ecossistema.

## 2.2 - Desenvolvimento sustentável

---

A definição do conceito de “*desenvolvimento sustentável*”, tem sido constantemente debatido e frequentemente alterado ao longo do tempo. Este conceito foi inicialmente definido no “*Relatório de Brundtland*” [103] como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades.

O conceito de desenvolvimento sustentável emerge na segunda metade do século XX, numa tentativa de sensibilizar os habitantes do planeta para o excessivo gasto dos recursos naturais. A este facto está associado o crescimento da população mundial, aliado ao progresso tecnológico e industrial, que tem conduzido ao aumento significativo da procura e consumo de energia. A política energética mundial tem sido baseada, essencialmente, na queima de combustíveis fósseis, com especial relevo para o petróleo, no entanto, vários autores apontam as reservas disponíveis deste recurso energético como limitadas [146].

Esta evolução trouxe muitos benefícios à humanidade, mas também por consequência desse avanço, vieram os prejuízos e desequilíbrios ao meio ambiente e se tornou uma preocupação mundial, que é frequentemente discutida por vários países.

Segundo Dias [47], os problemas ambientais surgiram desde os primórdios da espécie humana, e com o passar do tempo e o avanço industrial, tecnológico e a globalização, esses problemas passaram a ter enormes proporções e a servir de alerta para os humanos, pois diariamente esta questão é abordada nos noticiários.

A figura 1 apresenta uma síntese dos principais acontecimentos relacionados com a preocupação com o meio ambiente e com o desenvolvimento sustentável.

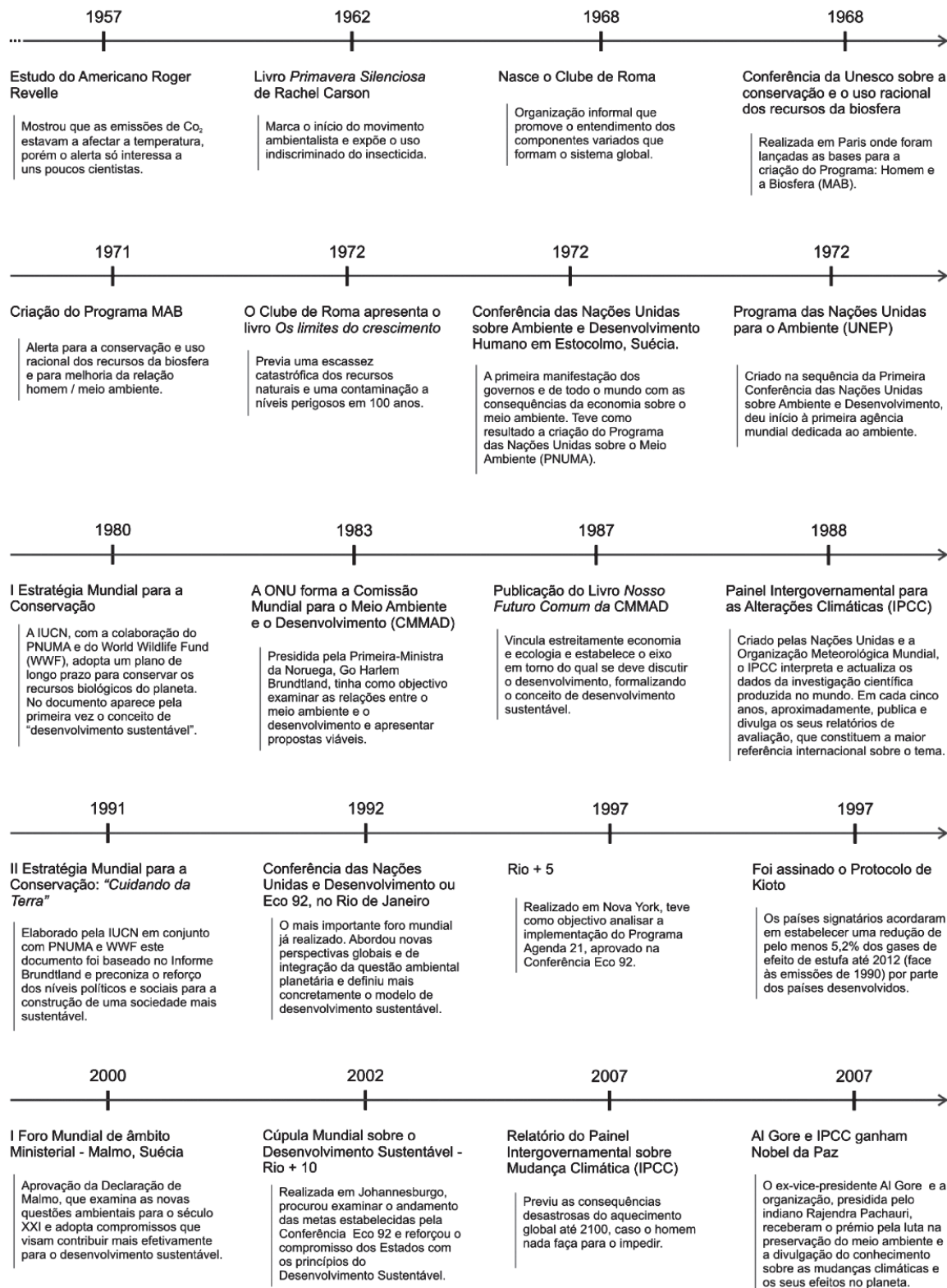


Figura 1 - Principais acontecimentos relacionados com o desenvolvimento sustentável [117]

O desenvolvimento sustentável é um conceito muito mais lato do que o da proteção do ambiente. Implica a preocupação pelas gerações futuras e a manutenção ou melhoria da salubridade e integridade do ambiente a longo prazo. Inclui as preocupações com a qualidade de vida, e não só o crescimento económico, a equidade entre pessoas no presente, a prevenção da pobreza, a equidade entre as gerações e preocupações com as problemáticas sociais, sanitárias e éticas do bem-estar humano. Implica, ainda, que só deverá haver um maior desenvolvimento se este se situar dentro dos limites necessários ao equilíbrio dos sistemas natural e artificial [119]. Na figura 2, Silva apresenta em esquema os objetivos do desenvolvimento sustentável.

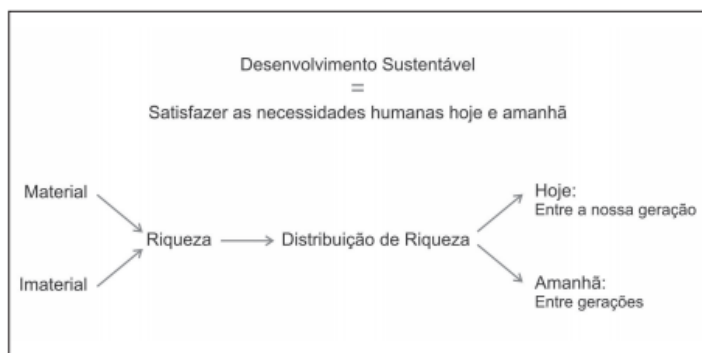


Figura 2 – Objetivos do desenvolvimento sustentável [117]

A preocupação com o desenvolvimento sustentável [108] começou a surgir quando as ações do Homem estavam a pôr em causa a sobrevivência da humanidade, ao nível das dimensões ambientais, económicas e sociais, de modo a preservar as gerações futuras, para que as mesmas tenham as oportunidades das gerações presentes de satisfazerem as suas próprias necessidades.

O termo desenvolvimento sustentável apresenta pontos básicos que se devem considerar de forma harmoniosa, não só o crescimento económico como a qualidade de vida, a equidade entre as pessoas no presente tendo "atenção" à prevenção da pobreza, ou seja, manter uma equidade entre as gerações do futuro com a prevenção do ambiente, além das preocupações com as problemáticas sociais, sanitárias e éticas do bem-estar humano [19]. Com o desenvolvimento sustentável, pretende-se que este contribua para a racionalização do uso dos recursos ao longo do tempo, a curto e longo prazo, procurando uma equidade a nível social, uma eficiência a nível económico e uma prudência ecológica a nível ambiental.

O Relatório Brundtland foi crucial para a mudança de paradigma, sendo compreendido como o equilíbrio e a convivência harmoniosa entre três pilares fundamentais: económica, social e ambiental, representados na figura 3.

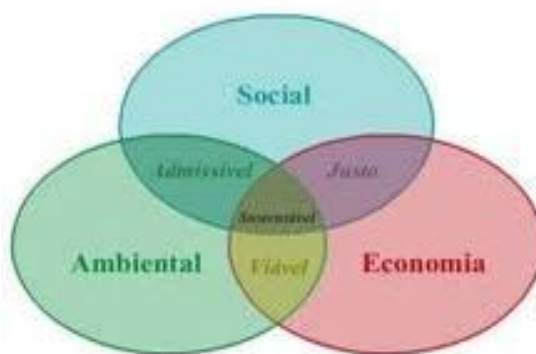


Figura 3 - Três vertentes do desenvolvimento sustentável [119]

O conceito de Sustentabilidade, assim como o seu objeto de estudo, tem evoluído e têm-se alterado nas últimas duas décadas. Na tabela 1, [169] representa-se a evolução do conceito de sustentabilidade.

<p><b>EM 1987,</b></p> <p>um dos primeiros grupos a discutir o seu significado foi o World Commission of Environment and Development, que o definiu por: “Meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (Ir ao encontro das carências presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras em irem ao encontro das suas próprias necessidades).</p>
<p><b>NO INICIO DA DÉCADA DE NOVENTA,</b></p> <p>o interesse era dedicado à resolução do problema dos recursos limitados e, em particular, à questão energética; assim como, à redução do impacto da construção no ambiente natural. Cresce o interesse pela incorporação de matérias sustentáveis na construção.</p>
<p><b>A MEIO DA DÉCADA DE NOVENTA,</b></p> <p>o estudo dedica-se a assunto mais técnicos, associados à construção, nomeadamente de componentes do edifício; tecnologias de construção; consumo de energia relacionada com conceitos, etc.</p>
<p><b>NO FINAL DA DÉCADA DE NOVENTA,</b></p> <p>passou a ter importância: o ciclo de vida do material de construção (a pré-construção, a construção e a pós-construção, mas também o seu impacto ambiental, os riscos para a saúde, etc.); o tempo de vida dos componentes do edifício (revestimento, por ex.); no projeto, procura-se um planeamento flexível do espaço, que possa incorporar outras funções no futuro.</p>
<p><b>NO INÍCIO DA ACTUAL ÉPOCA,</b></p> <p>Sustentabilidade para além da analogia com o espaço verde, passa a incluir o espaço social e a relação de vizinhança (neighbourhood) na comunidade. Interessa a aplicação do conceito de qualidade nos espaços comunitário (Não só em termos arquitetónicos, mas também de qualidade de vida), o que, sem dúvida, tem impacto na cidade e no seu crescimento não fragmentado. Por outro lado, passa a ser contabilizado o footprint de cada pessoa. Ou seja, o impacto em termos de CO<sub>2</sub>, da construção, dos materiais, da duração do projeto, das viagens efetuadas, do consumo realizado, do modo de vida, etc.</p>
<p><b>ACTUALMENTE,</b></p> <p>a definição de sustentabilidade torna-se ainda mais abrangente e relaciona também temas mais cruciais, tais como: sustentabilidade económica e social; sustentabilidade do património cultural; assim como desenvolvimento sustentável, entre outros.</p>

Tabela 1 - Evolução do conceito de sustentabilidade [169]

Como referido anteriormente, o conceito de desenvolvimento sustentável abrange várias áreas, assentando essencialmente num ponto de equilíbrio entre o crescimento económico, equidade social e a proteção do ambiente.

Neste conjunto de componentes, a que apresenta uma maior fragilidade é a dimensão ambiental, uma vez que o ambiente nem sempre é respeitado pela sociedade, sendo regularmente agredido por resíduos sem qualquer preocupação das repercussões no futuro. No oposto, a dimensão que apresenta um maior desenvolvimento é ao nível económico, uma vez que esta participa no Produto Interno Bruto (PIB) e gere o número de postos de trabalho, que torna assim a dimensão social a mais equilibrada das três vertentes do desenvolvimento sustentável.

Porém, verifica-se uma assimetria entre as dimensões pois o Homem desvaloriza a importância de um equilíbrio ambiental em comparação às demais dimensões, o que revela uma consequência séria a curto prazo da sobrevivência das gerações futuras [18].

Atingir o desenvolvimento sustentável, requer a integração das suas componentes, económica, ambiental e social, [48] a todos os níveis, o que é facilitado através do diálogo global contínuo e desenvolvimento de ações em parceria, focalizadas em áreas chave do Desenvolvimento Sustentável.

Assegurar a sustentabilidade da Humanidade ao longo do tempo significa manter o equilíbrio entre os pilares ambiental, social e económico através da articulação de uma economia evoluída com uma sociedade mais equitativa, protegendo e melhorando a produtividade dos recursos naturais e ao mesmo tempo dissociar o crescimento económico da degradação do ambiente [48].

As principais componentes de aplicação a nível nacional e que integram o conceito de desenvolvimento sustentável na atualidade são [169]:

- arquitetura e construção sustentável, com incorporação de componentes passivas e ativas, técnicas construtivas sustentáveis, materiais ecológicos, etc;
- consumo equilibrado quer em termos de alimento, quer de bens de consumo;
- desenvolvimento rural e urbano sustentável;
- diminuir o impacto ambiental e assumir a gestão integrada de desperdício e de resíduos;
- encurtar as distâncias entre a produção e o consumidor final;
- implementação da Agenda 21, a nível local;

- integrar e racionalizar sistemas de produção de energias renováveis e endógenas;
- integrar sistemas de controlo e eficiência energética, indicadores de consumo e de racionalização;
- melhorar a qualidade de vida local;
- preservar a diversidade biológica e aquática, dos sistemas ambientais, paisagísticos e biodiversidade otimizando os recursos naturais e assegurando a gestão integrada da água;
- preservar e compreender os sistemas humanos e sociais.

### **2.2.1 - Relatório Brundtland**

O Relatório Brundtland é o documento intitulado “Our Common Future”, publicado em 1987, no qual o desenvolvimento sustentável é concebido como “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. O Relatório Brundtland, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, faz parte de uma série de iniciativas, anteriores à Agenda 21, as quais reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e que ressalta os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas. O relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes e introduz o desenvolvimento sustentável na agenda política internacional, afirmando que o ambiente e o desenvolvimento económico não podem ser dissociados.

Ficou claro, nessa nova visão das relações homem - meio ambiente, que não existe apenas um limite mínimo para o bem-estar da sociedade, há também um limite máximo para a utilização dos recursos naturais, de modo que sejam preservados [108].

Segundo o Relatório da Comissão Brundtland [108], uma série de medidas devem ser tomadas pelos países para promover o desenvolvimento sustentável. Entre elas:

- adoção de estratégias de desenvolvimento sustentável pelas organizações de desenvolvimento (órgãos e instituições internacionais de financiamento);
- atendimento das necessidades básicas (saúde, escola, moradia).
- aumento da produção industrial nos países não industrializados com base em tecnologias

ecologicamente adaptadas;

- controlo da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;
- garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) a longo prazo;
- limitação do crescimento populacional;

No âmbito internacional, as metas propostas são:

- preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- proteção dos ecossistemas supranacionais como a Antártica, oceanos, etc, pela comunidade internacional;
- um programa de desenvolvimento sustentável pela Organização das Nações Unidas (ONU).

Outras medidas para a execução de um programa minimamente adequado de desenvolvimento sustentável são [108]:

- aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica;
- consumo racional de água e de alimentos;
- reciclagem de materiais;
- redução do uso de produtos químicos prejudiciais à saúde na produção de alimentos.
- reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais;
- uso de novos materiais na construção;

### **2.2.2 - Cimeira da Terra e Agenda 21**

A Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD) realizada em 1992 no Rio de Janeiro usualmente conhecida por ECO-92 ou Rio-92 ou Cúpula ou Cimeira da Terra. Resultaram desta cimeira dois importantes documentos: a Carta da Terra (também conhecida como Declaração do Rio) e a Agenda 21 [72].

A Declaração do Rio visa entre outros aspetos, estabelecer acordos que respeitem os interesses de todos e protejam a integridade do sistema global de ecologia e desenvolvimento [155].

O segundo documento, a Agenda 21, procura preparar o mundo para os desafios do próximo século. Reflete o consenso global e o compromisso político no seu mais alto nível, objetivando o desenvolvimento e o compromisso ambiental. Um ponto de extrema relevância para a implementação bem-sucedida desta Agenda é a necessidade de responsabilizar os governos. A Agenda 21 assume a necessidade de integrar questões ambientais na decisão política sugerindo instrumentos de planeamento e avaliação de visão integrada [3].

Deste modo, os princípios da Agenda 21 constituem um documento orientador dos governos, das organizações e da sociedade civil, com o objetivo de conseguir o desenvolvimento sustentável. A intenção é envolver as instituições e os vários sectores da comunidade, na elaboração de um Plano de Acção, de forma a promover a sustentabilidade.

Esses programas estão subdivididos em capítulos que tratam dos seguintes problemas: atmosfera, recursos da terra, agricultura sustentável, desertificação, floresta, biodiversidade, biotecnologia, mudanças climáticas, oceanos, meio ambiente marinho, água potável, resíduos sólidos e tóxicos, entre outros [3].

Em suma, uma das mais importantes contribuições de toda esta evolução da questão ambiental foi a necessidade de maior integração e o estreitamento de relações entre desenvolvimento e meio ambiente, que por sua vez, auxiliou no aparecimento do termo desenvolvimento sustentável, cujo principal objetivo é a busca conjunta do desenvolvimento económico e da preservação do meio ambiente.

### **2.2.3 - Agenda 21 local**

A Agenda 21 Local (A21L), reafirma a nível local os objetivos e os princípios presentes na Agenda 21. Os protagonistas convocados para esta tarefa são inúmeros: governos centrais, administrações locais, associações, grupos de interesse, ONG e todos os atores sociais que, de alguma forma, partilhem interesses e preocupações crescentes sobre a integração do ambiente e do desenvolvimento que conduzirá ao preenchimento de necessidades básicas, a melhores níveis de vida para todos, a ecossistemas mais bem protegidos e geridos e a um futuro mais seguro e próspero [3].

A A21L constitui, afinal, a implementação num território específico dos objetivos do desenvolvimento sustentável, esperando-se que as autarquias trabalhem em parceria com todos os atores da comunidade. Neste âmbito, o desenvolvimento sustentável surge como a verdadeira razão de ser de uma A21L, com a finalidade última de um programa de orientação estratégica de ação coletiva, em que o nível de governação local ganha uma importância acrescida pela possibilidade de contacto imediato aos problemas e pela proximidade às populações e a todos os parceiros locais que importa cativar para as causas da sustentabilidade dos respetivos territórios.

Segundo Borg, [14] a Agenda 21 Local é um processo participativo, multisectorial, que visa atingir os objetivos da Agenda 21 ao nível local, através da preparação e implementação de um plano de ação estratégico de longo prazo dirigido às prioridades locais para o desenvolvimento sustentável.

Cada poder local deverá entrar em diálogo com os seus cidadãos, organizações locais e empresas privadas e deverá adotar uma A21L. Através de processos consultivos e de estabelecimento de consensos, os poderes locais deverão aprender com os cidadãos e com as organizações locais, cívicas, comunitárias, comerciais e industriais e adquirir a informação necessária para elaborar melhores estratégias. O processo de consulta deverá aumentar a consciencialização familiar em questões de desenvolvimento sustentável [3].

De uma forma mais simples, pode dizer-se que a A21L é um processo no qual as autoridades trabalham com a restante comunidade na elaboração de uma estratégia conjunta e na aplicação de projetos com vista à melhoria da qualidade de vida ao nível local.

## 2.3 - Construção sustentável

---

Entende-se por construção sustentável todo o sistema construtivo que possibilite uma economia de recursos materiais e energéticos, respondendo satisfatoriamente às exigências técnicas, sociais e artísticas, proporcionando a curto ou longo prazo, um equilíbrio energético do edifício [15].

O conceito de construção sustentável, cuja definição e enquadramento também foi evoluindo ao longo dos anos, enfatiza a boa gestão do ambiente construído através da eficiência energética e da redução inteligente dos recursos naturais. Na década de 90 do século passado, Charles Kibert definiu cinco princípios fundamentais da construção sustentável [55]:

- reduzir o consumo dos recursos;
- reutilizar os recursos sempre que possível;
- reciclar materiais em fim de vida do edifício e usar recursos recicláveis;
- proteger os sistemas naturais e a sua função em todas as atividades;
- eliminar os materiais tóxicos e os subprodutos em todas as fases do ciclo de vida.

Na figura 4 apresenta-se as prioridades que devem ser consideradas num projeto de construção sustentável.



Figura 4 - Prioridades a considerar no projeto de uma construção sustentável [103]

Na atual conjuntura, ao sector da construção são exigidos novos desafios e implementação de novas estratégias de ação mais sustentáveis e adequadas à preservação dos recursos ambientais. Este tipo de construção exige ações de todos os intervenientes nas diversas fases do projeto e visam o desenvolvimento sustentável como é representado na figura 5.

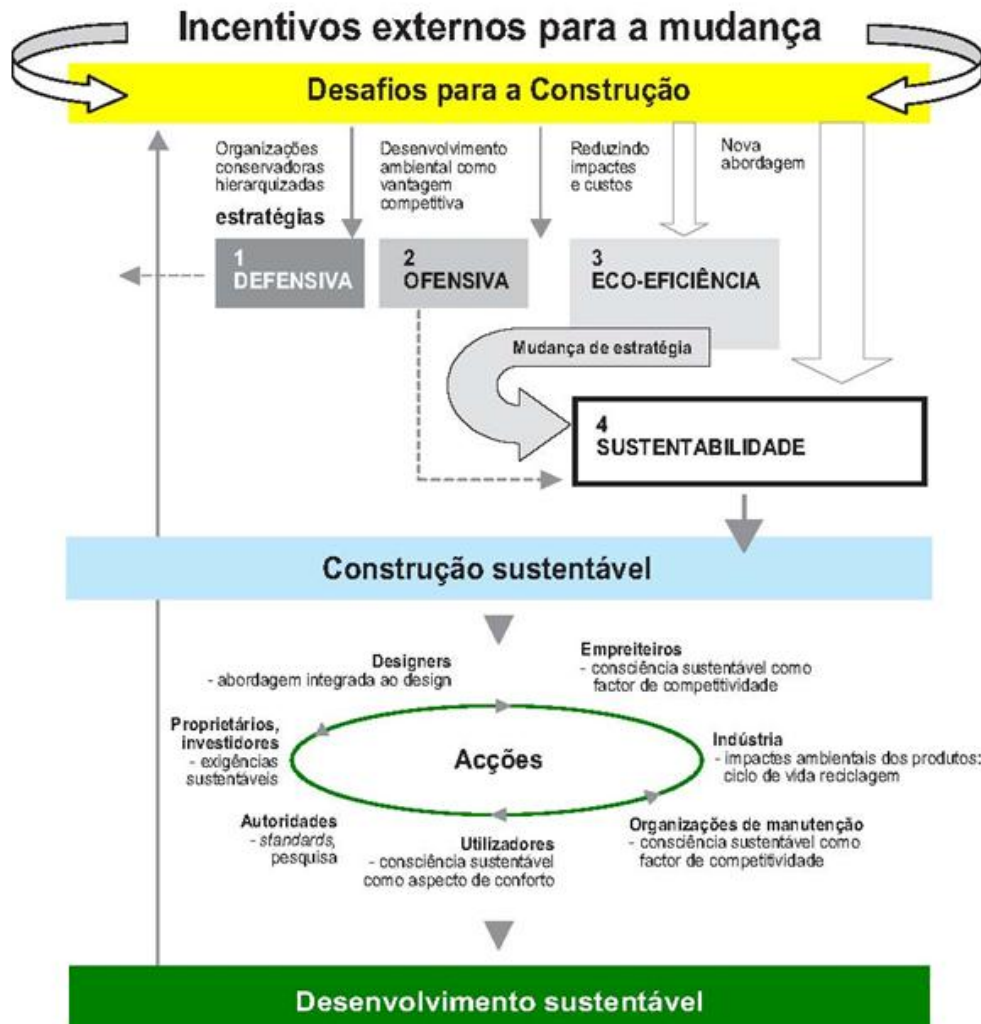


Figura 5 - Incentivos externos para a mudança de paradigma [119]

### 2.3.1 - Construção tradicional versus construção sustentável

Os fatores tradicionalmente considerados competitivos na indústria da construção são: a qualidade, o tempo e o custo (figura 6). Com este novo conceito, a tendência de serem alterados de modo a cumprir os critérios propostos é objetiva.

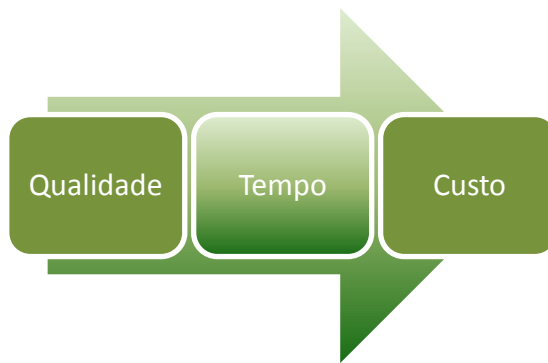


Figura 6 - Aspectos competitivos na construção tradicional

Numa construção tradicional, esta só era competitiva se usufrísse do nível de qualidade exigido pelo projeto, se utilizasse sistemas construtivos que otimizassem a produtividade durante a fase de construção e que, por consequência, conduzisse à diminuição do período de construção, permitindo uma maior rapidez na recuperação de investimento, sem alterar os custos da construção.

Com a preocupação da preservação dos recursos naturais a construção civil sofreu uma evolução com o desafio de se tornar mais sustentável como representado na figura 7.

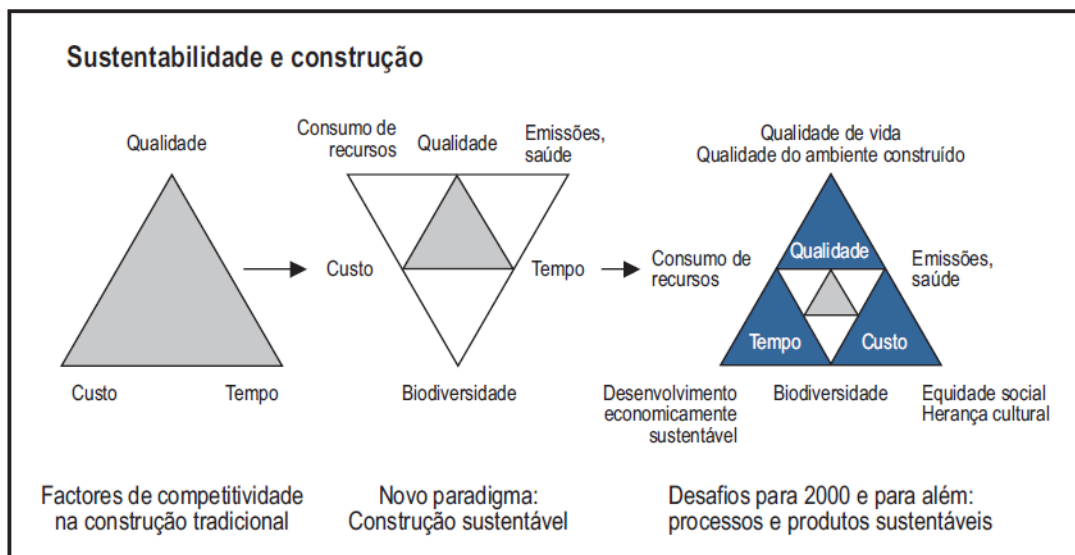


Figura 7 - Evolução das preocupações no sector da construção civil [122]

A tabela 2 sintetiza as finalidades ecológicas que podem ser colocadas em prática nos edifícios, no entanto, estas devem ser tratadas desde o projeto de construção, passando pela vida útil até por último à demolição do prédio.

<b>PRIORIDADES PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poupar a energia por meio de isolamento térmico, janelas de alto desempenho, iluminação natural, recursos renováveis de geração de energia e equipamentos de baixo consumo;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reciclar construções já existentes aproveitando as suas infraestruturas, em vez de ocupar novos espaços;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pensar em termos de comunidade. Considerar o transporte público, facilitar o trânsito de peões e de bicicletas;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuir o consumo de material. Otimizar o projeto para aproveitar espaços reduzidos e utilizar materiais com eficiência. Diminuir o desperdício também reduz os custos;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preservar ou restaurar os ecossistemas e a biodiversidade. Nas áreas ecologicamente prejudicadas, procurar reintroduzir as espécies nativas. Proteger as árvores e a camada superior do solo durante a obra;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escolher materiais de baixo impacto. Alguns materiais, como os que destroem a camada de ozono, continuam a poluir durante o seu uso, enquanto outros têm um forte impacto ambiental na hora de demolição;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projectar com a durabilidade e adaptabilidade. Quanto mais tempo uma construção dura, maior o período durante o qual o seu impacto ambiental pode ser amortizado. Projetar uma edificação adaptável, principalmente se ela tiver propósitos comerciais;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poupar água. Instalar mecanismos e equipamentos de baixo consumo. Coletar e utilizar a água da chuva. Separar a água de pias e chuveiros e reutilizar na irrigação de jardins;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Criar um ambiente interno seguro e confortável, garantindo a saúde de seus ocupantes. Permitir que a luz do dia penetre no maior número possível de ambientes, providenciar ventilação contínua;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar o desperdício de construção e demolição. A separação e a reciclagem compensam economicamente;</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizar o impacto ambiental na construção desde da fase de projeto, fase de construção, fase de utilização e fase de demolição. Como utilizar papel reciclável, usar o projeto para educar clientes, colegas, prestadores de serviços e o público em geral sobre o impacto ambiental das edificações e como diminuí-lo.</li> </ul>

Tabela 2 - Prioridades para construção sustentável [119]

A atividade da construção em Portugal e na restante Europa é uma construção com características de construção tradicional como se pode observar na figura 8.



Figura 8 - Casas de construção tradicional

As fases de ciclo de vida de um edifício na construção tradicional são: o projeto, a construção, a operação ou utilização e demolição; estas fases são as grandes responsáveis dos impactes ambientais e escassez dos recursos naturais.

De entre os vários sectores de atividade da nossa sociedade, o sector da construção, não apenas na sua fase de operacionalização (utilização do edifício), mas considerando também a sua fase de obra (construção propriamente dita) tem sérias responsabilidades no que respeita ao impacte ambiental negativo que lhe está adjacente. De entre os vários impactes, salientam-se: a produção de resíduos, o consumo de energia, emissões de CO<sub>2</sub> e consumo de recursos naturais. Segundo a Agenda 21 para a Construção Sustentável, só durante a fase de construção são consumidos cerca de 50% dos recursos naturais, produzidos mais de 50% dos resíduos, consumida mais de 40% de energia (nos países industrializados, sendo em Portugal cerca de 20% da energia total do país) e produzidas cerca de 30% das emissões de CO<sub>2</sub> [125].

Na figura 9 apresenta-se as fases do ciclo de vida de uma construção e as dimensões inerentes.

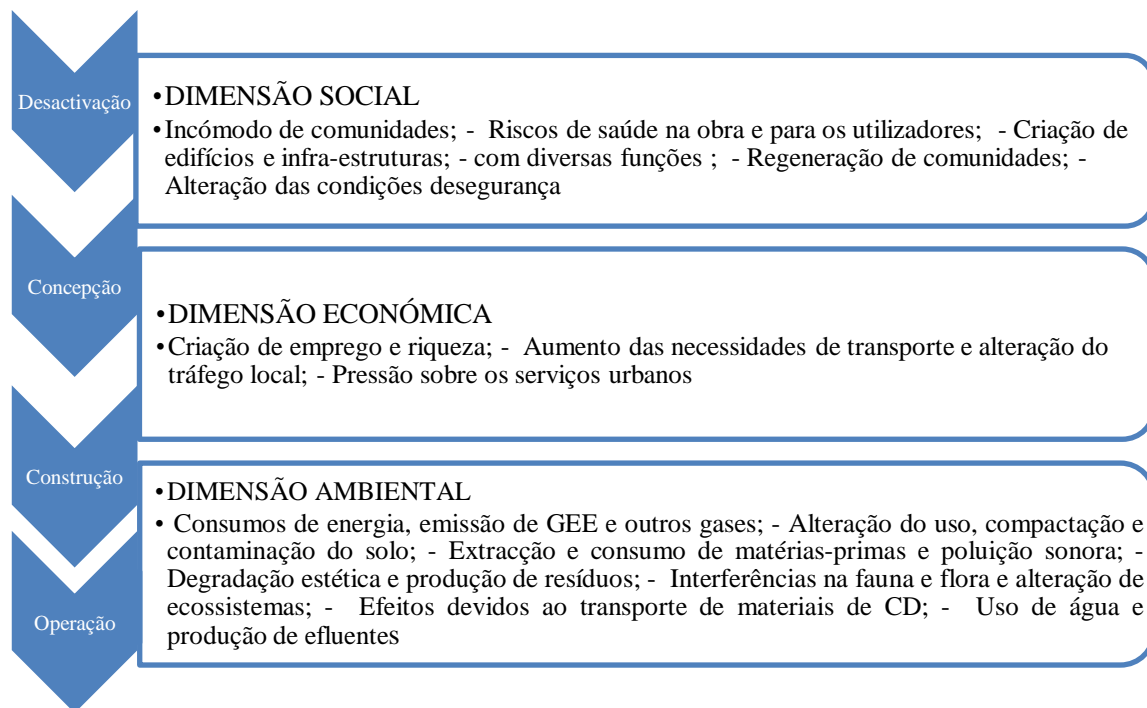


Figura 9 - Fases do ciclo de vida de uma construção [122]

Na fase que corresponde ao projeto de um edifício, não há um planeamento e uma ordenação do território onde o projeto se vai inserir/projetar, um projeto arquitetónico adequado ao terreno onde se vai implementá-lo e, por fim, não são projetadas soluções construtivas que ofereçam resoluções de racionalização e economia dos materiais, energia, água e qualidade de vida aos seus usuários.

Na construção, fase que corresponde à execução do projeto, na forma mais tradicional há um excessivo gasto de consumo de recursos, uma pressão sobre o território (solo, ecossistemas, aquíferas, etc.), o ruído e poeiras a má impermeabilização de solos que provoca fortes impactes ambientais. Durante a utilização do edifício, construído de forma tradicional, este vai apresentar grandes consumos no que respeita à energia e emissões atmosféricas, no consumo de água e produção de efluentes, na produção de resíduos (embalagens, etc.) e também pelos impactes associados à mobilidade (transporte de resíduos para vazadouros).

Por último, no que respeita à desconstrução de um edifício ou obra, esta etapa resulta de uma grande produção de resíduos (RCD), alguns materiais provenientes da demolição podem provocar a contaminação e exposição de solos à erosão, as poeiras resultantes deste trabalho podem provocar doenças às pessoas expostas a este tipo de intervenções, a circulação de veículos para o transporte e demolição de edifícios libertam um composto tóxico, o CO<sub>2</sub> [124].

Tendo em conta a presente situação da atividade da construção do país e, tendo em vista a necessidade de implementar a sustentabilidade, devem estar sempre presentes os aspetos

ambientais, sociais, culturais e económicas, numa ótica da qualidade global. Numa perspetiva de maior sustentabilidade para a construção civil, os autores Reaes Pinto e Marques Inácio [135], apresentam linhas gerais de uma estratégia nacional de aplicação, com a participação de diferentes atores.

No estudo dos princípios de sustentabilidade, estes devem ter uma gestão criteriosa dos recursos naturais da preservação da degradação ambiental e num ambiente saudável, como uma equidade social e pelas condicionantes económicas do meio construído e não construído. Por outras palavras, a sustentabilidade da construção deve acompanhar todo o ciclo de vida da construção de uma obra.

Além dos 5 princípios básicos da Construção Sustentável referidos por Kibert [87], existem características básicas a serem cumpridas ao longo do ciclo de vida de uma construção. O ciclo de vida de um edifício, segundo a construção sustentável, é a conceção, o projeto, a execução em obra, a utilização e a manutenção até ao fim do ciclo de vida do edifício e à respetiva desconstrução.

A construção sustentável tem que ter as seguintes características no ciclo de vida de uma obra [119]:

1. Fase de conceção/projeto

- gestão sustentável da implantação da obra;
- ocupação mínima de terreno e integração ao meio ambiente natural;
- não provocar ou reduzir impactos em torno - paisagem, ventilação e temperatura;
- adaptar as necessidades atuais e futuras dos usuários;

2. Fase de execução/construção

- consumo mínimo da quantidade de energia e de água na implantação;
- uso de matérias-primas eco eficientes;
- produzir o mínimo de resíduos e contaminação;
- sistemas de aquecimento solar de água (AQS);
- tratamento de águas residuais, que utilizam os sistemas de filtros e drenagem que minimizam e melhoram o consumo;
- eficiência energética (aproveitamento de fontes de energia renováveis como a eólica - vento - e a solar);

### 3. Fase de utilização/manutenção

- consumo mínimo da quantidade de energia e água ao longo da sua vida útil;
- produção mínima de resíduos;
- criação de um ambiente interior saudável;

### 4. Fase de desconstrução / demolição

## 2.3.2 - Impacte ambiental da construção

A construção de edifícios e espaços envolventes para colmatar as necessidades humanas provocam impactos: nos recursos de matérias-primas, nas emissões de gases poluentes, nas cargas sobre o solo e nos ambientes construídos e por fim de uma forma indireta nos ambientes naturais [122]. Segundo Mateus [103] o ambiente construído (artificial) está introduzido no sistema do meio ambiente e existe uma relação de interdependência entre estes dois ambientes na construção.

Um novo rumo para o sector da construção em Portugal é urgente, pela necessidade de um reordenamento do território com base num planeamento urbano adequado e de tornar a construção mais eficiente do ponto de vista da conservação de energia, indo ao encontro dos compromissos assumidos por Portugal e pela União Europeia no âmbito do Protocolo de Quioto e do desenvolvimento sustentável [125].

Os impactes ambientais inerentes à construção de um edifício são muitos e podem estar dissociados em três fases distintas [119]:

- no consumo de recursos para a construção e funcionamento do edifício;
- durante a utilização do edifício;
- na produção de resíduos pela sua utilização ou na fase final da vida útil do edifício, a desativação.

Por impacte ambiental entende-se o conjunto das alterações favoráveis e desfavoráveis produzidas em parâmetros ambientais e sociais, num determinado período de tempo e numa determinada área, resultantes da realização de um projeto, comparadas com a situação que ocorreria, nesse período de tempo e nessa área, se esse projeto não viesse a ter lugar [122].

Os efeitos destas atividades podem ter consequências negativas ou positivas. No entanto, os efeitos decorrentes não são exclusivamente negativos ou positivos. Por exemplo, a fase de obra, é muitas

vezes associada a impactes negativos, incluindo incómodos para a população, mas pode também gerar emprego, o que é um impacto significativamente positivo [121]. A distribuição dos gastos energéticos na construção de um edifício está sintetizada na tabela 3.

<b>ENERGIA NA EDIFICAÇÃO</b>	
<b>Materiais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo energético primário PEC (energia incorporada)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo direto (extração de matérias primas e processo de fabrico)</li> <li>- Consumo indireto (consumo da unidade de produção)</li> <li>- Transporte das matérias-primas</li> </ul> </li> <li>• Transportes de produtos acabados</li> </ul>
<b>Construção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo energético da obra               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo com equipamentos</li> <li>- Consumo de mão-de-obra</li> </ul> </li> <li>• Consumos indiretos               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Transporte de funcionários</li> <li>- Transporte de equipamentos</li> <li>- Fabrico e manutenção dos equipamentos</li> </ul> </li> </ul>
<b>Utilização</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manutenção               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpeza</li> <li>- Restauro</li> </ul> </li> <li>• Conforto               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Iluminação</li> <li>- Climatização</li> <li>- Ventilação</li> </ul> </li> </ul>
<b>Demolição</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desmantelamento</li> <li>• Transporte dos materiais para aterro ou reciclagem</li> </ul>

Tabela 3 - Distribuição dos gastos energéticos na construção de um edifício [119]

A construção civil é uma atividade económica com efeitos nocivos ao meio ambiente, por contribuir para a redução dos recursos naturais, o consumo de energia, a poluição do ar, alteração do uso do solo e o consumo de água, além de produzir grande quantidade de resíduos nas diferentes etapas nas fases do ciclo vida de um edifício. A tabela 4, expõe os descritores inerentes na construção civil e os respetivos aspetos ambientais e as consequências destes no meio ambiente (impactes ambientais) [4].

Descritor	Aspeto Ambiental	Impacte Ambiental
<b>Qualidade da Água</b>	- consumo de água - produção de águas residuais - potencial afetação de captações e cursos de água	- consumo de recursos hídricos - contaminação dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais
<b>Solos</b>	- potencial derrame de substâncias indesejáveis/perigosas (óleos, combustíveis, lubrificantes, produtos químicos) - instalações/Obras em áreas protegidas (RAN <sub>1</sub> , REN <sub>2</sub> , Rede Natura 2000 <sub>3</sub> ) - distribuição de coberto natural	- contaminação/afetação dos solos
<b>Qualidade do Ar</b>	- emissões de poeiras (partículas totais em suspensão – SST) e poluentes gasosos (CO, NO <sub>x</sub> ) para a atmosfera - emissões gasosas da pintura, corte, soldadura	- redução da qualidade do ar
<b>Ruído</b>	- emissão de ruído envolvente, proveniente de equipamentos (máquinas compressores), da movimentação de veículos e/ou uso de explosivos	- ruído ambiental
<b>Resíduos</b>	- produção de terras excedentárias - produção de vários tipos de resíduos de obra e atividades auxiliares como manutenção (rejeitados, sucata, madeira, óleos usados, baterias, pneus) - produção de resíduos sólidos urbanos	- produção de resíduos
<b>Energia</b>	- consumo energético	- consumo energético
<b>Recursos Biológicos</b>	- potencial afetação de espécies protegidas (flora e fauna)	- afetação de espécies protegidas
<b>Sócio Economia</b>	- condicionantes em termos de mobilidade, acessibilidade, vibração e ruído	- incómodos e riscos associados
<p><sup>1</sup> RAN – Reserva Agrícola Nacional  <sup>2</sup> REN – Reserva Ecológica Nacional  <sup>3</sup> Rede Natura 2000 – Rede ecológica europeia de zonas especiais de conservação (conjunto de sítios de interesse comunitário, através da conservação dos <i>habitats</i> naturais e da fauna e da flora selvagens do território da UE)</p>		

Tabela 4 - Aspetos e impactes ambientais em obra [12]

Os impactes ambientais de uma edificação podem ser analisados de diversas maneiras [96]:

- pela ocupação de um espaço natural, interferindo com os ecossistemas locais;
- pela obtenção, transformação e aplicação das matérias-primas e da energia inerente (na sua maioria são recursos ambientais não renováveis);
- ao gerar, direta e indiretamente, grandes quantidades de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) associados com a sua construção, operação e demolição (figura 10).



Figura 10 - Resíduos provenientes de Obra [12]

A estratégia a adotar para minimizar os impactos ambientais (figura 11) numa edificação é a escolha correta dos materiais na construção, sendo este um fator importante para evitar a ocorrência de impactos ambientais em edifício e tornar os projetos mais sustentáveis devido à escolha correta dos materiais [96]. Uma vez que, para certos materiais como, por exemplo o cimento e a areia, entre outros, provocam uma extensa cadeia de impactos desde a iniciação da sua extração, seguindo o processamento e finalizando com a entrega dos materiais no local de construção.

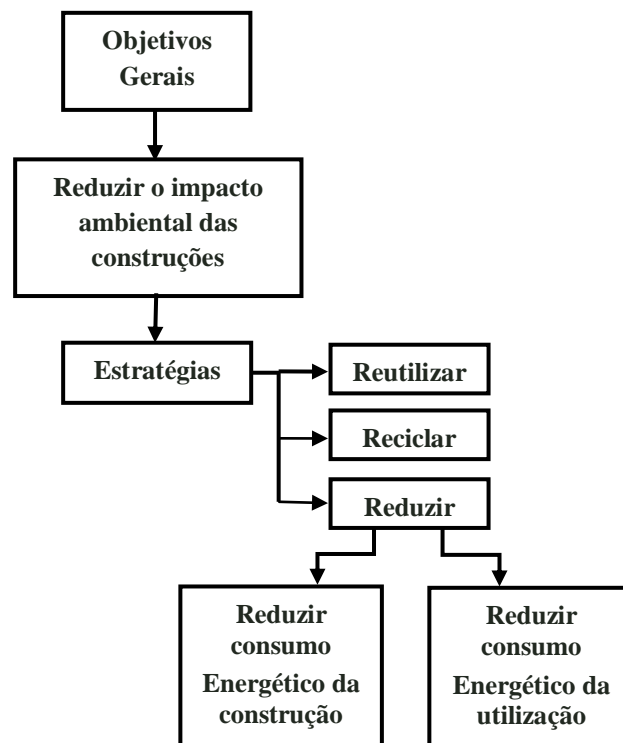


Figura 11 - Estratégias para minimizar os impactos ambientais

Em resposta à redução dos Impactes ambientais, a construção sustentável baseia-se em estratégias de modo a minimizar os Impactes a partir da política dos três R's, a reutilização, a reciclagem e a redução (figura 11) construção e utilização, pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, na utilização de materiais recicláveis e reutilizáveis. No caso dos resíduos de construção e demolição, se estes forem separados, classificados e adequadamente limpos, podem ser transformados em agregados secundários prontos para serem utilizados em aterros ou em betonagens de baixa resistência [4].

A tabela seguinte apresenta exemplos de estratégias de sustentabilidade na construção de edifícios.

<b>SUSTENTABILIDADE</b>	
<b>Área</b>	<b>Exemplo de estratégias</b>
<b>Energia</b>	Energias renováveis, eficiência energética, aproveitamento das energias naturais (solar, ventilação natural).
<b>Água</b>	Racionalização e eficiência no uso, reaproveitamento da água cinza dos edifícios, armazenamento e utilização da água das chuvas, tratamento dos resíduos líquidos.
<b>Transporte</b>	Combustíveis alternativos, transportes alternativos (bicicletas), transportes comunitários, parques permeáveis, utilização de materiais produzidos localmente.
<b>Uso do solo</b>	Áreas com infraestruturas existentes, revitalização de áreas contaminadas ou degradadas, permeabilização do solo, controlo da erosão, redução da ilha de calor.
<b>Ecologia</b>	Proteção das áreas verdes, redução da área de implantação do edifício, preservação ou revitalização da fauna e flora local.
<b>Materiais</b>	Utilização de materiais reciclados, reutilização de materiais acabados, materiais com níveis seguros de emissões gasosas tóxicas, reutilização de edifícios, plano de manutenção.

Tabela 5- Estratégias de sustentabilidade na construção de edifícios [119]

3



GESTÃO DE ENERGIA





### 3.1 - Enquadramento

---

Na pré-história, [169] as construções não passavam de meros abrigos de chuva e das intempéries, ou de redutos defensivos, face às investidas dos inimigos. As condicionantes ambientais no seu interior eram, todavia, muito similares às prevaletentes no seu exterior.

A observação apurada da natureza envolvente e a sucessão cíclica das estações do ano permitiu ao homem primitivo reconhecer o sol como elemento nuclear de todos os fenómenos naturais.

Ao longo de séculos as sociedades têm feito uma utilização massificada e indiscriminada de combustíveis fósseis. Com a primeira crise energética, [107] e [16] no início da década de 70, a energia passou a ser vista como um bem escasso ou, pelo menos, não inesgotável e que temos assistido, a um profundo trabalho de investigação em torno das potencialidades da energia renovável.

Volvidos mais de 30 anos sobre a crise energética da década de 70, assume-se, hoje, frontalmente, que o elevado consumo energético mundial constitui a principal força motora por detrás de problemas ambientais relacionados com alterações climatéricas e questões da qualidade do ar. Procura-se, tendo como base políticas energéticas à escala global, melhorar a eficiência na produção e consumo de energia. Fala-se hoje em gestão energético-ambiental. Esta visão conjunta do problema transmite, como ideia-chave, [169] o princípio de que não é possível dissociarmos energia de ambiente, e que qualquer intervenção, no domínio dos recursos energéticos, se deve fazer em equilíbrio com o ambiente, isto é, de forma sustentável.

### 3.2 - Arquitetura bioclimática

---

O conceito de “*arquitetura solar passiva*” ou “*arquitetura bioclimática*”, que ao longo das últimas décadas tem sido atribuída a determinado tipo de arquitetura, pode ser definida como uma arquitetura que, na sua conceção, aborda o clima como uma variável importante no projeto, relevando o sol, na sua interação com o edifício, para um papel fundamental no mesmo. Assim, mais importante que a denominação, são os princípios, os conceitos fundamentais, um conjunto de regras simples, que mais não visam compreender quais as variáveis climáticas existentes no local, sol, vento, água, e como essas variáveis podem interagir com o edifício de forma positiva e propiciar as condições de conforto térmico adequadas a cada espaço [66].

A arquitetura bioclimática, também designada de solar passiva é energeticamente mais eficiente, logo poderá beneficiar a classe energética do edifício pela sua minimização de necessidades de

energia para climatização. Os conceitos passivos não encarecem a construção, pois trata-se essencialmente do aproveitamento do sol e do vento para a melhoria do desempenho térmico do edifício [169].

Este tipo de arquitetura aliada à utilização das energias renováveis e de equipamentos energéticos eficientes poderá ser mais compensadora na redução dos consumos energéticos e consequentemente, na redução da dependência energética [11].

### **3.2.1 - Geometria solar**

O estudo da forma do edifício e das obstruções à incidência de radiação solar designa-se habitualmente por “geometria da insolação ou geometria solar”. Geralmente incluem-se neste estudo os efeitos de palas e sombreamentos do próprio edifício, bem como os efeitos de sombreamento devidos aos edifícios vizinhos, a árvores, vegetação e à forma urbana do espaço circundante (praças, ruas, avenidas, etc.) [66].

A posição do sol relativamente a um ponto da terra varia ao longo do dia e também ao longo do ano. Um observador situado num ponto da superfície terrestre vê o sol tomar diferentes posições no seu horizonte visual durante o dia devido ao movimento de rotação da terra em torno do eixo polar. Também notará que no verão o sol atinge valores mais altos que no inverno devido ao movimento de translação em torno do sol.

É importante conhecer, [66] os diferentes percursos do sol ao longo do dia para as diferentes estações do ano no sentido de aproveitar os ganhos solares para o interior do edifício nos casos em que o contributo da radiação se afigura necessário e restringir a sua entrada nos casos em que o mesmo efeito se afigura inconveniente.

A energia proveniente do sol que atinge a terra por unidade de tempo e numa superfície perpendicular à direção da radiação será maior ou menor consoante a latitude, o tipo de clima e a altitude [145]. A figura 12 representa o percurso do sol durante o dia ao longo do ano.

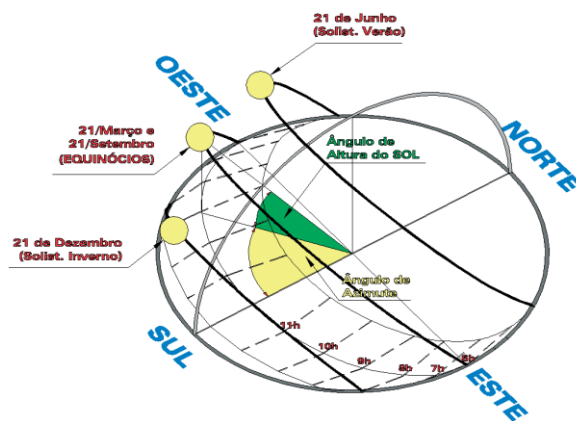


Figura 12 - Representa o percurso do sol durante o dia ao longo do ano [66]

Em Portugal, [66] no solstício de inverno (21 de dezembro) o sol nasce relativamente próximo da orientação sudeste e põe-se relativamente próximo da orientação sudoeste, variando o ângulo de azimute do nascer e do pôr-do-sol com a latitude do lugar. Neste dia, o ângulo de altura do sol apresenta os valores mais baixos de todo o ano. Nos equinócios (21 de março e 21 de setembro) o sol nasce exatamente na orientação este e põe-se exatamente na orientação oeste.

No solstício de verão (21 de junho) o sol nasce relativamente próximo da orientação nordeste e põe-se relativamente próximo da orientação noroeste, variando o ângulo de azimute do nascer e do pôr-do-sol com a latitude do lugar. Neste dia, o ângulo de altura do sol apresenta os valores mais altos de todo o ano.

### 3.2.2 - Orientação de fachadas envidraçadas

A localização do sol ao longo do ano tem uma grande importância, no que respeita à definição da localização das fachadas envidraçadas num edifício, a sua dimensão e o tipo de vidro que se escolhe. Apresentam-se algumas linhas de orientação relativamente à utilização das fachadas envidraçadas para as latitudes de Portugal [66].

Em termos anuais, verifica-se que uma fachada envidraçada orientada a sul receberá um maior nível de radiação solar do que fachadas noutras orientações, assim sendo [66]:

- no inverno, sendo necessário aquecer os edifícios, a estratégia correta será a de captar a radiação solar disponível. É a orientação a sul aquela que propicia maiores ganhos solares. O percurso do sol no inverno é vantajoso para esta orientação, uma vez que o seu percurso se efetua para azimutes muito próximos do sul geográfico;

- no verão, torna-se necessário minimizar os ganhos solares, uma vez que, no seu percurso de nordeste (onde nasce) até noroeste (onde se põe), o sol incide em todas as orientações, sendo que é a horizontal (coberturas), que maior nível de radiação recebe (ver tabela 6). Assim, verifica-se que o percurso do Sol, sendo próximo do zénite, apresenta um ângulo de incidência com a normal de valor mais elevado.

Numa fachada orientada a este, [66] o dimensionamento dos vãos envidraçados deverá ter em conta que (tabela 6):

- no inverno, uma fachada com esta orientação recebe pouca radiação, uma vez que o sol nasce próximo da orientação sudeste, incidindo na fachada durante poucas horas do período da manhã e com um pequeno ângulo de incidência;
- no verão, a radiação solar incide em abundância numa fachada com esta orientação, durante longas horas da manhã, desde o nascer do sol, que ocorre cedo e próximo da orientação Nordeste, até ao meio-dia. Os ângulos de incidência são próximos da perpendicular à fachada, o que maximiza a captação de energia solar, que nesta estação é indesejável.

Na fachada orientada a oeste, sendo simétrica em relação à fachada orientada a este, os efeitos da ação solar são semelhantes aos desta, diferindo apenas no período do dia em que ocorrem (ver tabela 6). É no período da tarde que ocorrem as maiores temperaturas do ar no exterior, conjugando-se assim dois efeitos muito negativos. Assim [66]:

- no inverno, uma fachada orientada a oeste recebe pouca radiação durante poucas horas do período da tarde. Os ângulos de incidência são elevados, o que reduz o efeito da radiação;
- no verão, a radiação solar incide em abundância numa fachada com esta orientação, durante longas horas da tarde, desde o meio-dia, até ao pôr-do-sol, que ocorre tarde e próximo da orientação noroeste. Esta é a fachada mais problemática em termos de verão. Estas fachadas são responsáveis por grandes cargas térmicas nos edifícios, sendo necessário ter um maior cuidado com elas, quer em termos de áreas, tipos de vidros e sombreamentos.

A fachada orientada a norte é a menos problemática num edifício em termos de radiação solar (tabela 6), [66] sendo pois a mais fria:

- no inverno, não recebe nenhuma radiação direta, porém recebe radiação difusa a partir da abóbada celeste;

- no verão, recebe uma pequena fração de radiação direta do sol no princípio da manhã e fim da tarde.

Na tabela seguinte apresenta-se esquematizado a incidência da radiação solar nas fachadas no inverno e no verão.

<p>No inverno é necessário aquecer os edifícios. Sendo o percurso do Sol, durante o período da manhã e princípio da tarde, perto da perpendicular aos envidraçados verticais de uma fachada orientada a Sul, possibilita uma maior entrada de radiação para o edifício.</p>	<p>No inverno, uma fachada orientada a Nascente recebe pouca radiação, uma vez que o sol nasce próximo da orientação Sudeste, incidindo na fachada durante poucas horas do período da manhã e com um pequeno ângulo de incidência;</p>
<p>No verão torna-se necessário minimizar os ganhos solares de radiação. Sendo o percurso do Sol mais próximo do zênite, a sua incidência, em envidraçados verticais orientados a Sul, faz-se com grandes ângulos, o que reduz os ganhos solares. A existência de uma pala de reduzidas dimensões pode atenuar totalmente a incidência de radiação direta.</p>	<p>No verão, numa fachada orientada a Nascente, a incidência dos raios solares ocorre, durante longas horas da manhã [inicia-se com nascer do Sol, ocorre próximo da orientação Nordeste, e termina ao meio-dia] e exerce-se segundo ângulos próximos da perpendicular aos envidraçados verticais, fator que promove uma maior captação de energia solar que, nesta estação, é indesejável.</p>

Tabela 6 - Radiação solar nas fachadas [66]

No anexo I constam exemplos de construções como referência da adaptação do projeto ao clima e em particular à trajetória aparente do sol.

Mediante a estação do ano e a localização da fachada do edifício é aconselhável sul [66];

- no inverno interessa promover os ganhos de radiação, pelo que se apresenta benéfica a abertura de vãos envidraçados no quadrante;
- no verão interessa restringir esses mesmos ganhos, pelo que se apresenta importante que os vãos sejam dotados de dispositivos de sombreamento eficazes. Principalmente nos vãos a poente e nascente;
- nos quadrantes norte, nascente e poente, seria desejável que a abertura de vãos se restrinja a menores dimensões, desde que isso seja aceitável em termos das outras exigências também presentes no edifício.

### **3.2.3 - Perdas e ganhos térmicos pela envolvente dos edifícios**

A transmissão de calor por condução através da envolvente dos edifícios, quer sejam as perdas de calor através dos elementos construtivos da envolvente no inverno, quer os ganhos indesejáveis de calor através dos mesmos elementos no verão, são fenómenos que muito influenciam o comportamento térmico dos edifícios. Para minimizar estes efeitos em ambas as estações, deve aumentar-se a resistência térmica dos elementos construtivos, o que se consegue do seguinte modo [66]:

- no caso da envolvente opaca (paredes, coberturas e pavimentos), através da incorporação de materiais isolantes, de que são exemplo, a cortiça, o poliestireno expandido, o poliuretano e as lãs minerais;
- no caso da envolvente envidraçada, através da seleção de janelas cujo conjunto vidro/caixilho/elemento de sombra apresente valores de transmissão térmica baixos.

Restringir a condução é uma estratégia bioclimática que, num clima temperado como o de Portugal, se deve promover nos edifícios para conseguir obter conforto no seu interior, tanto de inverno como de verão. Enquanto no inverno interessa restringir perdas de calor para o exterior através da envolvente, no verão torna-se mais favorável restringir os ganhos excessivos de calor exterior de forma a manter uma temperatura mais constante no interior dos edifícios [66].

### 3.2.4 - Ventilação nos edifícios

Na arquitetura bioclimática a ventilação é também muito importante, [94] visto que num clima médio em termos de humidade e temperatura, pelo menos 1/3 do volume de ar de cada divisão deve ser substituído em cada hora, de forma a assegurar um nível de conforto, de qualidade do ar e de habitabilidade mínimo na divisão em causa.

Na ventilação natural os edifícios estão sujeitos a trocas de ar entre o interior e o exterior, dependentes das diferenças de temperatura. Noutros casos a ventilação é forçada por equipamento mecânico de forma regulada e controlada. Qualquer destes processos induz no edifício uma carga térmica que importa ter em atenção no balanço térmico de qualquer edifício [137].

No primeiro caso, estamos perante um processo de infiltrações que se efetuam através das frinchas das portas e janelas e podem representar uma carga considerável de arrefecimento no inverno, que deverá ser contrariada através de uma boa vedação dessas frinchas [66].

De salientar o importante papel da ventilação natural no verão, como processo de arrefecimento noturno ou quando tal se torna necessário no sentido de arrefecer o ambiente interior. Mas também não é só no verão que tal efeito é importante [66]:

- no inverno, quando a temperatura exterior apresenta praticamente sempre valores abaixo das condições de conforto, interessa limitar as infiltrações. No entanto, a renovação do ar interior é uma medida necessária à manutenção das condições de salubridade interior dos edifícios pelo que deve ser sempre assegurado um mínimo recomendável através de um sistema de ventilação, natural, mecânico ou híbrido, adequado;
- no verão, a ventilação natural assume um papel de relevo no arrefecimento noturno dos edifícios. A ventilação natural e, sobretudo, a ventilação noturna poderá permitir uma gestão das cargas internas dos edifícios, fundamental para a boa prestação térmica dos mesmos. No verão deveremos promover a ventilação noturna ou sempre que a temperatura exterior for menor à interior, consiste basicamente em abrir as janelas dos vários compartimentos da casa para remover o excesso de carga térmica.

### 3.2.5 - Estratégias bioclimáticas

Um dos principais objetivos da concepção de edifícios bioclimáticos é a obtenção natural das condições de conforto dos seus utilizadores, que variam em função do clima, do edifício em termos construtivos e também do tipo de utilização.

É também importante realçar que à noção de conforto térmico está associada uma boa dose de fatores psicológicos e fisiológicos que variam de pessoa para pessoa e podem conduzir a diferentes sensações de conforto térmico, dadas as mesmas condições de ambiente térmico.

De qualquer forma, há um conjunto de parâmetros que influenciam diretamente o conforto térmico e são diferenciados em [66]:

#### 1. **fatores pessoais** (dependentes dos utilizadores dos edifícios);

- idade;
- atividade metabólica;
- vestuário.

#### 2. **fatores ambientais** (dependentes da qualidade da envolvente dos edifícios);

- temperatura do ar;
- temperatura média radiante;
- velocidade do ar;
- humidade relativa.

Na concepção de um edifício, a adoção de certas estratégias poderá influenciar significativamente o desempenho desse edifício em termos do conforto térmico no seu interior e, conseqüentemente, dos seus ocupantes. Como o consumo energético depende das condições de conforto que os ocupantes querem atingir, se o edifício estiver pouco adaptado ao clima será necessário maior consumo de energia para atingir as condições de conforto térmico pretendido [66].

As estratégias a adotar num determinado edifício ou projeto deverão ser selecionadas, tendo atenção à especificidade climática do local, função do edifício e conseqüentemente, modo de ocupação e operação do mesmo, com o objetivo de promoverem um bom desempenho em termos de adaptação ao clima [66].

A carta bioclimática de Baruch Givoni sintetiza num diagrama psicrométrico o tipo de estratégias que deve ser utilizado para cada clima particular.

Nesta carta, representada na figura 13, devem registrar-se as ocorrências dos estados do ar (em termos de temperatura e humidade) verificados no exterior. As diferentes localizações dessas ocorrências na carta assumem geralmente a forma de uma mancha, sendo essa localização indicadora do tipo de clima do local e conseqüentemente do tipo de estratégias mais adequadas ao bom desempenho do edifício nesta matéria.

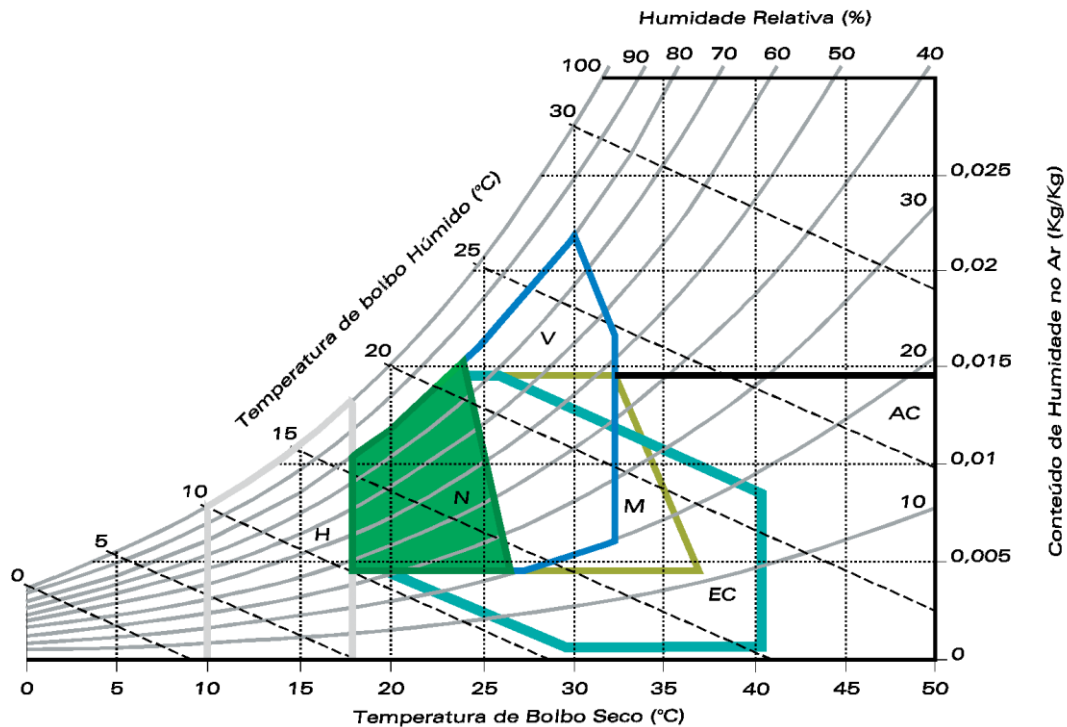


Figura 13- Carta bioclimática de Baruch Givoni [66]

Consoante a zona refere-se de seguida as principais estratégias de aquecimento e arrefecimento [66];

**Estratégias de aquecimento :**

- **restringir a perdas por condução** – zonas H na Carta Bioclimática, correspondendo a climas de inverno agressivo – aplicação de materiais isolantes nos elementos construtivos (paredes, coberturas, pavimentos e envidraçados) são exemplos deste tipo de estratégias;
- **restringir as perdas por infiltração e restringir o efeito da ação do vento no exterior do edifício** – zonas H na Carta Bioclimática, correspondendo a climas de inverno agressivo – como exemplos de aplicação destas estratégias temos: execução de caixilharias de janelas

com uma vedação eficiente, proteção dos ventos dominantes com vegetação e escolha de uma boa localização para o edifício;

- **promover os ganhos solares** – zonas H da Carta Bioclimática, correspondendo a climas de inverno agressivo – temos bons exemplos de aplicações deste tipo de estratégias nos sistemas solares passivos para aquecimento.

#### *Estratégias de arrefecimento:*

- **promover ventilação natural** – zonas V, da Carta Bioclimática, correspondendo a climas de tipo tropical e equatorial, ou temperado de influência marítima – temos bons exemplos de aplicação desta estratégia na casa de inércia leve típicas da arquitetura vernácula das regiões tropicais e nos sistemas de arrefecimento por ventilação;
- **restringir ganhos solares** – zonas V, EC, AC, M e W, da Carta Bioclimática, correspondendo a todos os climas que necessitam de arrefecimento;
- **promover o arrefecimento por evaporação** – zonas EC e M da Carta Bioclimática, correspondendo a climas temperados secos, e climas de regiões desérticas áridas e muito secos – bons exemplos destas estratégias em toda a arquitetura do médio oriente;
- **promover o arrefecimento por radiação** – zonas M, da Carta Bioclimática, correspondendo a todos os climas quentes de influência continental de elevadas amplitudes térmicas – bons exemplos desta estratégia em toda a arquitetura do médio oriente e também no Sul da Europa particularmente em Portugal (Alentejo e Algarve) e Espanha (Andaluzia).

A zona N corresponde à zona (neutra) de conforto para o ser humano onde as condições de clima exterior estão próximas das condições de conforto. A arquitetura deverá acautelar a existência de ganhos solares excessivos e requer que não sejam cometidos outros erros graves em matéria de trocas térmicas por ventilação e condução.

Nas zonas AC não é possível atingir estados de conforto térmico sem recurso à utilização de meios mecânicos não passivos.

A tabela 7 sintetiza as estratégias bioclimáticas que devemos ter em conta mediante a estação do ano consoante a zona.

		Condução	Convecção	Radiação	Evaporação
<b>INVERNO</b>	<b>Promover Ganhos</b>			Promover ganhos solares	
	<b>Reduzir Perdas</b>	Minimizar perdas por transmissão	Minimizar infiltrações		
<b>VERÃO</b>	<b>Evitar Ganhos</b>	Minimizar ganhos por transmissão	Minimizar infiltrações	Minimizar ganhos solares	
	<b>Promover Perdas</b>	Promover perdas pelo solo	Promover ventilação	Promover arrefecimento por radiação	Promover arrefecimento por evaporação
	<b>Fontes Calor</b>		Atmosfera	Sol	
	<b>Fontes Calor</b>	Sol	Atmosfera	Céu	Atmosfera

Tabela 7 - Estratégias bioclimáticas [66]

Na Terra existem cinco grandes zonas climáticas (figura 14): uma zona quente, duas zonas temperadas e duas zonas frias. A zona quente localiza-se, sensivelmente, entre a linha do Equador e os Trópicos de Câncer e Capricórnio. As zonas temperadas situam-se sensivelmente entre os Trópicos e os Círculos Polares. As zonas frias são delimitadas pelos Círculos Polares (uma no Hemisfério Norte e outra no Hemisfério Sul).

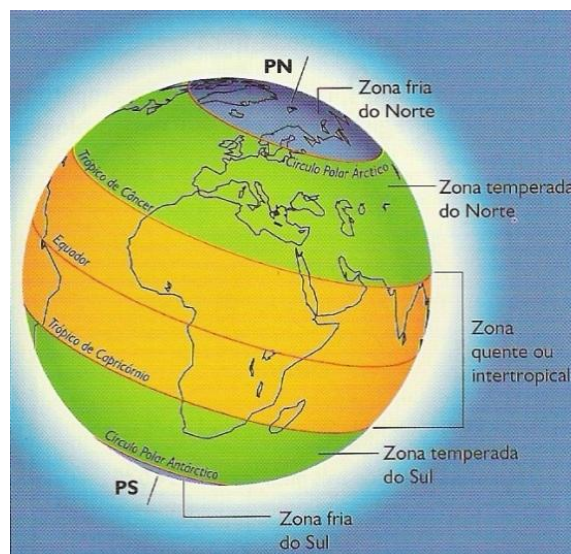


Figura 14 - Zonas climáticas da Terra

Dentro de cada zona encontramos climas que se distinguem quer a nível de temperatura quer a nível de humidade, esquematizado na figura 15.

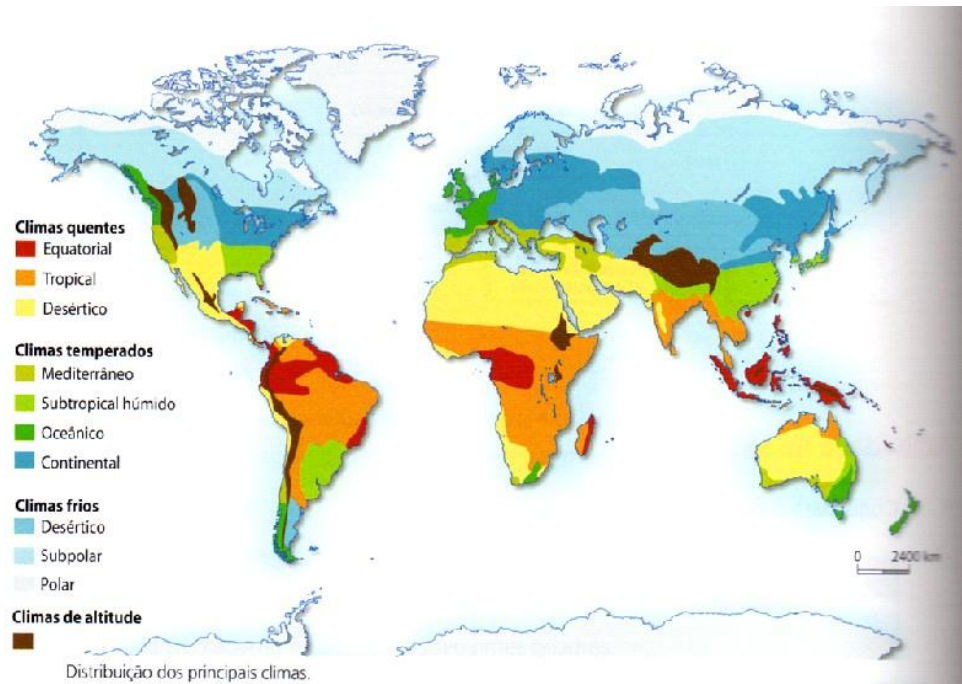


Figura 15 - Tipos de clima

A Península Ibérica localiza-se na zona temperada do norte. Nesta zona climática distinguem-se três variedades de clima temperado: o marítimo, o continental e o mediterrânico. Nas terras mais altas da Península há, ainda, o clima frio de montanha

Para efeitos do RCCTE, o país é dividido em três zonas climáticas de inverno, I1, I2 e I3 e em três zonas climáticas de verão V1, V2 e V3, representadas na figura 16.

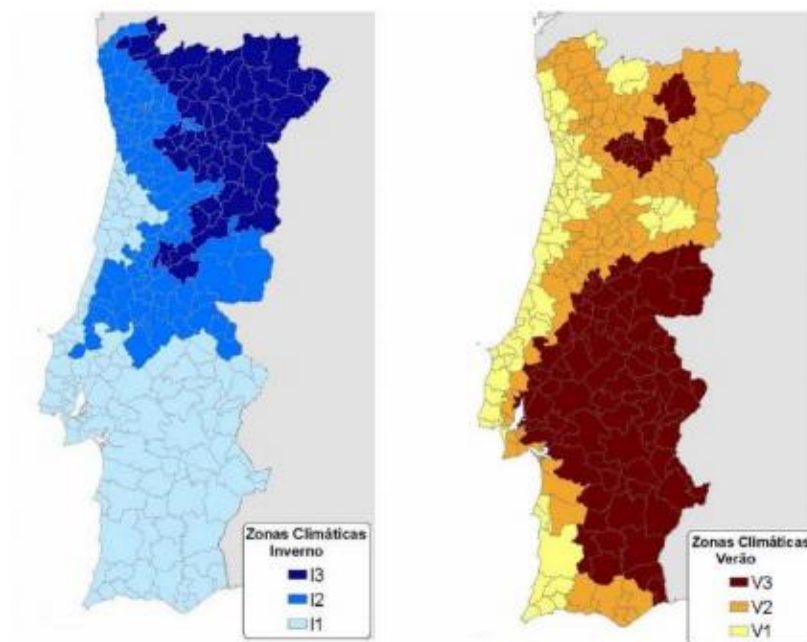


Figura 16 - Zonas climáticas de Portugal [66]

No Inverno, havendo três zonas climáticas definidas para Portugal Continental (I1, I2, I3) interessa em primeiro lugar e como estratégia principal isolar a envolvente dos edifícios numa graduação proporcional àquela divisão climática, sendo a zona I3 aquela que maior cuidado necessita. Complementarmente, é necessário salvaguardar excessos de infiltrações de ar frio exterior. Por outro lado, interessa, em qualquer das zonas climáticas, promover os ganhos solares, sendo também a zona I3 a mais necessitada. A obtenção destes ganhos é feita através de vãos envidraçados devidamente orientados, sendo que a área de captação deverá ter em conta a especificidade de cada edifício (orientação, tipo de vidro e clima local).

No Verão, as três zonas climáticas (V1, V2, V3) também apresentam características comuns, ainda que com severidades distintas. Como regra a seguir em todas as zonas, interessa restringir os ganhos solares mediante adoção de soluções eficazes de sombreamento dos vãos envidraçados, e promover a ventilação natural durante períodos em que a temperatura exterior seja favorável, dependendo de cada zona e de cada tipo de edifício.

Segundo Gonçalves et al [66] refere que Portugal Continental é dividido em três zonas climáticas de inverno, I1, I2 e I3 e em três zonas climáticas de verão V1, V2 e V3 e interligando-as de acordo com a tabela 8










<p><b>I1-V1</b> – Climas mais amenos do território continental devido à preponderância da influência estabilizadora marítima. É importante dotar os edifícios de níveis adequados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos eficazes.</p> 	<p><b>I1-V2</b> – Alguns concelhos do Centro, Litoral Sul e Algarve. A influência marítima suaviza alguns destes climas. A um verão mais exigente que o inverno deve corresponder uma arquitetura defendida da radiação solar. É importante dotar os edifícios de níveis adequados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muito eficazes.</p> 	<p><b>I1-V3</b> – Alentejo Interior. As condições de verão sobrepõem-se às de inverno, pelo que deverá haver especial cuidado na restrição dos ganhos solares. Uma Inércia Forte é também muito importante em face de grandes amplitudes térmicas. É importante dotar os edifícios de níveis elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muitíssimo eficazes.</p> 
<p><b>I2-V1</b> – Litoral Norte e Centro. A influência Marítima ameniza o verão, sendo o inverno mais exigente que o verão o que deverá motivar uma maior capacidade do edifício para absorver ganhos de radiação solar. É importante dotar os edifícios de níveis elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos eficazes.</p> 	<p><b>I2-V2</b> – É sobretudo uma zona de transição entre o litoral norte/centro e o interior, numa estreita banda paralela à costa. É importante dotar os edifícios de níveis elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muito eficazes.</p> 	<p><b>I2-V3</b> – Beira Baixa, e Alto Alentejo Interior. A única diferença relativamente à Zona I1-V3 deve-se a maiores necessidades de aquecimento no inverno como consequência de uma latitude mais a Norte. É importante dotar os edifícios de níveis muito elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muitíssimo eficazes.</p> 
<p><b>I3-V1</b> – O inverno é muito mais agressivo que o verão, sendo muito adequado neste tipo de clima a utilização de envidraçados a Sul. É importante dotar os edifícios de níveis muitíssimo elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos eficazes.</p> 	<p><b>I3-V2</b> – Alguns concelhos de Trás-os-Montes, Douro e Minho. Inverno muito exigente. No entanto o verão não deverá ser menosprezado. É importante dotar os edifícios de níveis muitíssimo elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muito eficazes.</p> 	<p><b>I3-V3</b> – inverno e verão muito exigentes devem motivar grande atenção ao clima. É importante dotar os edifícios de níveis muitíssimo elevados de isolamento. Envidraçados deverão ser dotados de sombreamentos muitíssimo eficazes.</p> 

Tabela 8 - Síntese das zonas climáticas [66]

### 3.2.6 - Sistemas de aquecimento passivo

Sistemas de aquecimento passivo são sistemas que pretendem maximizar a captação do sol no inverno, através de vãos envidraçados bem orientados e dimensionados, aos quais se podem associar elementos passivos, que permitem o armazenamento da energia solar e sua utilização em horas posteriores [66].

Referem-se em seguida os sistemas de ganho direto, ganho indireto e ganho isolado:

#### 3.2.6.1 - Ganho direto;

No sistema de ganho direto (figura 17), o espaço a aquecer dispõe de vãos envidraçados bem orientados por forma a possibilitar a incidência da radiação no espaço e nas massas térmicas envolventes (paredes e pavimentos). De notar que a construção corrente em Portugal tem em geral massa suficiente, sendo que uma boa orientação dos vãos conduz à utilização deste tipo de sistemas sem qualquer complexidade adicional.

Note-se que o fluxo de calor criado, como resultado das diferenças de temperatura, além do processo de acumulação e libertação de calor, é acompanhado pela variação da temperatura interior. Este fluxo deve ser mantido dentro dum intervalo tolerável, pois o problema chave do sistema direto é captar o máximo de energia solar necessária no inverno e paralelamente minimizar os ganhos solares no verão, quando estes não são desejáveis, com uma oscilação de temperatura o mais reduzida possível.

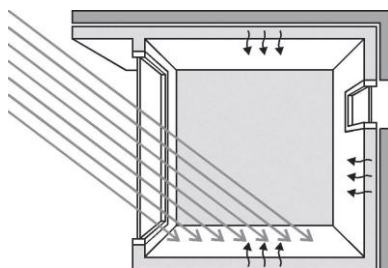


Figura 17 - Sistema ganho direto [66]

A utilização de sistemas de ganho direto, segundo Mendonça [106] pode traduzir-se em:

Vantagens:

- A superfície vidrada de captação produz iluminação dos espaços interiores e permite a visibilidade para o exterior. (se for utilizado vidro ou material translúcido);
- É um dos sistemas construtivamente mais baratos já que os materiais e sistemas construtivos utilizados podem ser os comuns, mesmo sem necessidade de recorrer a massa térmica adicional (já que esta está uniformemente distribuída no interior);
- O princípio de funcionamento do sistema é simples, exceto na determinação da oscilação de temperatura dentro do edifício;
- O sistema de ganho direto é o de maior rendimento energético. A energia utilizada por metro quadrado de captador é máxima;

- O sistema permite grande flexibilidade na concepção arquitetônica. Apenas é necessário ter algum bom senso, bastando seguir as recomendações do RCCTE em termos de massa térmica, orientação e área de envidraçados, dispositivos de sombreamento e coeficientes U recomendados.

Inconvenientes:

- A radiação direta pode provocar assimetrias na temperatura radiante, provocando desconforto durante as horas de maior incidência do Sol (precisamente no inverno quando os ganhos são necessários, especialmente nas fachadas orientadas a sul);
- A radiação solar direta pode provocar degradação e descoloração dos materiais localizados no interior;
- As grandes superfícies de envidraçado podem provocar falta de privacidade e iluminação excessiva;
- É ainda necessário prever a quantidade de massa de armazenamento térmico do edifício para evitar sobreaquecimentos que provoquem desconforto. A oscilação máxima de temperaturas não deverá ultrapassar os 6°C. Grandes superfícies de captação podem provocar um aumento de custo do sistema, pelos envidraçados em si, pela massa térmica adicional e pelos dispositivos de isolamento térmico necessários para proteger os envidraçados durante a noite; Para se poder cobrir uma percentagem elevada das necessidades de aquecimento do edifício, deverá ser colocada uma grande quantidade de massa térmica, pelo que o edifício se torna mais pesado e também mais caro, limitando por exemplo o número de pisos e incrementando também o impacte ambiental da construção;
- Necessidade de orientação solar favorável (sul) para os envidraçados do sistema;
- Pelas razões referidas anteriormente, corre-se o risco do sistema, ainda que esteja bem dimensionado, não se tornar realmente efetivo quando a habitação está ocupada e nos períodos de inverno, já que a tendência dos seus ocupantes será de fechar os sistemas de oclusão e assim impedir os ganhos.

### **3.2.6.2 - Ganho indireto ou desfasado (Parede de trombe e colunas de água);**

Nos sistemas de ganho indireto, a massa térmica dos sistemas é interposta entre a superfície de ganho e o espaço a aquecer. A massa térmica absorve a energia solar nela incidente, sendo posteriormente transferida para o espaço. Esta transferência pode ser imediata ou desfasada, conforme a estratégia de circulação (ou não) do ar que for adotada.

Já que o espaço a aquecer não recebe diretamente a radiação solar, os sistemas de ganho indireto oferecem mais possibilidade de controlo das oscilações de temperatura, evitando sobreaquecimentos.

#### **i) Parede de trombe**

Este sistema apresentado na figura 18, é composto por um vão devidamente orientado, no qual se coloca interiormente uma parede maciça de espessura variável entre os 10 e os 30 cm de espessura. A superfície exterior da parede é geralmente pintada de cor escura, aumentando assim a captação da radiação solar incidente [66].

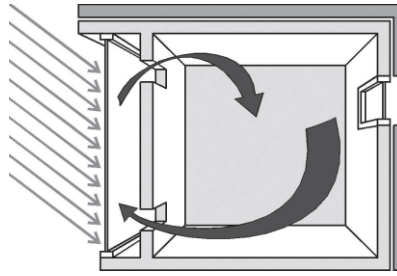


Figura 18 - Parede de trombe [66]

Na figura 19 podemos observar a aplicação de paredes de trombe na casa Shaffer que deste modo maximiza os ganhos solares para aquecimento.



Figura 19 - Casa Shäffer, Porto Santo do Arq.º Günther Ludewig [66]

Cria-se assim um sistema, representado na figura 20, no qual predomina o efeito de estufa, atingindo-se temperaturas muito elevadas (30-60°C) no espaço entre o vidro e a parede de armazenamento. Esta energia incidente pode ser transferida de imediato para o interior do espaço a aquecer por intermédio da ventilação natural através dos orifícios existentes na parede. Se tal for a utilização pretendida, o espaço será aquecido por uma corrente de convecção natural entre o espaço interior e o espaço estufa. No entanto, desta forma, a maior parte da energia incidente é transferida e utilizada diretamente, sendo que a energia acumulada na parede é reduzida [66].

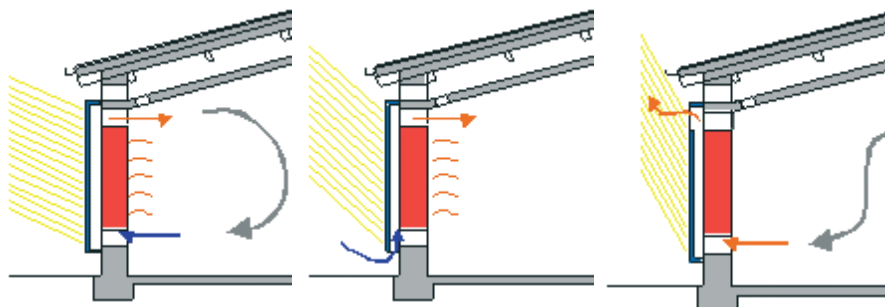


Figura 20 - Esquema de funcionamento de uma parede de trombe inverno /outono e primavera/verão [66]

## ii) Paredes e colunas de água

Este sistema apresentado (figura 21) é basicamente o mesmo que uma parede de armazenamento, sendo que o material de armazenamento, em vez de um material construtivo normal tipo betão ou argamassa, é água, em contentores [66].



Figura 21 - Colunas de água na casa solar no Porto, Arqº. Carlos Araújo e Santiago Boissel) [66]

Vantagens do ganho indireto [106]:

- Evitam os problemas da degradação dos objetos expostos diretamente à radiação solar;
- No caso das coberturas de água, existe a vantagem adicional que, devido à grande superfície de radiação de calor, os efeitos de aquecimento e refrigeração são mais uniformes que no caso das paredes. Também a orientação solar neste caso não é vinculativa (exceto se houver obstáculos exteriores que produzam sombra), pelo que a organização do espaço interior do edifício é mais flexível;
- Os sistemas de ganho indireto proporcionam calor durante o dia, por convecção de ar quente, e também durante a noite, normalmente quando é mais necessário, por radiação da energia armazenada na massa térmica;
- Permitem um controlo mais rigoroso sobre a quantidade de calor cedida ao ambiente interior do que no caso do ganho direto, pelo que a oscilação da temperatura interior é normalmente menor;
- Podem atuar como aquecedores no inverno e refrigeradores no verão.

Inconvenientes do ganho indireto [106]:

- As paredes de armazenamento impedem as vistas para o exterior pelo que obrigam à abertura de envidraçados maiores ou orientados a outras direções (por exemplo norte);
- As paredes de armazenamento ocupam espaço habitável e incrementam muito significativamente o peso do edifício;
- As paredes de armazenamento térmico com ganho indireto obrigam à orientação sul;

- As perdas térmicas noturnas destes sistemas costumam ser elevadas. O isolamento em alguns casos (nomeadamente em paredes de água) torna-se complexo e de difícil instalação e manutenção;
- No caso das coberturas de água o sistema obriga a um pé direito baixo e climatizar com este sistema apenas o piso adjacente à cobertura. A estrutura de suporte da cobertura é mais cara, pois terá de ser sobredimensionada para suportar o peso adicional da água.

### 3.2.6.3 - Ganho isolado

Nos sistemas de ganho isolado, [66] a captação dos ganhos solares e o armazenamento da energia captada não se encontram nas áreas ocupadas dos edifícios, pelo que operam independentemente do edifício. Os espaços estufa são exemplos deste sistema e utilizam a combinação dos efeitos de ganho direto e indireto. A energia solar é transmitida ao espaço adjacente à estufa por condução através da parede de armazenamento que os separa e ainda por convecção, no caso de existirem orifícios que permitem a circulação de ar, representado na figura 22.

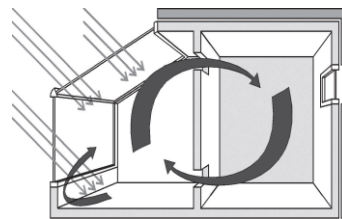


Figura 22 - Sistema ganho isolado [66]

#### i) Coletores a ar

Os sistemas de coletor a ar [66] são constituídos por uma superfície de vidro e uma outra absorvedora sem qualquer capacidade de armazenamento térmico. Funcionam em termosifão e permitem ventilar os espaços interiores adjacentes ao longo de todo o ano.

Corresponde a um sistema, representado na figura 23, que permite aquecer o ar exterior a insuflar no interior do edifício numa situação de inverno, utilizando para tal um dispositivo de captação solar. Este dispositivo, tal como descrito, permite que toda a radiação absorvida seja transmitida diretamente ao ar de insuflação (ver esquema de inverno). No verão, o sistema permite a extração do calor do interior para o exterior, sempre que for desejável.

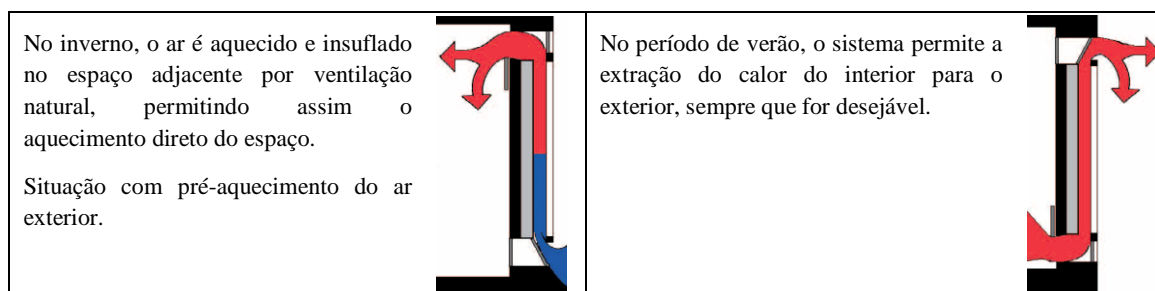


Figura 23 - Sistemas de coletor a ar [66]

Segundo Mendonça [106] a aplicação de sistemas de ganho isolado pode traduzir-se em vantagens e inconvenientes.

Vantagens:

- a estufa adossada pode adaptar-se perfeitamente a edifícios já existentes e permite o incremento da superfície habitável;
- a variação de temperaturas dia/noite nos espaços habitáveis adjacentes é pequena;
- as estufas reduzem as perdas de calor do edifício, atuando como espaço tampão.

Inconvenientes:

- a construção de estufas de elevada eficácia térmica é cara (grandes superfícies a isolar durante a noite);
- a eficácia térmica da estufa varia muito segundo o desenho, o que torna difícil prever o seu comportamento;
- as oscilações de temperatura dentro da estufa são consideráveis e convertê-la em espaço habitável é caro pois requer a inclusão de uma elevada massa térmica adicional (principalmente se não for num piso térreo);
- o principal inconveniente da solução de estufa integrada é a dificuldade de adaptação a edifícios já construídos.

### **3.2.7 - Sistemas passivos de arrefecimento**

Os sistemas de arrefecimento passivo, [66] baseiam-se em estratégias que visam utilizar as fontes frias existentes de forma a diminuir a temperatura no interior dos edifícios. Desta forma, os sistemas de arrefecimento passivo podem eliminar ou diminuir consideravelmente a necessidade de um sistema de climatização convencional. A adoção de soluções que conduzam à prevenção e atenuação de ganhos de calor e de estratégias que deem origem a processos de dissipação de calor traduzir-se-á assim, numa redução das necessidades de arrefecimento e na melhoria das condições de conforto térmico.

A prevenção ou proteção de ganhos solares poderá ser considerada em todos os tipos de edifícios através de opções arquitetónicas. Em primeiro lugar, há que ter em atenção o tipo de vidros utilizados e o respetivo controlo solar. A melhor solução é seguramente a utilização de sombreamento exterior, pois tal impede a entrada de radiação solar no interior do edifício. Se tal não for possível ou desejável, por razões arquitetónicas, ou outras, é de considerar, soluções de vidros refletantes associados a sistemas de sombreamento interior.

A utilização de isolamento na envolvente dos edifícios, e especialmente se o mesmo for colocado no exterior da envolvente, conduz a situações que diminuem as solicitações térmicas através da envolvente opaca, diminuindo assim a carga térmica de arrefecimento do edifício. Especial atenção deve ser dada às coberturas dos edifícios, pois são as superfícies que mais radiação solar recebem

durante o verão. Outro aspeto a ter em consideração é a cor dos edifícios, sendo que cores claras se traduzem em menores valores de captação da radiação solar, pelo que favorecem naturalmente o desempenho térmico dos edifícios no verão [66].

A aplicação de estratégias que visem a dissipação de calor, a que se atribui geralmente a designação arrefecimento passivo ou natural, depende da existência de ambientes propícios que atuem como fontes frias e de diferenças de temperaturas que permitam dar origem a processos de transferência significativos [66].

### ***3.2.7.1 - Ventilação natural***

A ventilação natural [66] é um processo pelo qual é possível arrefecer os edifícios tirando partido da diferença de temperaturas existente entre o interior e o exterior em determinados períodos. Em Portugal o clima apresenta diferentes amplitudes térmicas diárias. No período de verão em alguns locais do País as temperaturas baixam bastante à noite. Através da utilização da ventilação natural podemos durante o período noturno dispersar a energia térmica acumulada durante o dia no interior do edifício.

O movimento de ar através dum edifício incrementa a transferência de calor pela pele dos seus ocupantes e melhora o conforto do ambiente ao substituir ar quente e húmido por ar fresco e seco.

A forma mais usual de criar movimento de ar é abrir as janelas do edifício e permitir que ar mais fresco penetre no interior. É importante não esquecer que podem desta forma entrar partículas de pó em suspensão, bem como se anula a capacidade de isolamento ao ruído exterior. Poderá também ser desconfortável uma ventilação que supere uma determinada velocidade.

A ventilação natural é um processo promovido pelas diferenças de pressão de um lado e outro das janelas, portas, chaminés e frinchas, quer por origem na diferença de temperaturas interior - exterior, quer por ação direta do vento sobre as edificações.

A posição e dimensionamento das aberturas, na ventilação natural podem ter inúmeras configurações, dividindo-se no entanto em duas grandes categorias [66]:

- **ventilação transversal** (cross ventilation)
- **ventilação simples** (single - sided ventilation).

Apresentam-se na figura 24, esquema de configuração transversal:

A circulação de ar contribui para a diminuição da temperatura interior e ainda para a remoção do calor sensível armazenado na massa térmica. Tem também implicações em termos de conforto térmico, ao incentivar perdas de calor por convecção e evaporação nos ocupantes.

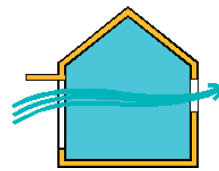


Figura 24 - Ventilação transversal [66]

**i) Ventilação simples num só lado.**

Edifícios com aberturas numa única parede são de ventilação difícil, mesmo se o vento incida diretamente nas mesmas. Se for este o caso, é desejável a colocação de aberturas espaçadas, como forma de melhorar o escoamento, pois o vento não incide exatamente na perpendicular, a não ser muito pontualmente [66]. Como é exemplo a figura 25, à esquerda representado com uma única abertura e à direita com duas aberturas.

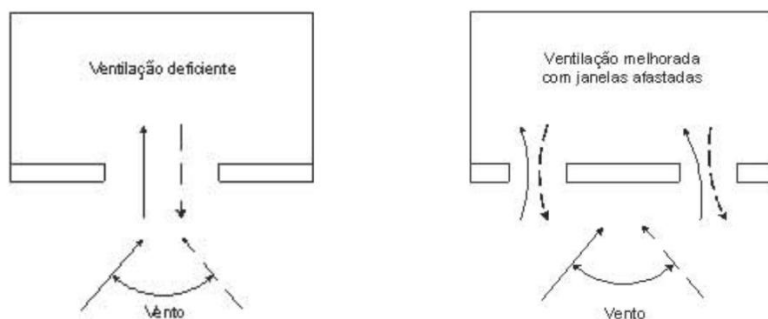


Figura 25 – Tipos de ventilação simples de um só lado [66]

Pode-se ainda recorrer a elementos arquitetónicos, bandeiras de ventilação, representados na figura 26, de forma a induzir e melhorar a ventilação.

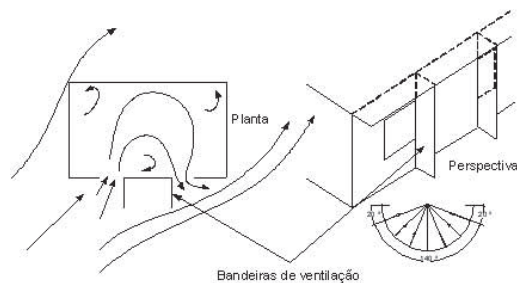


Figura 26 - Elementos facilitadores da ventilação [66]

## ii) Ventilação cruzada

A ventilação natural e em especial a ventilação cruzada (figura 27) é uma estratégia muito eficiente e pode ser conjugada com o efeito de chaminé (figura 28).

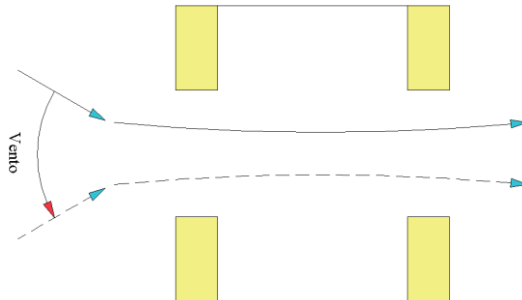


Figura 27 - Esquema ventilação transversal [66]

A Chaminé Solar permite extrair o ar quente dos espaços ocupados e deve terminar a uma altura superior à cobertura como está representado na figura 28.

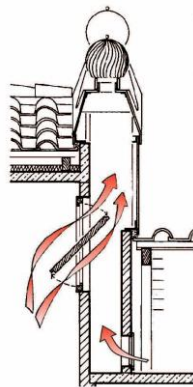


Figura 28 - Chaminé Solar [66]

Outro dos diversos exemplos de métodos de ventilação é a “Casa Shaffer” (figura 29), onde é utilizada a ventilação transversal, por efeito de chaminé entre a laje exterior e a laje de cobertura da casa.

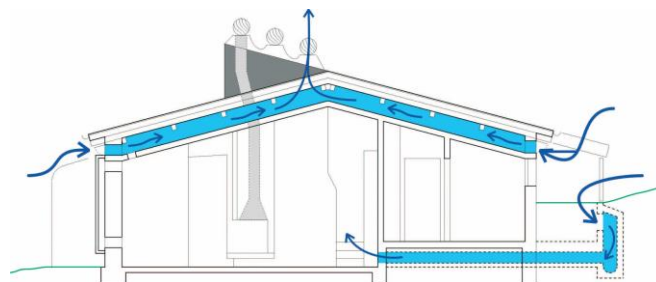


Figura 29 - Esquema de Ventilação na Casa Shaffer [66]

### 3.2.7.2 - Arrefecimento pelo solo

O solo, no verão, apresenta temperaturas inferiores á temperatura exterior, constitui-se como uma importante fonte fria e poderá, no período de verão, intervir como uma fonte de dissipação de calor, dissipação esta que pode ocorrer por processos diretos ou indiretos. A figura 30, esquematiza um sistema de arrefecimento pelo solo.

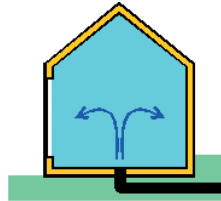


Figura 30 - Arrefecimento pelo solo [66]

No caso do arrefecimento por contacto direto com o solo, este constitui a extensão da própria envolvente do edifício (paredes, pavimento e eventualmente cobertura). Do ponto de vista térmico, [66] o interior do edifício encontra-se ligado ao solo por condução através daqueles elementos. Este processo é particularmente eficiente em regiões de clima temperado.

Na situação de arrefecimento por contacto indireto com o solo, o interior do edifício está associado a um permutador existente no solo, condutas subterrâneas colocadas de 1 a 3 m de profundidade. O desempenho destes sistemas depende das dimensões das condutas e da profundidade a que são colocadas, ou seja, da temperatura a que se encontra o solo, da temperatura e da velocidade do ar que circula no seu interior e ainda das propriedades térmicas das condutas e do solo [66].

No arrefecimento passivo temos também outras duas técnicas, o arrefecimento evaporativo e a utilização de cortinas de plantas.

#### i) Arrefecimento evaporativo

Esta estratégia baseia-se na diminuição de temperatura associada à mudança de fase da água do estado líquido ao estado de vapor. Quando o decréscimo é acompanhado de um aumento do conteúdo do vapor de água, trata-se de um arrefecimento evaporativo direto. Na figura 31, o ar exterior é arrefecido por evaporação da água, antes de entrar no edifício.

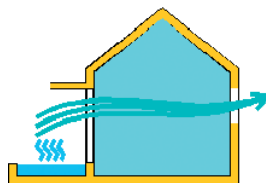


Figura 31 - Arrefecimento Evaporativo [66]

Existe ainda um outro processo de arrefecimento evaporativo no qual se induz a injeção de água sob a forma de gotas (tipo spray representado na figura 32) no ar exterior, arrefecendo assim o ambiente exterior ao edifício e conseqüentemente o ar que vai entrar no seu interior [66].

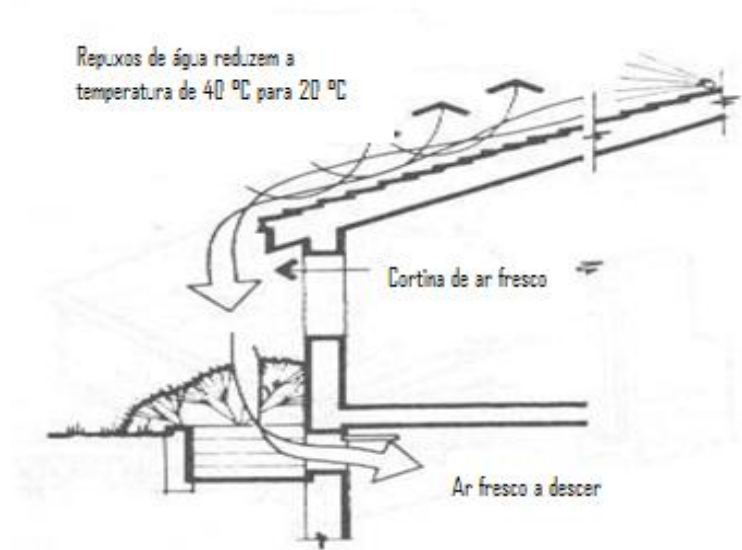


Figura 32 - Sistema roof-sprayin [66]

## ii) Utilização de plantas

Aplicações de paredes verdes ou eco paredes, junto às paredes dos edifícios, que através da sua transpiração baixam a temperatura, para além de em alguns casos poderem reduzir os efeitos do sol nas respetivas paredes. A figura 33 representa este tipo de aplicações.



Figura 33 - Paredes verdes

### 3.2.7.3 - Arrefecimento radiativo

A emissão de radiação por parte dos elementos da envolvente exterior de um edifício poderá ser utilizada no arrefecimento do mesmo. A figura 34, apresenta perdas por radiação que ocorrem durante os períodos diurnos e noturnos, tratando-se pois de um processo contínuo. É, no entanto, durante o período noturno que os seus efeitos se fazem mais sentir em virtude da ausência de radiação solar direta.

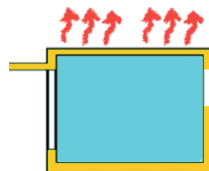


Figura 34 - Arrefecimento Radiativo [66]

Os sistemas passivos baseados nesta estratégia utilizam geralmente a cobertura dos edifícios como elemento radiativo pelo facto de ser o elemento com maior exposição ao céu, favorecendo assim as trocas radiativas [66].

As coberturas horizontais são os componentes privilegiados relativamente ao arrefecimento radiativo, mas a estes elementos da envolvente é geralmente aplicado isolamento térmico por forma a minimizar as perdas (inverno) e ganhos de calor (verão), o que poderá contribuir para uma redução do potencial de arrefecimento radiativo noturno.

Um sistema com base neste conceito e que permite otimizar as perdas por radiação consiste em instalar um isolamento móvel que só é ativado durante o período diurno de modo a minimizar os ganhos de calor provenientes da radiação solar. Esta prática só será efetiva nos últimos pisos dos edifícios.

Segundo Graça et al, [66] esta técnica não está muito bem desenvolvida em Portugal e é de difícil aplicação em edifícios porque:

- durante a noite dos dias de verão, as trocas serão otimizadas, nos casos onde não temos isolamento térmico.
- durante o dia de verão e todo o inverno, há a necessidade de isolar termicamente o edifício, o que contraria uma solução permanente desta técnica. Para um sistema idealizado com um funcionamento satisfatório a cobertura teria que ter, durante o inverno e dias de verão, isolamento térmico, durante a noite de verão de modo a maximizar o arrefecimento radiativo, o isolamento térmico teria que ser removido. Esta solução só seria concretizável se fosse encontrada uma solução, com viabilidade económica, que permita a interposição diária de um isolamento na cobertura do edifício.

### 3.3 - Níveis de conforto aplicados no edifício

---

O conforto depende de um conjunto de fatores cuja conjugação assegura determinado grau de satisfação e bem-estar. Esses elementos, uns são culturais e psicológicos, variando de pessoa para pessoa. Outros têm carácter objetivo podendo ser modificados. Entre estes está a utilização da habitação.

Podemos afirmar com segurança, que o conforto é conseguido através da conjugação de três elementos [160]:

- térmico/humidade
- acústico
- visual

#### 3.3.1 - Conforto térmico

O conforto humano tornou-se num dos maiores desafios no desenvolvimento de novas tecnologias porque a eficiência/desempenho é grandemente influenciada pelo conforto térmico. Nesta categoria deve-se incluir o conforto, nos locais de trabalho, tecnologias de transporte e automóveis, vestuário ativo e vestuário de proteção.

O conforto térmico é reconhecido como não sendo um conceito exato, que não implica uma temperatura exata. O conforto térmico depende de fatores quantificáveis – temperatura do ar, velocidade do ar, humidade, etc. e de fatores não quantificáveis – estado mental, hábitos, educação, etc. Assim, as preferências de conforto das pessoas variam bastante consoante a sua aclimatização particular ao ambiente local [84].

O conforto térmico do indivíduo é muitas vezes definido como as condições da nossa mente que expressam satisfação com o ambiente térmico [81] e [114].

Esta perceção de conforto térmico é muito afetada pelos processos de transferência de massa e calor entre o corpo humano e o meio ambiente. Estas trocas térmicas dependem de vários fatores: ambientais (onde poderão ser incluídos a temperatura do ar, humidade relativa, temperatura média radiante, velocidade do vento) ou pessoais (dos quais, os mais importantes são a produção de calor metabólico e o tipo de vestuário usado). Estas trocas realizam-se por processos físicos, como a convecção, a radiação, a evaporação e, eventualmente, a condução.

Embora atualmente, os estudos de conforto térmico se realizem para qualquer tipo de ambiente: exterior [157]; no espaço [88] e situações extremas [76]; os estudos mais comuns são realizados para ambientes de trabalho, onde a produtividade é fator preponderante [156].

Dada a variedade e complexidade das reações associadas aos parâmetros intervenientes, é difícil estimar se um dado ambiente de trabalho acarreta algum risco para os trabalhadores expostos (aliás, o desconforto pode traduzir-se em doenças, segundo estudos realizados por Lagoudi [91], se a duração de exposição deverá ser reduzida, ou ainda, quais os parâmetros sobre os quais é necessária intervenção de forma a tornar a situação adequada.

Para ambientes moderados definidos pela ISO 7730 [81], várias medidas podem ser aplicadas para criar o conforto térmico, por exemplo, um apropriado design na construção de edifícios [75] e [43], com aquecimento e ar condicionado [61] e [32] e a seleção de vestuário apropriado [65] e [15].

Desenvolveram-se assim, várias metodologias de análise de ambientes térmicos, que regra geral combinam a influência dos parâmetros já descritos. Podem ser feitos estudos experimentais [162] sobre o conforto do indivíduo e foram feitos bastantes esforços no design e aplicação de manequins, de modo a poder alargar o leque de situações testadas. Há manequins que foram desenvolvidos e usados em zonas de conforto e outros mais avançados de terceira geração executantes de sudação, para usar em ambientes quentes [114].

No entanto, os índices de stress térmico continuam a ser a metodologia mais usada na caracterização de ambientes [105], [149] e [74].

São vários os índices de stress térmico existentes, mas provavelmente os mais usados são os índices que, tomando como ponto de partida as medições individuais dos diferentes parâmetros climáticos, preveem a sensação térmica resultante – como é o caso dos índices PMV e PPD.

O índice PMV [81] é o mais utilizado para verificar a sensação de conforto térmico e o seu objetivo reside na quantificação do grau de conforto associado a determinada situação, de forma a assegurar uma abordagem tão racional e objetiva quanto possível.

O índice PMV pode ser determinado desde que sejam conhecidos os valores de produção de calor metabólico, a resistência térmica do vestuário e os valores dos parâmetros ambientais, nomeadamente: temperatura do ar; temperatura radiante média; velocidade relativa do ar e pressão parcial de vapor de água. Este índice é baseado num balanço térmico do corpo humano, a produção interna de calor iguala as perdas de calor para o ambiente.

Em ambientes térmicos moderados, o processo de termorregulação do ser humano assegura, de forma automática, a alteração do valor da temperatura cutânea e do débito sudatório, de forma a manter uma situação de equilíbrio térmico. No cálculo de índice PMV, a resposta fisiológica

relativa ao sistema de termorregulação, foi baseada numa amostra estatisticamente representativa de 1300 indivíduos.

O índice PMV pode ser aplicado para verificar se um dado ambiente térmico está em conformidade com os parâmetros de conforto térmico especificados ou pode também ser utilizado para o estabelecimento de limites de aceitabilidade mais amplos, em ambientes para os quais as exigências de conforto sejam inferiores às recomendadas.

Os índices de conforto térmico são, no entanto, de natureza estatística e, embora de fácil aplicação, dão apenas indicações de carácter geral.

O nível de atividade, idade e o sexo determinam o calor produzido no corpo. Este calor é trocado com o ambiente exterior por condução, convecção, radiação e evaporação [6].

Os parâmetros mais importantes do conforto térmico subdividem-se em duas classes (individuais e ambientais) [143].

- **Parâmetros individuais**

- **Atividade**

O metabolismo corresponde à taxa de utilização de energia pelo corpo. O metabolismo subdivide-se no metabolismo basal e de atividade. O metabolismo basal corresponde à taxa verificada durante o repouso absoluto, mas em vigília. O metabolismo de atividade está relacionado com o esforço físico, podendo ser 20 vezes superior ao metabolismo basal em atletas bem treinados.

Para a mesma atividade, verificou-se que o metabolismo varia principalmente com a área corporal, pelo que é geralmente definido nas unidades  $W/m^2$ , tomando-se o valor de  $1.8 m^2$  como área corporal de um adulto. A tabela 9, apresenta os valores de metabolismo na execução de várias atividades.

TIPO DE ACTIVIDADE	Metabolismo [W/pessoa]	Metabolismo [met]	Metabolismo [ $W/m^2$ ]
Deitado	85	0.8	47
Sentado a descansar	104	1.0	58
Atividade sedentária	126	1.2	70
De pé, atividade leve	167	1.6	93
De pé, atividade média	210	2.0	117
Grande atividade	315	3.0	175

Tabela 9 - Valores de metabolismo para várias atividades [6]

Tipicamente a avaliação de conforto verifica-se em casos em que o trabalho realizado é nulo ou corresponde apenas a dissipações por atrito, tais como, pessoas sentadas ou em andamento contínuo.

#### - *Vestuário*

O vestuário é caracterizado através da sua resistência térmica,  $I_{cl}$ , nas unidades  $m^2K/W$ . À semelhança do metabolismo, o vestuário apresenta uma unidade própria, o clo, que corresponde à resistência térmica de  $0.155 m^2K/W$ . A Tabela 10, apresenta os valores de resistência térmica,  $I_{vest}$ , de diferentes tipos de vestuário.

VESTUÁRIO	Resistência térmica ( $I_{vest}$ ) [clo]	Resistência térmica ( $I_{vest}$ ) [ $m^2K/W$ ]
Nu	0	0
Calções	0.1	0.016
Vestuário tropical	0.3	0.047
Vestuário leve de verão	0.5	0.078
Vestuário de trabalho	0.7	0.124
Vestuário de inverno para ambiente interior	1.0	0.155
Fato completo	1.5	0.233

Tabela 10 - Resistência térmica do vestuário [6]

- **Parâmetros ambientais:**

- *temperatura do ar;*

- *humidade do ar;*

- *temperatura média radiante.*

#### **Equação de conforto térmico**

A equação de conforto térmico, esquematizada na figura 35, permite calcular o termo de acumulação de energia no corpo,  $S$ , correspondente à diferença entre o metabolismo desenvolvido no corpo e a transferência de calor para o ambiente [6], sendo apresentada da seguinte forma:

$M - W$  (Metabolismo e Trabalho)

$- 3.05 \times 10^{-3} [5733 - 6.99 (M - W) - p_{vap}]$  (Difusão de vapor)

$- 0.42 [(M - W) - 58.15]$  (Transpiração)

- $1.7 \times 10^{-5} M (5867 - p_{\text{vap}})$  (Respiração latente)
- $0.0014 \times M (34 - T_{\text{ar}})$  (Respiração sensível)
- $3.96 \times 10^{-8} f_{\text{vest}} [(T_{\text{vest}} + 273)^4 - (T_{\text{rad}} + 273)^4]$  (Radiação)
- $f_{\text{vest}} \times h \times (T_{\text{vest}} - T_{\text{ar}})$  (Convecção)
- + S (Acumulação de calor)

Nesta equação:

- **M** é o metabolismo, em W/m<sup>2</sup> (área corporal);
- **W** é o trabalho realizado para o exterior, em W/m<sup>2</sup> (área corporal);
- **p<sub>vap</sub>** é a pressão parcial do valor de água do ar ambiente, em Pa;
- **T<sub>ar</sub>** é a temperatura seca do ar ambiente, em °C;
- **f<sub>vest</sub>** é um factor de vestuário, adimensional;
- **T<sub>vest</sub>** é a temperatura exterior do vestuário, em °C;
- **T<sub>rad</sub>** é a temperatura média radiante dos elementos opacos do espaço, em °C;
- **h** é o coeficiente de convecção entre a superfície exterior do vestuário e o ar exterior, em W/m<sup>2</sup>K (área exterior do vestuário);
- **S** é o termo de acumulação de energia no corpo, em W/m<sup>2</sup> (área corporal).

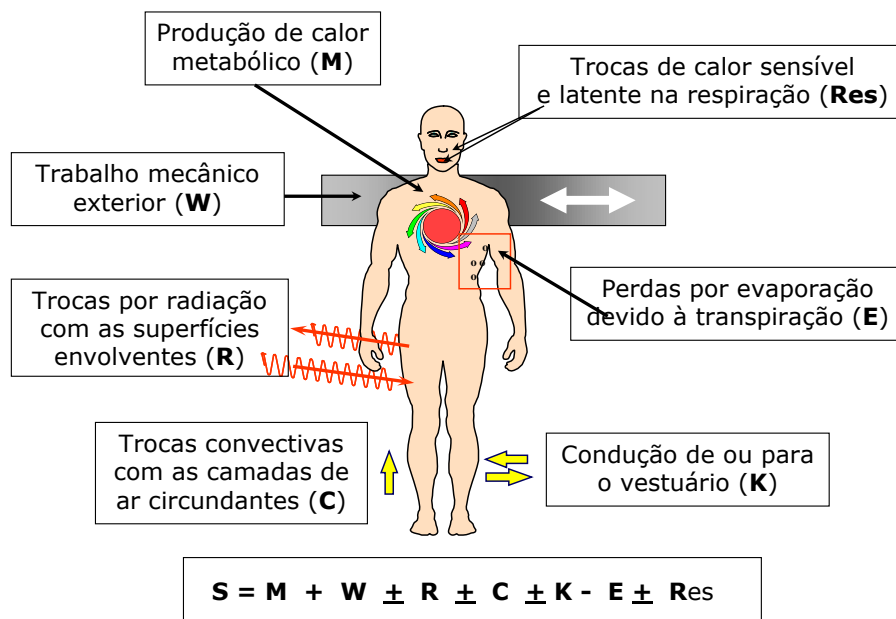


Figura 35 - Balanço Térmico do Corpo Humano [150]

## Índices de conforto térmico:

- **Índice de temperatura efetiva**

Procura definir várias combinações de temperatura seca, movimento do ar e humidade que originem a mesma sensação térmica.

- **Índice de temperatura efetiva corrigida**

Corrige o facto de o índice de temperatura efetiva não fazer intervir as trocas de calor por radiação.

- **Índice PMV - PPD**

Dos vários índices de conforto que permitem avaliar o nível de conforto a que um indivíduo está sujeito num compartimento, destacam-se os propostos por Fanger – PMV e PPD. Baseando-se na metodologia teórica e na votação da sensação térmica de um painel de avaliadores, compostos por cerca de 1300 indivíduos, submetidos a diferentes condições de atividade, vestuário e ambiente térmico, criou um índice de sensação térmica, PMV (Predicted Mean Vote), ou seja, votação média previsível, de acordo com a escala da tabela 11 [99].

Sensação Térmica	Índice de conforto
Muito Quente	+ 3
Quente	+ 2
Ligeiramente Quente	+ 1
<b>Confortável</b>	<b>0</b>
Ligeiramente Frio	- 1
Frio	- 2
Muito Frio	- 3

Tabela 11- Índices de sensação térmica e de conforto [150]

Na metodologia de Fanger é também usado um segundo índice, PPD (Percentage of People Dissatisfied), que representa a percentagem de pessoas insatisfeitas com o ambiente. A avaliação da sensação térmica e grau de desconforto de indivíduos expostos a ambientes térmicos moderados deverá ser feita com base em critérios que se baseiam na determinação dos índices PMV (Voto Médio Previsível ou Predicted Mean Vote) e PPD (Percentagem previsível de insatisfeitos ou Predicted Percentage of Dissatisfied) e aplicam-se a ambientes interiores onde se pretenda avaliar as condições ambientais em termos de conforto térmico.

Estes critérios seguem, em linhas gerais, as Normas ISO - 7730 [82] (Conforto - PMV e PPD para ambientes moderados) e ISO - 7726 [80] (Parâmetros físicos - Thermal environments - Instruments and methods for measuring physical quantities).

A avaliação de conforto térmico de um espaço realiza-se mediante a aplicação do índice PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied (Índice de Percentagem de Pessoas Insatisfeitas), proposto na norma ISO 7730 [89].

Conhecidos os valores PMV poderá determinar-se o PPD com base no gráfico da figura 36.

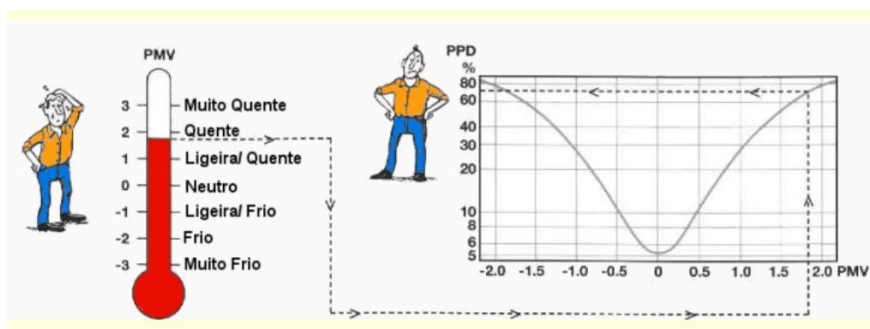


Figura 36- Índice PPD em função do índice PMV [150].

Deverá notar-se que os índices PMV e PPD exprimem sensações de desconforto em relação à totalidade do corpo. Nesse sentido, recomenda-se que o PPD seja inferior a 10% correspondendo este valor ao seguinte critério para o PMV:

$$-0,5 < PMV < +0,5$$

Ainda que o PMV se situe dentro dos valores atrás recomendados será conveniente analisar cada um dos fatores ambientais pois que a sensação de desconforto poderá ser causada por um aquecimento ou arrefecimento indesejável de uma parte específica do corpo (desconforto local). Este tipo de situações poderá dever-se a:

- existência de pavimentos demasiadamente quentes ou frios;
- assimetria muito acentuada nos valores da temperatura de radiação;
- diferença vertical da temperatura do ar muito elevada entre a cabeça e os tornozelos;
- velocidade do ar demasiado elevada (corrente de ar)

## Índices para determinar situações de risco

- **Índice WBGT - Wet Bulb Globe Temperature**

Este índice utiliza-se como indicador para avaliar a sobrecarga térmica e está definido na Norma ISO 7243 -1989.

O WBGT é um método simples e rápido para avaliação de postos de trabalho expostos ao calor. Recorre-se a duas fórmulas distintas consoante as condições ambientais enumeradas na tabela 12:

Condições Ambientais	WBGT
Em Exteriores (sob calor solar)	$WBGT = 0.7 T_h + 0.2 T_g + 0.1 T_a$
Em Interiores ou Exteriores (à sombra)	$WBGT = 0.7 T_h + 0.3 T_g$

Tabela 12 - Fórmulas distintas consoante as condições ambientais [150]

Regime de Trabalho e Descanso		Tipo de Trabalho		
		Ligeiro	Moderado	Pesado
Trabalho contínuo		30.0	26.7	25.0
75% de trabalho	Por hora	30.6	28.0	25.9
25% de descanso				
50% de trabalho	Por hora	31.4	29.4	27.9
50% de descanso				
25% de trabalho	Por hora	32.2	31.1	30.0
75% de descanso				

Tabela 13 - Avaliação de postos de trabalho [150]

- **Índice de Stress Térmico**

Equivale a um balanço energético que se estabelece pela relação entre a quantidade de energia em forma de calor, que se necessita eliminar em determinadas condições ambientais e a energia máxima que é possível eliminar (através da evaporação do suor) nessas condições.

### 3.4.2 - Conforto acústico

O conforto acústico é uma condição importante a procurar para alcançar bem-estar em casa. A ausência de conforto acústico condiciona fortemente a nossa saúde e a nossa produtividade [161].

O controlo do ruído assume também uma grande importância dado que influencia a saúde e o bem-estar dos moradores. Os empreendimentos devem considerar este fator analisando criteriosamente o local e criando elementos de barreira à propagação do ruído. Para Patrício [115], verifica-se que a maior parte das pessoas que compra uma casa elege o conforto acústico como uma das valências mais importantes na qualidade da habitação.

Na realidade, quem é que gosta de ser incomodado pela descarga de um autoclismo pertença de outra fracção autónoma, por conversas intrusivas provindas dos fogos adjacentes, pelo arrastar de móveis nos pisos superiores (ou mesmo inferiores), pelo funcionamento de maquinaria de apoio, pela passagem próxima de aviões ou comboios, pelo buzinar dos automóveis ou pela estridência das motorizadas? Nos casos de edifícios com utilização mista, o problema é ainda mais agudo, dada a coexistência (nem sempre pacífica) entre zonas de comércio e serviços (padarias, cabeleireiros, cafés, talhos, etc.) com espaços de repouso e lazer, as quais são extremamente potenciadoras de queixas devido ao ruído e que, não muito raramente derivam em processos de contencioso judicial [115].

O aumento do conforto acústico no interior das habitações pode ser obtido a partir de vários procedimentos, dos quais se destaca o aumento de isolamento acústico dos elementos de construção que constituem a fachada do edifício, assim como entre fogos do mesmo edifício e até entre compartimentos da mesma habitação.

Para um bom isolamento acústico, os pavimentos e as paredes devem ser feitas por materiais indispensáveis para um bom isolamento, como apresentado na figura 37, passando também por uma boa colocação dos mesmos.



Figura 37- Isolamento acústico [83]

Para os pavimentos, é necessário eliminar a transmissão marginal de ruídos entre fogos e entre os fogos e o exterior. Esse isolamento é conseguido através da colocação de material isolante entre as paredes de tijolo e os elementos estruturais (neste caso é a laje de betão armado), fazendo com que o ruído de percussão, tais como o arrastar de móveis, passos, pregar, etc. seja minorado.

Na parte relacionada com os envidraçados, o vidro duplo é aquele que melhores condições oferece em relação ao isolamento acústico, apesar de haver países que já utilizam o vidro triplo. A forma preferível de isolamento é a utilização de caixilharia dupla, com vidro duplo, (ver figura 38) isto apesar de se tornar economicamente dispendioso e não ser esteticamente agradável.

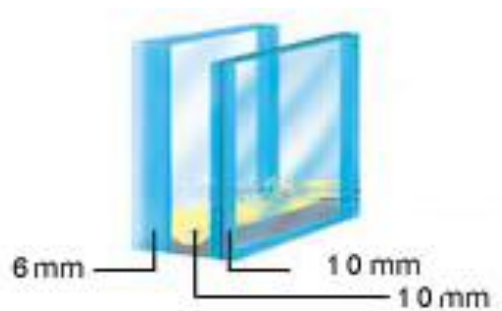


Figura 38 - Vidros com espessura de 6 e 10 mm e a câmara interior de 10 mm [144]

### 3.4.3 - Conforto visual

O conforto visual nas nossas casas é uma condição importante a atingir e, com a crescente qualidade da envolvente dos nossos edifícios, podemos hoje usufruir de uma abundante iluminação natural em casa, sem problemas de sobre aquecimento [160].

O conforto visual nas nossas casas é uma condição importante a alcançar para promover o nosso bem-estar, a saúde e, também, para aumentar a nossa produtividade. O desconforto visual é um forte motivador para atuarmos no sentido de alterar as condições em que nos encontramos, quando estas não são adequadas ao que nos faz falta [160].

Em parte, o conforto visual é determinado pelo panorama da nossa casa para o exterior, vista esta que tem extrema relevância para o nosso bem-estar.

O conforto visual é também determinado pela iluminação natural que captamos com os nossos olhos, recetores extremamente sensíveis e complexos que precisam de conforto para funcionarem de forma eficiente. Apesar de nem toda a radiação solar ser benéfica para o ser humano, a luz natural emitida pelo sol, com o seu largo espectro de tipos de radiação (nem todos visíveis pelo

olho humano), é a que melhor assimilamos e que menos cansaço nos causa quando trabalhamos [160].

As áreas envidraçadas, cujos vidros respeitem as especificações técnicas adequadas, no sentido de contribuírem para a otimização do desempenho energético-ambiental do edifício (ver a medida proporção adequada das áreas envidraçadas, tendo em consideração a orientação solar), permitem uma penetração de radiação solar benéfica para os utilizadores.

Numa habitação, o conforto visual carece de um sistema de controlo operável pelos utilizadores, uma vez que o dimensionamento das áreas envidraçadas contempla a iluminação natural necessária em dias encobertos, quando a radiação disponível à superfície da terra é muito inferior àquela que existe em dias de céu limpo e, nestes, a radiação solar que atravessa as mesmas áreas envidraçadas poderá ser muito superior à pretendida. Assim, é importante poder orientar as lâminas do estore exterior de forma a olhar a paisagem sem fazer entrar a radiação solar indesejada [160].

É muito importante para o nosso bem-estar psíquico mantermos, de forma regular, o contacto visual com os elementos naturais, porque reforçam a nossa sensação de serenidade e de confiança quando restabelecemos a relação com a natureza. Assim, uma superfície ampla com água ou vegetação, que possamos ver da janela da sala ou do quarto, é um aspeto positivo a considerar na conceção de espaços habitacionais e de serviços e que acrescenta valor de mercado [160].

Numa cidade compacta são muito procuradas as habitações que têm vista para o horizonte, sinónimo do infinito, não apenas porque existem em menor número (situando-se no perímetro exterior da área urbanizada ou em edifícios com grande altura), mas também porque o horizonte é, por si só, uma dimensão que dá escala a todas as experiências em espaços urbanos. Os significados que damos ao horizonte são inúmeros e o grau como este acrescenta valor, a qualquer propriedade da qual se avista, é inquestionável [160].

### 3.5 - Isolamento térmico

---

A necessidade do isolamento térmico dos edifícios tem vindo a aumentar desde há muito no sentido de melhorar o conforto térmico e a eficiência energética dos edifícios. A qualidade de um material de isolamento depende da sua adaptabilidade ao tipo de construção e tradições nacionais, regionais ou até locais. Neste sentido, materiais muito usados em certas regiões, podem não ter qualquer aplicação noutras, apesar de cientificamente qualquer material poder ser substituído por outro [90].

No nosso país, o campo de utilização dos isolantes térmicos de edifícios abrange as coberturas, as paredes simples e duplas, os pavimentos sobre espaços e sobre espaços interiores não aquecidos.

Existem três formas de Isolamentos térmicos:

- Isolamento pelo interior;

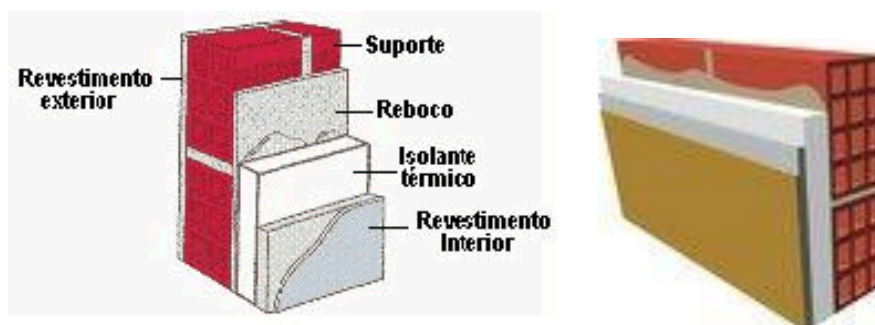


Figura 39 - Isolamento pelo interior [144]

- Isolamento na parede dupla;

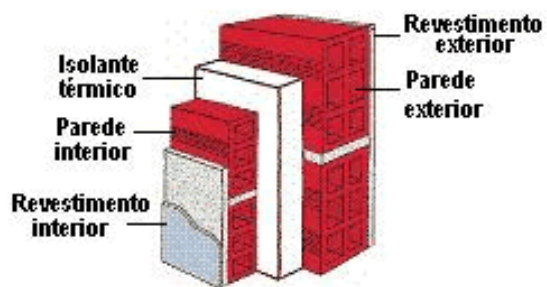


Figura 40 - Isolamento na parede dupla [144]

- Isolamento pelo exterior;

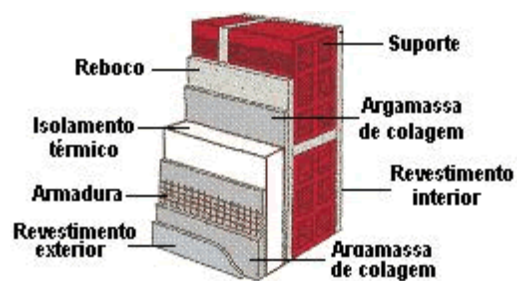


Figura 41 - Isolamento pelo exterior [144]

Sendo a melhor opção o isolamento térmico pelo exterior, pois é o sistema de isolamento que apresenta um maior número de vantagens [144].

Algumas dessas vantagens são [160]:

- aumento da durabilidade das fachadas, uma vez que estas se encontram protegidas da ação dos agentes climáticos e atmosféricos (choque térmico, água, radiação solar, etc);
- aumento da inércia térmica dos edifícios, uma vez que a maior parte da massa das paredes se encontra pelo interior da camada de isolamento térmico, atuando assim como reguladores térmicos;
- diminuição da espessura das paredes exteriores, com o conseqüente aumento da área habitável;
- redução do peso das paredes, e das cargas permanentes sobre a estrutura;
- diminuição do risco de condensações, tanto superficiais como internas;
- economia de energia, devido à redução das necessidades de aquecimento e arrefecimento do ambiente interior;
- melhoria da impermeabilidade das paredes, uma vez que o material isolante térmico atua como uma barreira a humidades provenientes do exterior;
- redução das pontes térmicas, permitindo obter o mesmo coeficiente de transmissão global da envolvente que outras soluções construtivas, mas utilizando uma espessura de isolamento térmico mais reduzida;

Possibilidade de alteração do aspeto das fachadas e colocação em obra sem perturbar os ocupantes dos edifícios, tornando esta técnica de isolamento particularmente vantajosa na reabilitação de fachadas degradadas.

### 3.6 - Vãos envidraçados

---

As áreas envidraçadas são os pontos de maior contacto entre o interior das casas e o espaço exterior, a vista, a iluminação, o ar o calor e frio são todos potenciados ou condicionados pelas áreas envidraçadas [167].

Os vidros duplos, a caixilharia e os sistemas de sombreamento exteriores estão entre os elementos construtivos que, durante as últimas décadas, mais beneficiaram de um desenvolvimento tecnológico essencial e marcante. A escolha da caixilharia e do tipo de vidro para os vãos

envidraçados é preponderante não só a nível do comportamento térmico mas também do comportamento acústico do edifício [10].

Os valores apresentados na figura 42 equivalem a uma caixilharia simples de vidro duplo. As linhas horizontais representam os coeficientes de referência do RCCTE.

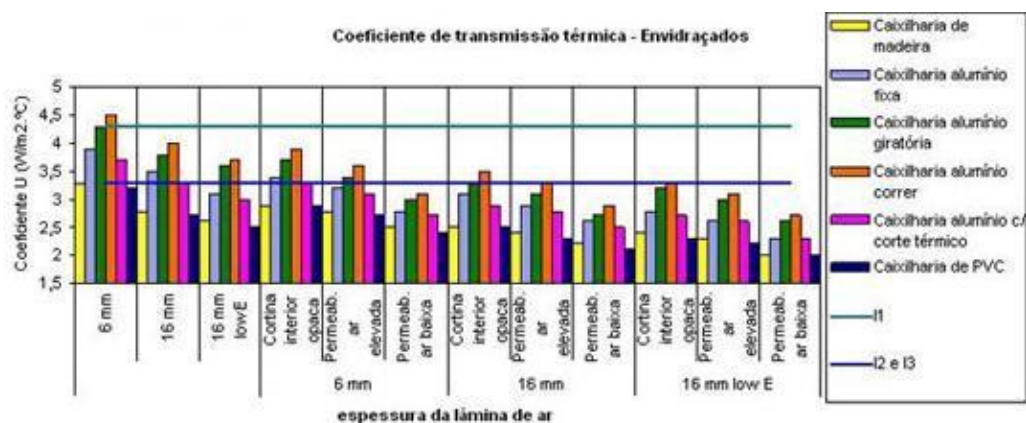


Figura 42 - Valores de U para uma caixilharia simples de vidro duplo [10].

A projeção das áreas envidraçadas deve ter em conta as necessidades de luz, de aquecimento e de arrefecimento do edifício. Os envidraçados são equipamentos reguladores da luminosidade e da temperatura no interior do edifício, pelo que, quando bem projetados podem ajudar a reduzir as necessidades energéticas para iluminação e climatização. Pelo contrário, uma área envidraçada mal projetada pode penalizar muito o consumo de energia e provocar grande desconforto para os habitantes no seu interior [103].

O projeto relativo às zonas envidraçadas deve ter em conta diversos fatores [103]:

- a adoção de dispositivos de sombreamento;
- a condutividade térmica do vidro (transferência de calor através do vidro);
- a emissividade do vidro (perda de calor por radiação);
- a existência de envidraçados mais extensos em escadarias e nas claraboias de aberturas reguláveis para ventilação natural no verão, de forma a promover a ventilação natural por efeito de chaminé, evitando sobreaquecimentos.
- a orientação solar do edifício ao sol;
- o factor solar do vão envidraçado (coeficiente entre a energia solar que entra através do vão envidraçado e a energia de radiação solar que nele incide);
- o factor solar do vidro (quociente entre energia solar transmitida através do vidro para o interior e a energia solar nele incidente );

### 3.6.1 - Parâmetros a ter em conta na escolha

- **Factor Solar do Vidro**

O factor solar do vidro é o quociente entre a energia solar que entra através do vão envidraçado e a energia de radiação solar que nele incide.

- **A Condutividade do Vidro**

A condutividade do vidro é a transferência de energia térmica através do mesmo. Quanto menor a condutividade térmica maior o efeito de isolamento térmico do vidro.

No caso de um vidro duplo o efeito de isolamento térmico é melhorado, em relação ao do vidro simples [103].

- **Emissividade dos Vidros**

A emissividade é a grandeza que caracteriza a perda de calor por radiação do vidro. Em qualquer circunstância um vidro deve ter uma emissividade reduzida. Quanto menor a emissividade menor o coeficiente U. A emissão de um vidro normal é cerca de 0,89.

O vidro baixo emissivo ou também designado de vidro de isolamento térmico reforçado é um vidro que permite um ótimo isolamento térmico ao reduzir as perdas de calor. Este vidro pode ter um factor solar baixo ou elevado. O fator solar do vidro deve ser tido em consideração conjuntamente com o coeficiente de transmissão térmica do vidro [103].

### 3.6.2 - Diferentes vidros no mercado

- **Vidro Duplo**

Este tipo de vidro permite a visibilidade, reduzindo simultaneamente o fluxo de energia que atravessa o vidro, diminuindo o coeficiente de transmissão energética U, de 5,0 W/m<sup>2</sup>.°C, para vidro simples, até 2,4 W/m<sup>2</sup>.°C, para vidros duplos comuns [81].

- **Vidro isolante**

Um vidro isolante é um vidro com capa de controlo solar com baixa emissividade, que possui uma barreira que reduz consideravelmente a transmissão energética. Nestes vidros depositam-se sucessivamente várias capas metálicas com alto teor em prata, que origina um vidro transparente e incolor como o vidro "float" original.

A perda de energia através de um vidro com capa metálica de controlo solar reduz-se 70% em relação a um vidro convencional, uma vez que a capa metálica evita quase totalmente as trocas de energia [4].

- **Vidro refletante**

Estes vidros contêm numa das suas faces uma capa metálica que lhe atribui propriedades de reflexão e controlo solar.

Os vidros de controlo solar refletantes desempenham uma função muito importante no controlo dos fluxos de energia entre o exterior e o interior do edifício.

- **Vidro reflectante na massa**

Trata-se de um vidro de controlo solar com uma elevada transmissão luminosa e muito pouca reflexão.

A diferença em relação a outros vidros de controlo solar, é o facto de não possuir nenhuma camada de prata aderida ao vidro.

### **3.6.3 - Proporção adequada de envidraçados**

O dimensionamento adequado das áreas envidraçadas, em função da orientação solar, é uma medida que contribui consideravelmente para o conforto térmico das habitações [161].

É a proporção adequada das áreas envidraçadas que tem em consideração a variação do percurso do sol durante as quatro estações do ano, conforme determinam a capacidade de penetração da radiação solar nos espaços interiores e a respetiva captação do seu calor. Esta capacidade de captar a energia do Sol é um dos principais contributos para o conforto que os espaços interiores oferecem e um dos principais responsáveis para reduzir a fatura energética. As áreas envidraçadas são a componente do edifício que permite a interação mais direta com o clima, devendo ser adequadas ao respetivo clima.

No inverno quando nos encontramos próximos de uma janela, dentro de casa, e o sol brilha sentimos instantaneamente, o impacto de calor da radiação solar. Para alcançar condições de conforto no interior ocorre um equilíbrio entre as áreas recetivas, que reagem ao clima de forma instantânea, e as áreas opacas que, pela sua estabilidade, atenuam o impacto das incidências extremas do clima. Por este motivo, é natural que uma construção sustentável tenha sido adequada ao clima em que ia ser inserida, procurando o equilíbrio entre as paredes opacas e as áreas recetivas aos raios solares [160].

Ao longo do processo, [160] estes “inputs” que visam a otimização do desempenho do futuro edifício, podem resultar, por exemplo, num aumento das áreas envidraçadas orientadas a sul (para aumentarem os ganhos solares diretos durante o inverno) e compensar áreas envidraçadas orientadas a norte (que vão aumentar as perdas térmicas), concebidas para privilegiar uma vista.

A qualidade e o desempenho das áreas envidraçadas têm um grande peso no cumprimento dos novos regulamentos e são cruciais para se alcançar uma certificação energética classe A.

### **3.6.4 - Vãos envidraçados orientados a sul**

Como não são desejados ganhos solares durante os meses mais quentes, embora sejam extremamente bem-vindos durante os meses mais frios, a orientação sul (quando possível) é a mais benéfica. Qualquer vão orientado a sul permite a entrada dos raios solares durante os meses em que o sol está mais baixo (inverno) e elimina a entrada dos raios solares quando está mais alto (verão) [160].

Em Portugal central, o clima obriga a que, num edifício residencial, a proporção da área de alçado Sul ocupada por vãos envidraçados não supere os 35%. Há, evidentemente, um conjunto de fatores que poderão ser quantificados e definidos apenas através dos cálculos do Engenheiro Térmico, contudo, esta estimativa (dos 35% de envidraçados) poderá servir de base indicativa. As áreas envidraçadas orientadas a Sul devem ser sempre munidas de sistemas de sombreamento exterior que permitam controlar o grau de luminosidade e a quantidade de raios solares diretos que penetram a habitação, sem causar a perda da vista nem, tão pouco, a liberdade de ventilar [160].

### **3.6.5 - Vãos envidraçados orientados a nascente e poente**

Nestas orientações não se verifica uma diferença acentuada do ângulo solar para a orientação do vão, por si só, distinguir entre as estações do ano de uma forma passiva. Por este motivo, estes vãos necessitam de proteção, durante o inverno, enquanto todos os ganhos solares são bem-vindos, estes vãos servirão justamente para deixar entrar todo o calor do sol, porém, durante os meses mais quentes, sobretudo a orientação a poente necessita de ser muito protegida ou seja, sombreada pelo exterior. Num edifício bem concebido, o sobreaquecimento é um fenómeno muito raro (correspondendo a menos do que 2,5% do tempo) e resulta, muitas vezes, da incidência dos raios solares provenientes de poente.

Durante os meses mais quentes do ano, a orientação poente possui a característica de poder receber ganhos solares numa altura em que estes não são, de todo, bem-vindos, porque o calor acumulado durante todo o dia já saturou a capacidade de absorção e acumulação da massa térmica do edifício.

Por isso, é importante que o dimensionamento dos vãos com a orientação poente seja a mais conservadora. Também a proteção pelo exterior destes vãos deverá ser equacionada logo à partida [160].

### **3.6.6 - Vãos envidraçados orientados a norte**

Nesta orientação, as áreas envidraçadas a norte têm um peso importante no balanço energético do edifício, porque são áreas que têm perdas e nunca têm ganhos energéticos. Em edifícios de habitação, estes vãos permitem garantir a boa ventilação natural dos espaços. Fornecem ainda aos espaços interiores uma excelente iluminação natural difusa, aproveitando a luz proveniente da abóbada celeste e evitando o excesso de luz solar direta, que é característica das outras orientações.

Mas existem outras razões para aumentar estas áreas envidraçadas, [160] uma vista privilegiada, por exemplo, pode justificar o aumento da área envidraçada orientada a Norte e, sempre que tal aconteça, é importante reavaliar o equilíbrio global do edifício do ponto de vista dos ganhos e das perdas energéticas. Um aumento de área envidraçada orientada a norte pode ser complementado, por um aumento adequado da área envidraçada orientada a sul.

### **3.6.7 - Vãos envidraçados zenitais – claraboias**

As claraboias, quando o plano da área envidraçada se aproxima do horizontal, são vãos que oferecem uma iluminação muito especial e bem-vinda nos dias mais frios de inverno, porém são vãos extremamente perigosos no contexto climático de Portugal, porque os raios solares são demasiado intensos durante muitos dias do ano, resultando em sobreaquecimento por consequência do efeito de estufa [160].

Em espaços com uma área de envidraçado zenital grande, é muito importante que este possa ser integralmente aberto para evitar os ganhos solares excessivos que resultam do efeito estufa [161].

### **3.6.8 - Tipologia da caixilharia**

A caixilharia suporta os painéis de vidro duplo que constituem as áreas envidraçadas, tanto na sua posição fechada como nas suas diversas posições abertas, garante a estanquicidade dos espaços interiores, absorve os movimentos díspares (por exemplo, a força do vento) com os seus elementos rígidos distintos e contribui assim para a otimização do desempenho energético-ambiental do edifício [21].

### **Características a ter em consideração na especificação da caixilharia [21]:**

- o grau de estanquicidade da caixilharia que obriga a garantir renovações de ar por outra via;
- o material que constitui o caixilho deve ser tão reciclável quanto possível, devendo ser privilegiados os acabamentos mais fáceis de reciclar, como é o caso do alumínio anodizado, face ao termolacado;
- o material que constitui o caixilho deve ter sido, em parte, reciclado, no caso do alumínio, designa-se por alumínio secundário. A proporção do material reciclado incorporado será indicada pelo fornecedor e deverá ser superior a 50%. É também interessante ser informado, por parte do fornecedor, qual a proporção de material reciclado proveniente de prévias aplicações (pelo menos 40% ser alumínio proveniente de demolições) e qual a proporção proveniente do processo de fabrico (até 60% podem ser desperdícios de fabrico).

Os materiais mais utilizados são [21]:

- caixilharia de madeira ;
- caixilharia de alumínio ;
- caixilharia de alumínio com corte térmico;
- caixilharia de PVC .

A madeira é um material mais ecológico, durável (com um tempo de vida de cerca de 40 anos) e bastante resistente, se for de origem de florestas certificadas, e se receber tratamento adequado [21].

O alumínio é um material bastante resistente e durável com acabamento de preferência anodizado, no entanto tem uma grande energia incorporada e tem um grande impacto no aquecimento global [21].

O PVC é um material bastante resistente, moderadamente durável (com um tempo de vida de cerca de 25 anos), reciclável, no entanto o PVC branco tende a mostrar descoloração ao envelhecer e é um derivado da indústria petroquímica [21].

As caixilharias com lâmina de ar de 16 mm têm um melhor desempenho térmico que as caixilharias com lâmina de ar de 6 mm. As caixilharias com permeabilidade ao ar, tem um desempenho térmico melhor do que com permeabilidade elevada, no entanto o vão envidraçado deve possibilitar a renovação de ar [21].

A renovação de ar das caixilharias contribui para a ventilação natural e evita a produção de condensações no interior. Estas renovações de ar implicam perdas de energia pelo que é necessário criar um equilíbrio entre elas.

## 3.7 - Sistemas de iluminação

---

### 3.7.1 - Iluminação natural

Nos edifícios, as condições de iluminação natural e insolação constituem importantes fatores que condicionam tanto o bem-estar dos ocupantes como a própria eficiência energética da habitação [98].

A iluminação natural e a radiação solar constituem dois dos principais aspetos condicionantes das condições de conforto ambiental no interior dos edifícios. O papel fundamental da iluminação natural consiste em proporcionar um ambiente visual interior adequado. Considera-se que esse ambiente luminoso é adequado quando permite assegurar as necessidades de conforto visual e quando permite a execução das diferentes tarefas visuais que tenham lugar no interior dos compartimentos [27].

Portugal dispõe de boas condições geográficas e climáticas que propiciam o aproveitamento da luz natural nos edifícios, apesar disso alguns fatores podem prejudicar esse aproveitamento, como por exemplo [113]:

- compartimentos interiores sem comunicação visual e luminosa com compartimentos perimetrais (com aberturas para o exterior);
- compartimentos com aberturas para o exterior, demasiado profundos;
- dispositivos de proteção solar não compatíveis com os requisitos de iluminação natural e com a necessidade de oclusão noturna;
- inadequação das características dos vãos envidraçados (dimensão e forma, localização, dispositivos de sombreamento ineficazes, entre outros);
- obstrução à luz natural por parte de edifícios fronteiros;
- orientações desfavoráveis dos vãos envidraçados devido a constrangimentos urbanísticos e de loteamento.

O Factor de Luz do Dia (FLD) [28] é o parâmetro de uso mais generalizado na caracterização e quantificação das condições de iluminação natural nos edifícios. O FLD define-se como sendo o quociente (expresso em percentagem) entre a iluminância num dado ponto de um dado plano no interior de um compartimento devida a um céu de distribuição de luminâncias conhecida, e a

iluminância exterior num plano horizontal proveniente de um hemisfério desobstruído desse céu. A contribuição da radiação direta para ambas as iluminâncias é excluída.

A representatividade do FLD, restringe-se às condições de nebulosidade de um Céu Encoberto-Padrão da CIE [27], cuja distribuição teórica de luminâncias apenas traduz com rigor as condições de céus completamente encobertos por nuvens espessas e escuras. Em regiões onde predominem as condições de céus não-encobertos, o FLD embora possa ser usado no estabelecimento de critérios de condições mínimas de iluminação natural, revela-se insuficiente na caracterização das condições de médias anuais.

### 3.7.2 - Iluminação artificial mais vulgar, no sector residencial

Numa abordagem elementar os sistemas de iluminação podem classificar-se em [152]:

- sistemas de iluminação direta;
- sistemas de iluminação indireta.

Diz-se que a iluminação é direta quando 90 a 100% do fluxo de luz que é emitido pelas fontes (lâmpadas) atinge diretamente a superfície a iluminar, sem quaisquer reflexões noutras superfícies (tetos e paredes). Pelo contrário, a iluminação é indireta, quando 90 a 100% do fluxo atinge a superfície a iluminar, por reflexão nos tetos e/ou paredes [152]. A figura 43 esquematiza um sistema de iluminação direta e um sistema de iluminação indireta.

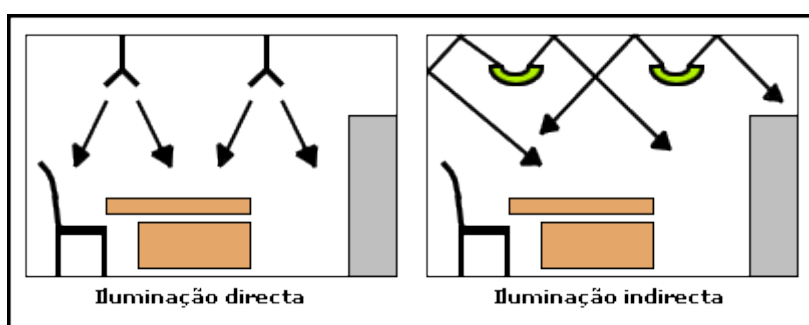


Figura 43- Sistemas de iluminação direta e indireta [152]

Entre estas duas situações ou, se quisermos instalações, existem variantes intermédias que poderemos designar por [152]:

- **sistema semidirecto**, quando 60% a 90% do fluxo é enviado diretamente para a superfície a iluminar, obtendo-se um contraste sombra-luz não muito acentuado;

- **sistema misto**, quando fluxo se distribui uniformemente em todas as direções, não se criando praticamente zonas de sombra nem encandeamentos;
- **sistema semi-indireto**, quando 60 a 90% do fluxo é dirigido para o teto e grande parte do fluxo atinge a superfície a iluminar por reflexão no teto e paredes.

O consumo de eletricidade na iluminação tem vindo a aumentar substancialmente nos últimos anos devido principalmente à construção de habitações com maiores áreas e à utilização de maior número de pontos de luz. A iluminação artificial de um espaço está intimamente relacionada com as suas dimensões, reflectância das superfícies interiores e com a atividade que nele se desenvolve.

Um sistema de iluminação efetivo e eficiente deverá [98]:

- **assegurar** um elevado grau de conforto visual;
- **assegurar** um nível de iluminação adequado à atividade;
- **possibilitar** o controlo da iluminação dos espaços por zonas;
- **possuir** baixo consumo energético;
- **utilizar** iluminação natural.

A iluminação elétrica no interior dos edifícios pode ser conseguida através de lâmpadas incandescentes, de halogéneo, de halogéneo de baixa voltagem, fluorescentes tubulares, fluorescentes compactas e leds, com consumos energéticos distintos para níveis finais de desempenho exatamente iguais.

A eficácia luminosa das lâmpadas, muitas vezes designada por "rendimento luminoso" (h), é caracterizada pela razão entre o fluxo luminoso (em lúmen) produzido e a energia elétrica (em Watt) consumida pela lâmpada.

As lâmpadas incandescentes, apresentadas na figura 44, são o tipo de lâmpadas mais utilizado na iluminação artificial interior. Este tipo de lâmpadas é o mais barato, embora seja o menos eficiente e possua menor duração. Da energia que consomem só 5 a 10% se transforma em energia luminosa, o que se traduz em custos de operação mais elevados. Toda a restante energia se transforma em calor. O seu rendimento luminoso é na ordem dos 12 lm/W.

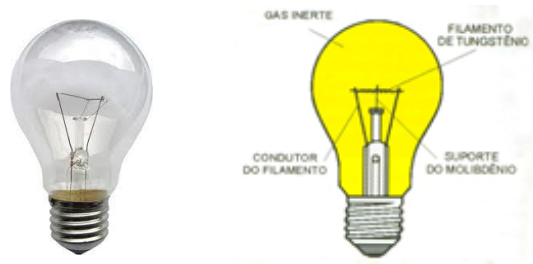


Figura 44 - Lâmpadas Incandescentes [152]

As lâmpadas de halogéneo são também um tipo de lâmpadas incandescentes. Estas são mais caras do que as primeiras, possuindo no entanto maior durabilidade (cerca de 2000 horas).

Existem lâmpadas que trabalham em corrente normal (220-240V) enquanto que outras trabalham em baixa tensão (é preciso usar um transformador para reduzir a tensão da rede). Estas últimas têm uma eficácia cerca de 15% superior às outras. O seu rendimento luminoso é na ordem dos 15 lm/W.



Figura 45 - Lâmpadas de Halogéneo [92]

As lâmpadas fluorescentes compactas LFC (figura 46), podem possuir balastro eletrónico ou balastro magnético (convencional). As que possuem balastro eletrónico são mais eficientes do que as que possuem balastro convencional. Dependendo do tipo, as mais eficientes podem ter uma eficácia da ordem de 60 lm/W. Começam a ser bastante comuns na iluminação interior.



Figura 46 - Lâmpadas fluorescentes compactas (L.F.C.) [93]

As lâmpadas fluorescentes tubulares apresentadas na figura 47 são muito utilizadas na iluminação interior de edifícios de serviços e indústria. As lâmpadas fluorescentes tubulares, tal como as anteriores, precisam dum arrancador para funcionar. A maioria destas lâmpadas pode ser usada com balastro convencional ou eletrónico. As que usam balastro eletrónico são mais eficientes. A maioria é tubular simples (tem a forma dum tubo direito) embora existam lâmpadas circulares e em forma de "U". As últimas têm um diâmetro de 30mm ou 38mm e são as menos eficientes. A sua eficácia situa-se na gama de valores de 20 a 80 lm/W.



Figura 47 - Lâmpadas fluorescentes tubulares [93]

Os led's devido ao baixo consumo de energia, robustez, tempo de vida útil longo e ao facto de não conterem mercúrio, os díodos emissores de luz (led's) representam novas oportunidades nas aplicações para iluminação. Há duas maneiras diferentes de obter luz branca com led's. Uma das formas consiste numa combinação de fósforo excitado por uma emissão de radiação azul ou ultravioleta. A outra forma resulta da combinação de led's monocromáticos com diferentes cores, como mostra a figura 48. Este segundo método revela-se mais eficiente e flexível, uma vez que variando os comprimentos de onda de cada LED monocromático obtêm-se diferentes resultados no que diz respeito a rendimento, fluxo luminoso e IRC [113].

Os led's podem ser de baixa (0,1W), média (0,2W a 0,5W) e de alta potência (acima de 0,5W). Em geral, os de baixa e média potência são utilizados para sinalização e efeitos decorativos. Os de alta potência já podem ser aplicados em iluminação geral.



Figura 48 – Lâmpadas Led's [93]

As principais vantagens dos led's, relativamente às restantes fontes de luz são [113]:

- baixos consumos (entre 0.75 e 3A);
- eficiência energética (40 a 85 lm/Watt);
- funcionamento em corrente contínua para tensões compreendidas entre 10 e os 24V;
- funcionamento fiável a todas as temperaturas (desde os -30°C aos +60°C);
- maior segurança, já que trabalham em baixa tensão (< 33V). Proporcionam segurança para os utilizadores durante a sua instalação e utilização;
- maior tempo de vida útil e consequente baixa manutenção (até 50.000horas);
- não emitem luz ultravioleta (sendo ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejada, como por exemplo, locais onde existam quadros e obras de arte);
- não emitem radiação infravermelha, fazendo por isso que o feixe luminoso seja frio;
- resistência a impactos e vibrações: Utiliza tecnologia de estado sólido, portanto, sem filamentos e sem vidro, aumentando a sua robustez;
- tamanho reduzido;
- temperatura de cor: 3000 a 6000 K.

Por outro lado, as desvantagens apresentadas são [95]:

- custo de aquisição elevado, caso a aplicação seja desadequada;
- necessidade de dispositivos de dissipação de calor nos leds de alta potência (a quantidade de luz emitida pelo led diminui com o aumento da temperatura);
- necessidade de fonte de alimentação ou *interface* (transformador ou um driver) que converta as características de alimentação de uma tomada comum para um padrão adequado ao funcionamento do led.
- o índice de restituição de cor (IRC) pode não ser o mais adequado (60 a 90).

### 3.8 - Coberturas ajardinadas

---

As coberturas ajardinadas contribuem para a qualificação paisagística dos edifícios, cujos ecossistemas funcionam a favor do conforto climático e da absorção da poluição atmosférica [161].

O conceito de tratamento paisagístico dos espaços exteriores permanece marcadamente relacionado com as especificidades locais e com o controlo das variáveis de conforto climático, através do coberto vegetal nas coberturas edificadas (radiação solar recebida, sombras projetadas, regime de ventos, regime de chuvas).

A plantação de espécies vegetais em áreas de cobertura resulta na criação de ecossistemas que albergam muitos dos organismos que encontramos na natureza e que são benéficos para a absorção da poluição atmosférica na cidade, causada pelas atividades humanas.

As áreas ajardinadas em coberturas tornam-se espaços de atenuação climática do próprio edificado e contribuem para reduzir o impacto dos extremos menos confortáveis do clima exterior. Uma área com densa vegetação junto a um espaço de estar semiexterior protege do sol e do vento e melhora as condições de conforto. Conhecendo as características do microclima local, é possível determinar e moldar, de uma forma criativa, o conforto em espaços exteriores. Quando dispomos de áreas que libertam humidade (como o fazem as superfícies de água, as áreas com vegetação densa, etc), a frescura resultante pode contribuir para o arrefecimento passivo e aumentar, deste modo, o conforto ambiental no interior das habitações adjacentes, bem como reduzir o efeito de ilha de calor na cidade. Espaços ajardinados, que sejam acessíveis a todos os habitantes do edifício, são contextos ideais para reuniões festivas (durante os meses mais quentes) e são também locais em que as pessoas podem interagir informalmente e aumentar a solidariedade e cooperação da comunidade em que habitam. As áreas de cobertura ajardinada são, certamente, um elemento de valorização do edifício também sob a perspetiva da sua mera presença no meio edificado, porque enriquecem o cenário urbano [161].

As coberturas ajardinadas carecem de atenção e de manutenção, mas, muitas vezes, são um local em que as pessoas que habitam o edifício revelam criatividade.

É de extrema importância que a impermeabilização, o isolamento térmico, a terra e as espécies especificados para as coberturas ajardinadas sejam adequados a este contexto e uso específico. O sistema de impermeabilização (figura 49), por exemplo, deve resistir à perfuração por raízes das espécies escolhidas e apresentar garantias de funcionamento para um prazo de 10 ou mais anos [161].

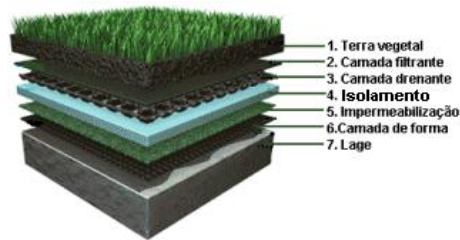


Figura 49 - Impermeabilização de cobertura ajardinada [30]

As coberturas dos edifícios quando revestidas com um material vegetal promovem um vasto conjunto de funções [161]:

- ajudam no controlo da poluição atmosférica e na absorção do ruído ambiental, uma vez que têm a capacidade de absorver dióxido de carbono e restabelecer pequenas quantidades de oxigénio;
- aumentam a área verde por habitante, promovendo novas áreas privadas ou públicas de socialização e recreio nas cidades;
- contribuem para o verde contínuo urbano;
- contribuem significativamente para a melhoria do clima urbano, pois um número significativo de coberturas deste género permitiria reduzir o efeito “ilha de calor” que se verifica nas cidades;
- maximizam o aproveitamento de águas pluviais, podendo reter um volume considerável da precipitação.
- melhoram o isolamento térmico e acústico dos edifícios, promovendo a redução de consumo energético.

## 3.9 - Energia Solar

---

Segundo Roriz et al, [142] é possível fazer um aproveitamento bem controlado do calor proveniente da radiação solar e obter temperaturas de trabalho que vão desde as temperaturas de conforto térmico, até valores de várias centenas de graus para aplicação em centrais solares. A radiação solar pode ser igualmente aproveitada, através de conversão direta, para a obtenção de eletricidade para aplicações em corrente contínua e em corrente alterna. O recurso a centrais fotovoltaicas e a sistemas fotovoltaicos descentralizados deverá ser protagonista de uma expansão que poderá acentuar-se de forma significativa, na medida em que se intensifique o aumento do preço das energias fósseis.

As aplicações do solar térmico e do solar fotovoltaico combinadas poderão no futuro, servir não só para uma utilização mais ecológica da energia mas também para fins bem distintos como a captação de água em zonas desérticas.

### 3.9.1 - Energia Solar Térmica

O aproveitamento da energia solar térmica pelo edifício, de forma passiva, cumprindo os princípios básicos, permitirá uma boa qualidade térmica do edifício e, em consequência, menores gastos energéticos e uma menor poluição ambiental que lhe é associada.

Os coletores solares térmicos são dispositivos utilizados para converter a energia do sol, através da radiação solar, em energia térmica armazenada num fluido, podendo ser água ou ar [60].

Não existe uma classificação dos painéis solares universalmente aceite. No entanto, segundo Roriz [142], a divisão é feita considerando os seguintes tipos:

**Coletores simples** – são constituídos apenas pelo absorvedor. Normalmente são constituídos por um conjunto de tubos flexíveis ligados em paralelo (ver figura 50). A eficiência ótica destes coletores é geralmente elevada, no entanto, o coeficiente de perdas é muito elevado. Embora sejam, pouco eficientes, se forem utilizados para aquecer o fluido térmico a temperaturas elevadas, devido

às elevadas perdas térmicas com o exterior. Têm a vantagem de ser de fácil aplicação e bastante económicos.

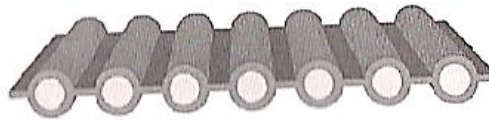


Figura 50 - Coletor simples para aquecimento de piscinas [142]

**Coletores planos** – geralmente são os mais utilizados, podendo ser de baixa ou de alta temperatura. O tipo de absorvedores, podem ser de chapa de tubos prensados ou de tubos soldados. Neste último caso, a tubagem pode ser em "serpentina" (um só tubo) ou em "harpa". A maior ou menor eficiência do coletor, deve-se essencialmente às propriedades radiativas da superfície absorvedora (tipo de revestimento da superfície absorvedora) e do tipo vidro de cobertura. Existem sistemas de coletores solares com acumulação e sem acumulação.

Estes sistemas são constituídos, basicamente, por uma cobertura transparente, uma placa absorvedora e uma caixa isolada (figura 51). É através da placa absorvedora que se dá a transformação da energia solar em energia térmica, passando essa energia para um fluido térmico que circula numa rede de canais e, que por sua vez, aquecem a água contida no depósito de armazenamento.

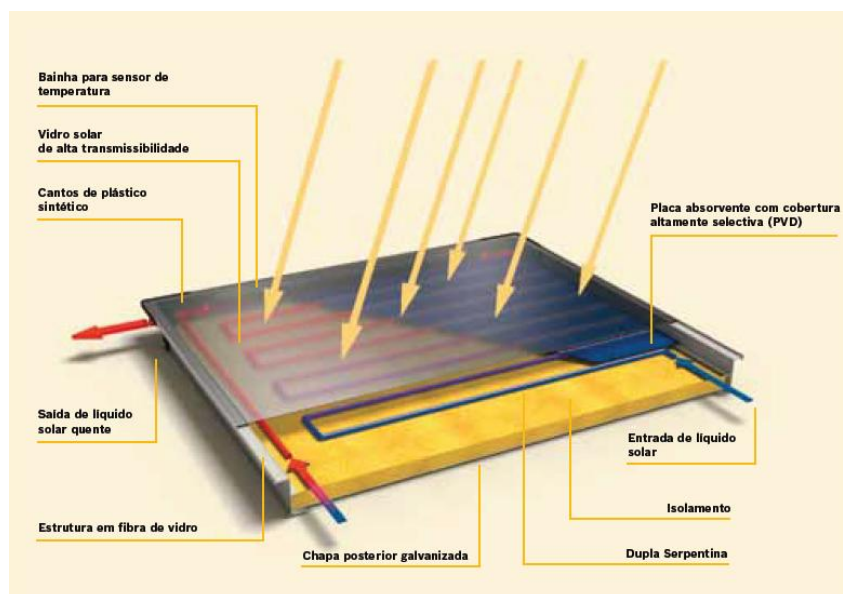


Figura 51 - Esquema de um coletor plano

De acordo com Roriz et al, [142] os coletores solares planos de baixa temperatura são utilizados quando se pretendem temperaturas do fluido térmico, inferiores a 80°C, geralmente quando se pretende utilizar água à temperatura da ordem dos 60°C. São portanto os mais utilizados em sistemas de aquecimento solar para AQS. Os coletores solares de alta temperatura conseguem trabalhar com boa eficiência a temperaturas entre 80 e 100°C, para aquecimento de ambiente e AQS, mas também para fornecer calor a um sistema frigorífico de absorção. Este tipo de painéis são frequentemente designados por painéis de alta eficiência.

**Coletores evacuados** – os coletores evacuados (também designados por coletores de tubos de vácuo) são painéis planos em que o fluido térmico circula no interior de tubos concêntricos sendo o interior de cor escura para absorver a radiação solar e o exterior de vidro para ser transparente à radiação solar e opaco à radiação própria. Entre os dois tubos existe vácuo. A maioria dos tubos de vácuo (figura 52), são evacuados abaixo dos  $10^{-5}$  bar. Desta forma, as perdas de calor de fluido térmico para o exterior são reduzidas. Existem dois tipos de painéis utilizando tubos evacuados [142]: os painéis de tubo de vácuo com fluxo direto e os painéis de tubo de vácuo com separação de fluídos.

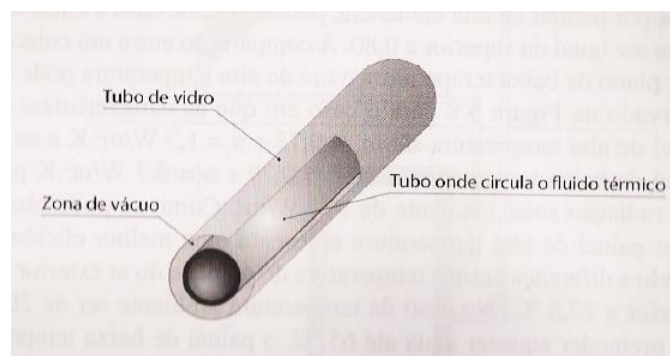


Figura 52 - Tubo de vácuo de um coletor [142]

**Coletores de tubos de calor** – um tubo de calor, é um sistema em que a transferência de calor é realizada através de fenómenos de mudança de fase. Evaporação seguida de condensação. O esquema de funcionamento de um tubo de calor está ilustrado, na figura 53, à esquerda está representado um coletor de tubo de calor em tubo de vácuo e à direita o princípio de funcionamento.

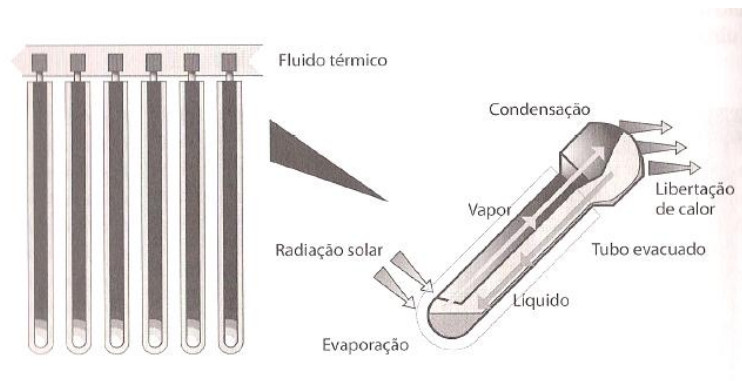


Figura 53 - Coletor de tubos de calor em tubos evacuados [142]

**Concentradores solares** – os concentradores parabólicos, [142] possuem uma superfície do tipo parabólico que concentra os raios solares para a zona de captação da energia radiante, permitindo a obtenção de temperaturas que podem ultrapassar os 300°C ou seja, não são concebidos para aquecimento de edifícios de águas sanitárias. Estes coletores podem ser do tipo cilíndrico ou de revolução e geralmente são utilizados em centrais solares térmicas.

Os coletores parabólicos simples e parabólicos compostos CPC apresentam uma superfície parabólica cilíndrica sendo a reflexão dos raios solares enviada para uma zona tubular onde circula o fluido térmico (ver figura 54). Num corte transversal, a superfície de um coletor parabólico simples é uma parábola, enquanto num CPC a superfície é constituída por duas parábolas e onde o foco de cada uma das parábolas se situa sobre a outra parábola. Nestes coletores as temperaturas de operação situam-se abaixo dos 100°C pelo que o seu domínio de aplicação é idêntico aos dos painéis solares planos de alta temperatura, e são painéis de alta eficiência.

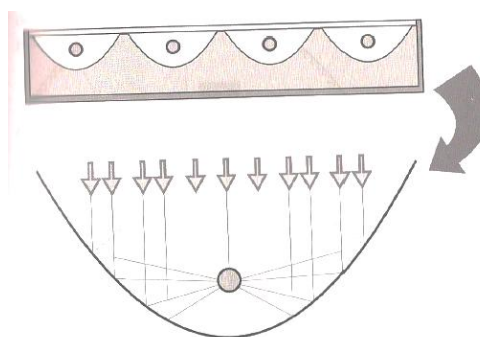


Figura 54 - Coletores parabólicos compostos [142]

Roriz et al, [142] refere que os sistemas, quanto à forma como é efetuada a circulação do fluido térmico, podem ser:

- **tipo passivo** - que inclui os sistemas de termosifão sem acumulação integrada ou com acumulação integrada. Nos casos de termosifão e ICS, o movimento do fluido faz-se por

convecção natural, devido ao facto da densidade de um fluido diminuir com a temperatura. A instalação, apresentada na figura 55, faz uso do princípio de termossifão e utiliza um depósito de acumulação.

A radiação solar ao atingir o painel solar aquece o líquido térmico (normalmente, constituído por água e anticongelante), que sendo menos denso que o restante, sobe até ao tanque de armazenamento e aquece a água contida neste. Ora esse fenómeno provoca o arrefecimento do líquido térmico que volta ao início do ciclo através das forças de convecção, designado por circulação natural ou termossifão. É possível acoplar ao tanque de armazenamento da água um termóstato para suprir as necessidades, caso o sistema não tenha capacidade para aquecer a quantidade de água desejada.

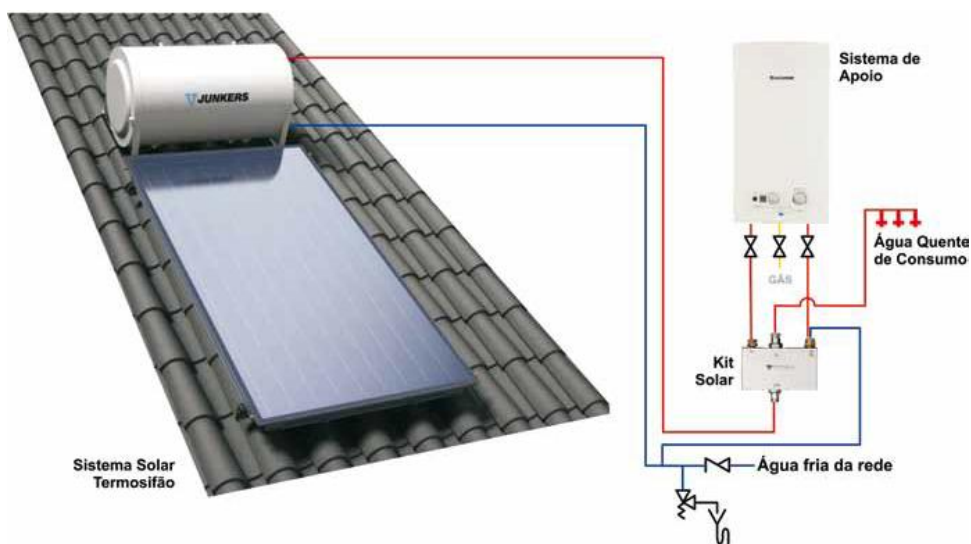


Figura 55 - Sistema Solar termossifão

Os sistemas de termossifão destinam-se a instalações de pequenas dimensões e em que o depósito de acumulação esteja montado acima do nível dos painéis solares.

No caso de sistemas com painéis de tubos de calor o movimento do fluido nos tubos de calor resulta da existência de condensação num dos extremos do tubo (de que resulta o aquecimento da água) e evaporação na outra extremidade devido à radiação recebida. A movimentação do fluido no interior dum tubo de calor faz-se desta forma apenas por efeito das diferenças de pressão resultantes da mudança de fase e da gravidade.

- **tipo ativo** - em que a circulação é feita através de bombagem. Quando não é possível o recurso ao sistema anteriormente descrito, utiliza-se um sistema de circulação forçada (ver figura 56) através da instalação de uma bomba de água, ou seja, fazendo com que o líquido

térmico percorra o circuito e aqueça a água que se encontra no depósito. Dependendo do sistema instalado, a bomba entra em funcionamento quando se verifica um diferencial de temperatura, cerca 4 ou 5 °C, entre as sondas colocadas no depósito e no coletor. Quando as condições climatéricas não permitem o aquecimento da água através dos painéis solares pode ser aplicada uma resistência elétrica no depósito.

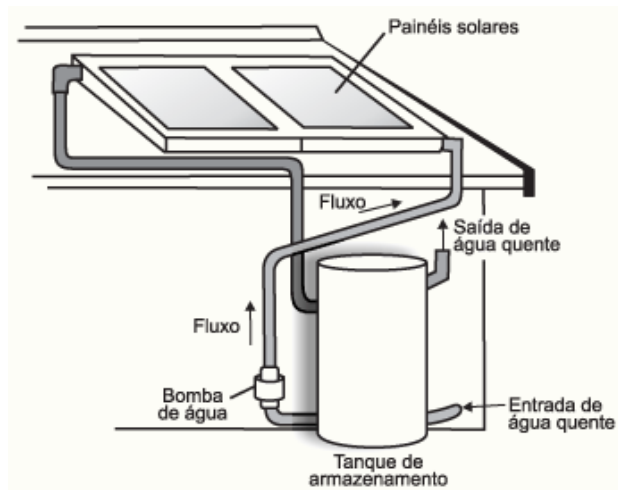


Figura 56 - Representação de um sistema de circulação forçada [35]

Durante a fase de seleção de um sistema de aproveitamento solar é importante ter em atenção os seguintes aspetos: a climatologia local, a orientação e a inclinação dos coletores solares. Só assim será possível retirar o máximo proveito do sistema e tornar a instalação economicamente viável.

Observando a figura 57, (caso de Portugal) constata-se que no inverno a radiação solar incide com pouca inclinação, sendo desejável que o painel seja mais inclinado para permitir que a radiação incida o mais perpendicular possível. No verão ocorre a situação inversa, ou seja, como o sol se apresenta mais alto o coletor devera ser menos inclinado. Em termos de orientação solar, esta deverá ser preferencialmente a sul.

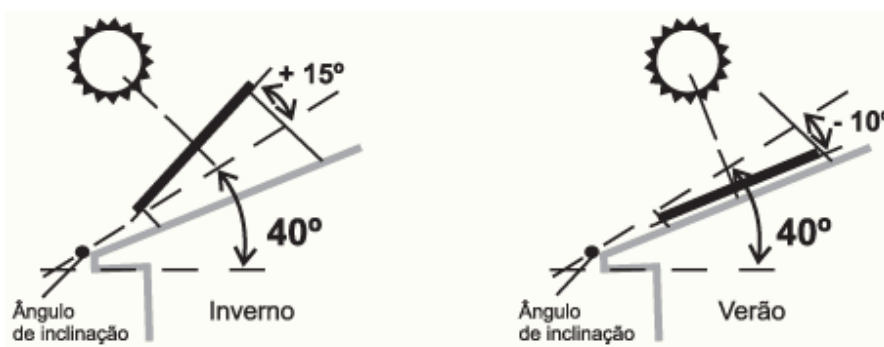


Figura 57 - Inclinação ideal dos painéis consoante as estações do ano [35]

### 3.9.2 - Energia solar fotovoltaica

Energia solar fotovoltaica é a energia obtida pela conversão direta da radiação solar em eletricidade, o efeito fotovoltaico, que não é mais que a criação de uma diferença de potencial entre os extremos de um material semicondutor desencadeada pela radiação solar. Este fenómeno foi apresentado em 1839 por Edmond Becquerel.

Os painéis fotovoltaicos são constituídos por uma sobreposição de células a que se dá o nome de módulo. Estes sistemas produzem energia de corrente contínua (DC) que terá que ser transformada, através de um conversor, em energia de corrente alternada (AC) a 220 V, para poder ser utilizada no edifício pelos diversos eletrodomésticos.

Apesar de ser um sistema ainda em desenvolvimento, existe já uma vasta gama de opções que se podem adotar no edifício, consoante o tipo de rendimento e estética (por exemplo, em termos de acabamentos e cores disponíveis, caso se opte pela colocação dos painéis na fachada do edifício) que se deseja.

Relativamente ao tipo de material, os painéis fotovoltaicos são constituídos, essencialmente, por silício, que é um material semicondutor ideal para a produção de energia elétrica.

Independentemente do tipo de células fotovoltaicas utilizadas, os painéis apresentam uma eficiência elétrica relativamente baixa. Para além disso, a eficiência é afetada pela orientação solar e pela temperatura do ar.

Existem três tipos principais de células fotovoltaicas (figura 58) [23]:

- **Células de silício mono cristalino:** trata-se de uma tecnologia com custos bastante elevados e de difícil fabrico, sendo que possui uma estrutura extremamente pura e cristalina. Em termos de rendimento, estas células atingem uma eficiência de cerca de 16%.
- **Células de silício policristalino:** possuem uma estrutura parcialmente cristalina, apresentando algumas impurezas. O processo de fabrico é simples e, como consomem menos energia, apresentam um custo de produção inferior. A sua eficiência é aproximadamente cerca de 13%.
- **Células de silício amorfo:** são compostas por filmes finos que apresentam diversos tipos de cristais na sua constituição. Comparativamente com os outros tipos de células são as que apresentam um custo mais reduzido, contudo, a eficiência elétrica é também menor – 8 a 10%.

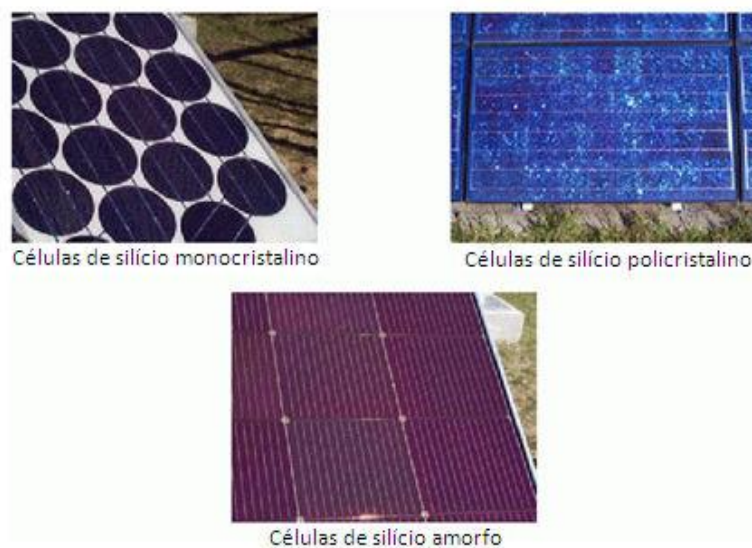


Figura 58 – Tipos de células fotovoltaicas [23]

A energia fotovoltaica é uma das mais promissoras fontes de energia renovável, apresentando algumas vantagens, entre as quais se destacam: uma elevada fiabilidade, uma fácil adaptabilidade dos módulos e o custo de operação [35].

Nem tudo são vantagens e, como tal, também apresenta desvantagens: custo de produção elevado, principalmente devido ao emprego de tecnologias sofisticadas no seu fabrico, o rendimento de conversão de energia solar em energia elétrica é reduzido, daí que a sua aplicação em edifícios seja ainda reduzida [35].

Quanto à aplicação dos painéis fotovoltaicos em edifícios, os módulos podem ser integrados na envolvente do edifício (por exemplo, paredes ou coberturas), que podem representar reduções significativas nos custos construtivos e energéticos. É possível armazenar a energia produzida através de um grupo de baterias ou, uma solução economicamente mais vantajosa é a ligação do sistema à rede elétrica, vendendo a energia produzida em excesso à companhia elétrica.

## 3.10 - Apoios / incentivos à eficiência energética e à microgeração

---

### 3.10.1 - Apoios à eficiência energética e ambiental

A Portaria n.º 303/2010 de 8 de Junho estabeleceu uma extensão da dedução à colecta do IRS relativa a encargos suportados pelos contribuintes individuais com equipamentos de eficiência energética e ambiental, nomeadamente [128]:

“ 1 - Instalações solares térmicas para aquecimento de águas sanitárias e de climatização, utilizando como dispositivos de captação da energia coletores solares.

2 - Bombas de calor destinadas ao aquecimento de águas de uso doméstico.

3 - Painéis fotovoltaicos e respetivos sistemas de controlo e armazenamento de energia, destinados ao abastecimento de energia elétrica a habitações.

4 - Aerogeradores de potência nominal inferior a 5 kW e respetivos sistemas de controlo e armazenamento de energia, destinados ao abastecimento de energia elétrica a habitações.

5 - Equipamentos de queima de biomassa florestal, combustíveis derivados de resíduos ou de biogás, nomeadamente recuperadores de calor de lareiras, destinados ao aquecimento ambiente e/ou de águas sanitárias, e as caldeiras destinadas à alimentação de sistemas de aquecimento ambiente ou aquecimento de águas sanitárias e de climatização.

6 - Equipamentos e obras de melhoria das condições de comportamento térmico de edifícios, dos quais resulte diretamente o seu maior isolamento:

a) Aplicação de isolamentos térmicos na envolvente dos edifícios, seja pelo exterior ou pelo interior, incluindo coberturas (telhados ou lajes), paredes e pavimentos adjacentes ao solo ou a espaços não climatizados;

b) Substituição de vãos envidraçados simples por vidros duplos com caixilharia de corte térmico.

7 - Equipamentos de carregamento de veículos elétricos de instalação doméstica, em conformidade com as especificações técnicas a definir por portaria.”

### **3.10.2 - Apoios à microprodução**

O DL n° 118-A/2010, de 25 de Outubro de 2010 introduziu alterações ao DL n° 363/2007 para a microprodução.

A nova lei da Microprodução tem como objetivo incentivar a participação da população no investimento nas energias renováveis. Deste modo, os particulares poderão produzir e vender energia à rede pública. Para tal o Governo publicou um regime simplificado aplicável à microprodução de eletricidade permitindo uma instalação de produção de energias renováveis de sistemas com uma potência máxima até 5,75 kW em regime geral e 3,68 kW em regime bonificado [52].

O DL n° 118 – A/2010 é aplicável apenas para instalações de produção de eletricidade em baixa tensão com uma potência máxima de 3,68kW e pode-se instalar uma unidade de microprodução por cada instalação elétrica de consumo (contador). Não se pode injetar na rede uma potência superior a 50% da potência contratada e toda a energia produzida será vendida na sua totalidade à rede [52].

É exigida a instalação de coletores solares térmicos com um mínimo de 2 m<sup>2</sup> de área útil de coletor ou uma caldeira a biomassa com produção anual de energia térmica equivalente. No caso de condomínios, aqueles que realizem uma auditoria energética e implementem as medidas com retorno até dois anos identificadas pela auditoria [52].

A tarifa é estabelecida em dois períodos, o primeiro com a duração de 8 anos onde é fixada em 400 €/MWh e um segundo com a duração dos subsequentes 7 anos fixado em 240 €/MWh contudo, o valor de ambas as tarifas é sucessivamente reduzido anualmente em € 20/MWh. O início do 1.º período é contabilizado a partir do 1.º dia do mês seguinte á data de instalação até ao limite de 15 anos [52].

O acesso à atividade da microprodução pode ser limitada caso a potência injetada num posto de transformação ultrapasse os 25% da potência desse mesmo posto.

### 3.11 - Certificação de edifícios - Regulamentação

---

O sector dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>, quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto.

Para fazer face a esta situação, os Estados-Membros tem vindo a promover um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. E neste contexto que surge a Diretiva no 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Os objetivos da Diretiva no 2002/91/CE passam pelo enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios, aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios bem como dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação, certificação energética dos edifícios e a inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, a avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos. Destaque para a necessidade da implementação de um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, permitindo aos futuros utilizadores a obtenção de informações sobre os consumos de energia potenciais (para novos edifícios), reais ou aferidos para padrões de utilização típicos (para edifícios existentes) [1].

A Diretiva nº 2002/91/CE foi transposta em 2006 para a ordem jurídica nacional através de um pacote legislativo composto por três Decretos-Lei.

**Decreto-lei nº 78/2006**, que define o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios (SCE) e têm por objectivos [40];

- Assegurar a aplicação regulamentar, nomeadamente no que respeita as condições de eficiência energética, a utilização de sistemas de energias renováveis e, ainda, as condições de garantia do ar interior, de acordo com as exigências e disposições contidas
- Certificar o desempenho energético e a qualidade do ar interior nos edifícios;
- Identificar as medidas corretivas ou de melhoria de desempenho aplicáveis aos edifícios e respetivos sistemas energéticos, nomeadamente caldeiras e equipamentos de

ar condicionado, quer no que respeita ao desempenho energético, quer no que respeita a qualidade do ar interior.

**Decreto-lei nº 79/2006**, que aprova o novo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE), que estabelece [41];

- As condições a observar no projeto de novos sistemas de climatização, nomeadamente os requisitos em termos de conforto térmico, renovação, tratamento e qualidade do ar interior, que devem ser assegurados em condições de eficiência energética através da seleção adequada de equipamentos e a sua organização em sistemas;
- Os limites máximos de consumo de energia nos grandes edifícios de serviços existentes e para todo o edifício, em particular, para a climatização, previsíveis sob condições nominais de funcionamento para edifícios novos ou para grandes intervenções de reabilitação de edifícios existentes que venham a ter novos sistemas de climatização abrangidos pelo presente Regulamento, bem como os limites de potência aplicáveis aos sistemas de climatização a instalar nesses edifícios;
- Os termos de conceção, da instalação e do estabelecimento das condições de manutenção a que devem obedecer os sistemas de climatização, para garantia de qualidade e segurança durante o seu funcionamento normal, incluindo os requisitos, em termos de formação profissional, a que devem obedecer os principais intervenientes e a observância dos princípios da utilização de materiais e tecnologias adequados em todos os sistemas energéticos do edifício, na ótica da sustentabilidade ambiental;
- As condições de monitorização e de auditoria de funcionamento dos edifícios em termos dos consumos de energia e da qualidade do ar interior.

**Decreto-lei nº 80/2006**, Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) que indica as regras a observar no projeto de todos os edifícios de habitação e dos edifícios de serviços sem sistemas de climatização centralizados de modo que [42]:

- As exigências de conforto térmico, seja ele de aquecimento ou de arrefecimento, e de ventilação para garantia de qualidade do ar no interior dos edifícios, bem como as necessidades de água quente sanitária, possam vir a ser satisfeitas sem dispêndio excessivo de energia;

- Sejam minimizadas as situações patológicas nos elementos de construção provocadas pela ocorrência de condensações superficiais ou internas, com potencial impacto negativo na durabilidade dos elementos de construção e na qualidade do ar interior.

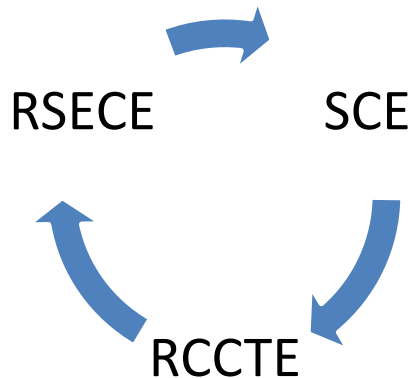


Figura 59 - Esquema de ligação entre os três novos decretos-lei.

### 3.11.1 - Âmbito de aplicação

Estão abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE), cuja entrada em vigor foi definida Portaria 461 de 2007, os seguintes edifícios:

- Os novos edifícios, bem como os existentes sujeitos a grandes intervenções de reabilitação, ou seja uma intervenção na envolvente ou nas instalações, energéticas ou outras, do edifício, cujo custo seja superior a 25 % do valor do edifício, nas condições definidas no RCCTE, independentemente de estarem ou não sujeitos a licenciamento ou a autorização, e da entidade competente para o licenciamento ou autorização, se for o caso;
- Os edifícios de serviços existentes, sujeitos periodicamente a auditorias, conforme especificado no RSECE;
- Os edifícios existentes, para habitação e para serviços, aquando da celebração de contratos de venda e de locação, incluindo o arrendamento, casos em que o proprietário deve apresentar ao potencial comprador, locatário ou arrendatário o certificado emitido no âmbito do SCE.

Excluem-se do âmbito de aplicação do SCE as infraestruturas militares e os imóveis afetos ao sistema de informações ou a forças de segurança que se encontrem sujeitos a regras de controlo e confidencialidade.

Cabe à **Direcção-Geral de Geologia e Energia e ao Instituto do Ambiente**, respetivamente, responsabilizarem-se pela supervisão do SCE no que respeita:

- a) à certificação e eficiência energética;
- b) à qualidade do ar interior.

Cabe à **Agência para a Energia (ADENE)** a gestão do SCE, e as suas competências são:

- a) Assegurar o funcionamento regular do sistema, no que respeita à supervisão dos peritos qualificados e dos processos de certificação e de emissão dos respetivos certificados;
- b) Aprovar o modelo dos certificados de desempenho energético e da qualidade do ar interior nos edifícios, ouvidas as entidades de supervisão e as associações sectoriais;
- c) Criar uma bolsa de peritos qualificados do SCE e manter informação atualizada sobre a mesma no seu sítio da Internet;
- d) Facultar, online, o acesso a toda a informação relativa aos processos de certificação aos peritos que os acompanham.

### **3.11.2 - Certificação energética de edifícios**

Os objetivos principais do sistema de certificação são:

- Assegurar que todos os novos edifícios e sistemas de climatização, bem como as grandes reabilitações cumpram as disposições regulamentares de eficiência energética e de qualidade do ar de acordo com o RCCTE e RSECE;
- Assegurar que os edifícios de serviços tenham uma qualidade satisfatória do ar interior;
- Limitar os consumos energéticos nos grandes edifícios de serviços;
- Identificar medidas de melhoria do desempenho aplicáveis ao edifício nos seus sistemas energéticos

A certificação energética permite, aos utentes, comprovar a correta aplicação da regulamentação térmica e da qualidade do ar interior em vigor para o edifício e para os seus sistemas energéticos, bem como obter informação sobre o desempenho energético em condições nominais de utilização,

no caso dos novos edifícios ou, no caso de edifícios existentes, em condições reais ou aferidos para padrões de utilização típicos.

Desta forma, os consumos energéticos nos edifícios, em condições nominais de utilização, são um fator de comparação credível aquando da compra ou aluguer de um imóvel, permitindo aos potenciais compradores ou arrendadores aferir a qualidade do imóvel no que respeita ao desempenho energético e à qualidade do ar interior.

Nos edifícios existentes, o certificado energético proporciona informação sobre as medidas de melhoria de desempenho energético e da qualidade do ar interior, com viabilidade económica, que o proprietário pode implementar para reduzir as suas despesas energéticas, bem como para assegurar uma boa qualidade do ar interior, isento de riscos para a saúde pública e potenciador do conforto e da produtividade. A figura 60 é exemplo desta informação, acerca do desempenho energético e das necessidades nominais de energia útil do edifício a classificar.

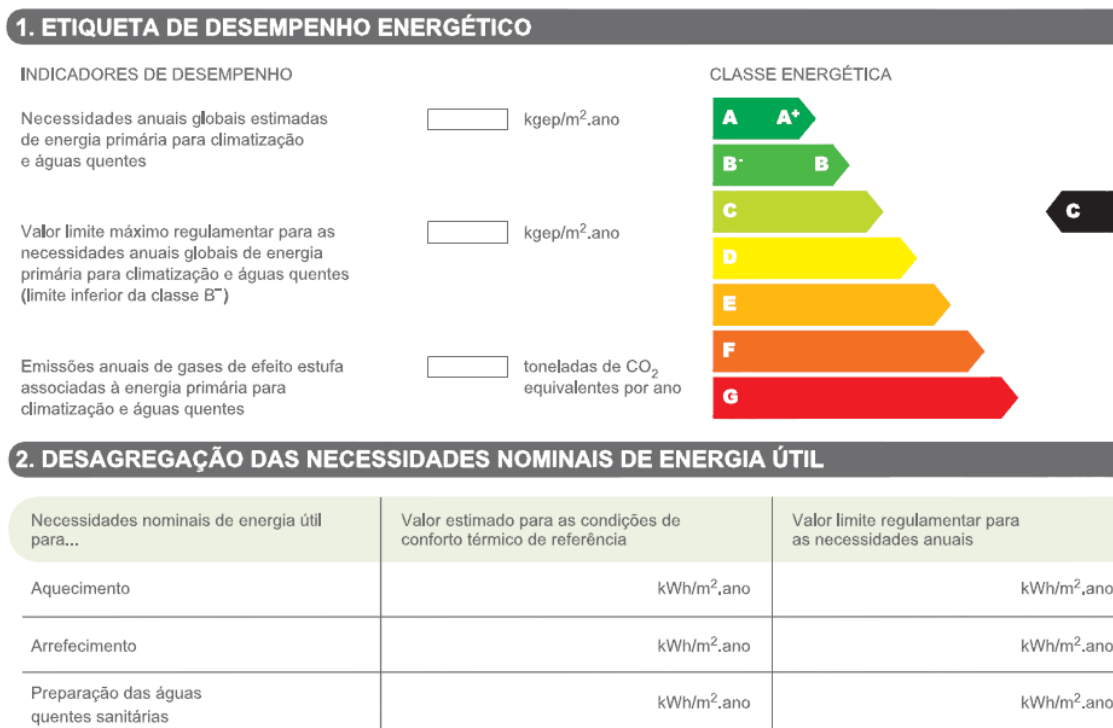


Figura 60 – Certificado Energético de um Edifício [26]

4



GESTÃO DE ÁGUA





## 4.1 - Enquadramento

---

A água é um recurso indispensável nas atividades humanas, tendo uma grande influência na qualidade de vida das populações. De facto, a água é, não só um recurso imprescindível à vida, como também, fruto das suas características qualitativas e quantitativas, um fator condicionante do desenvolvimento económico e do próprio bem-estar social.

Em 1992 na Cimeira da Terra realizada no Rio de Janeiro, grande parte dos países participantes reconheceram a necessidade de conciliar o meio ambiente e o crescimento económico, através do desenvolvimento sustentável, tendo estabelecido desde então uma parceria global. Assim, perfeitamente enquadrada nestas prioridades surge a necessidade atual de usar a água racionalmente, de forma a evitar a sua escassez no futuro. No Mundo, uma em cada cinco pessoas não tem acesso a água potável e uma em cada duas não tem acesso a sistema de saneamento [126].

A nível geral, a água pode ser considerada um recurso abundante, dado existirem cerca de 1300 milhões de quilómetros cúbicos de água na Terra. Contudo, 99,9% dessa água é salgada ou está gelada, sobrando apenas 0,1% de água doce disponível no estado líquido. O consumo de água está também desigualmente dividido, pois cerca de 70% serve o sector agrícola, dividindo-se o restante em 20% para o sector industrial e 10% para o sector doméstico [126].

A água é um recurso escasso e constitui uma componente fundamental do meio ambiente cuja qualidade ecológica é a base de sustentabilidade dos ecossistemas e da sobrevivência humana.

Com as crescentes pressões demográficas e aumento de consumos sabe-se que a nível mundial 75% da água dos rios e lençóis freáticos é utilizada para irrigação e têm-se excedido os limites de concentrações orgânicas e químicas desta no seu uso, ultrapassando assim a sua capacidade de depuração. Ao ultrapassar estes limites degrada-se a qualidade da água limitando os seus usos posteriores, podendo as consequências deste impacto ser irreversíveis. À medida que os poluentes vão para o mar e se diluem na água, deixam de ser nocivos. Por outro lado as diatomáceas, que são a base da cadeia alimentar, incorporam estes poluentes e vai haver uma concentração cumulativa dos poluentes à medida que se atinge o topo da cadeia alimentar, o ser humano [166].

Estudos realizados indicaram a tendência negativa da perda de biodiversidade já evidenciada, cada vez mais acelerada, com consequências graves e danos irreversíveis. Tal facto encoraja a Comunidade Científica Internacional à necessidade imperiosa de despertar o interesse político e simultaneamente promover uma tomada de posição pública por parte dos líderes mundiais, pois a água não é consumida ponderadamente [166].

Previsões da Organização das Nações Unidas estimam em 9 bilhões os habitantes do Planeta até metade do Século XXI. Não falta muito para a metade do Século. É previsto também que até 2025 dois terços da população mundial vivam nas cidades. A concentração intensificada de pessoas nas cidades e a urbanização acelerada tornarão mais sérios os estados de escassez de água e de inundações nas cidades. Atualmente, o número de pessoas que convivem com a falta de água potável para consumo supera 1 bilhão. E a situação é a cada dia pior [8].

O objetivo do desenvolvimento e gestão da sustentabilidade da água é conhecer de forma confiável e equitativamente as necessidades de água para as atuais e futuras gerações, dimensionando sistemas integrados e adaptáveis, otimizando a eficiência dos usos da água e mantendo os esforços na preservação e restauração dos ecossistemas naturais.

Reconhecer que a água é um recurso finito é essencial para que os seus usos sejam sustentáveis, apesar do aumento da eficiência das atuais e futuras tecnologias. A não ser que o crescimento populacional e de consumo diminuam, as melhorias tecnológicas podem apenas atrasar o começo das consequências negativas [49].

Em Portugal, um dos instrumentos criados para mitigação dos efeitos negativos no recurso água foi a elaboração do Plano Nacional de Água, de acordo com o Decreto-Lei nº45/94 de 22 de Fevereiro. Este define orientações de âmbito nacional para a gestão integrada das águas através de medidas e ações definidas por linhas orientadoras [62].

Em 2001 é elaborado o Programa Nacional Para o Uso Eficiente de Água pelo Instituto da Água para a promoção do uso eficiente da água em Portugal, especialmente nos sectores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de escassez hídrica e melhorar as condições ambientais nos meios hídricos [171].

Neste documento estão definidas medidas conducentes ao uso eficiente da água consoante o seu destino.

Persiste uma questão de fundo, da captação ao destino há um total de perdas de 40% nos sistemas públicos de abastecimento de água em média, em Portugal. Uma forma de mitigar estas perdas consiste na otimização da utilização e conseqüente redução dos consumos com diminuição dos volumes gerados através da utilização de equipamentos e dispositivos mais eficientes e adoção de sistemas de recirculação e/ou à reutilização de águas de qualidade inferior [130].

Uma opção de reutilização consiste na captação da água de chuva. Este é um processo antigo e muito utilizado em regiões áridas e semiáridas como é o caso da região alentejana, inclusive existem construções como a cisterna do castelo de Marvão, figura 61, que foi utilizada para

armazenamento de água da população. Atualmente é local de visitas turísticas com uma forte componente mística e constitui um exemplo arqueológico “vivo” [127].



Figura 61 - Cisterna do Castelo de Marvão [29]

Aquando do armazenamento de águas pluviais, devem ser caracterizados os sistemas de recolha e armazenamento ser analisados os usos médios da água e respetivos requisitos de qualidade para justificar as opções ao caso em estudo [127].

## 4.2 - Águas residuais domésticas

---

Esgoto é o termo usado para as águas que, após a utilização humana, apresentam as suas características naturais alteradas. Conforme o uso predominante: comercial, industrial ou doméstico essas águas apresentarão características diferentes e são genericamente designadas de esgoto, ou águas servidas [57].

A devolução das águas residuais ao meio ambiente deverá prever, se necessário, o seu tratamento, seguido do lançamento adequado no corpo recetor que pode ser um rio, um lago ou no mar através de um emissário submarino [58].

As águas residuais podem ser transportadas por tubulações diretamente aos rios, lagos, lagoas ou mares ou levado às estações de tratamento, e depois de tratado, devolvido aos cursos de água [58].

Os meios hídricos naturais são frequentemente utilizados como meios recetores e agentes de transporte de efluentes domésticos e industriais, bem como de escorrências de terrenos agrícolas. A água depois de utilizada transforma-se numa água poluída, tecnicamente denominada água residual [78].

As águas residuais domésticas, que todos produzimos em nossas casas, contêm uma elevada carga orgânica, bem como grandes quantidades de bactérias e vírus, os quais constituem uma ameaça para a saúde pública. No Porto as águas residuais domésticas são recolhidas nos coletores de

saneamento, os quais forem encaminhados para o Douro ou para o Mar. Este procedimento é nefasto para a qualidade da água quer do rio quer do mar, por isso, estão já em funcionamento, ou em construção na região do Porto ETAR's [53].

## Tipos de água residual

Há dois tipos de águas residuais gerados numa habitação, cada um dos quais pode ser tratado e reutilizado de várias formas [79].

**Águas negras** – água que foi misturada com desperdícios da sanita. A água negra requer tratamento biológico ou químico e desinfeção antes de ser reutilizada. Esta água só deverá ser reutilizada no exterior da casa.

**Águas cinzentas** – água residual proveniente das canalizações de outros locais que não as sanitas, como por exemplo: chuveiros, lavatórios e bancas. Dependendo do tipo de utilização que vai ter as águas cinzentas requerem menos tratamentos que as águas negras e contêm menos agentes patogénicos. As águas cinzentas tratadas podem ser reutilizadas dentro de casa (figura 62) para descargas de autoclismos e lavagem de roupa, ambos grandes consumidores de água, podendo ainda ser utilizada sem problemas para regar o jardim.

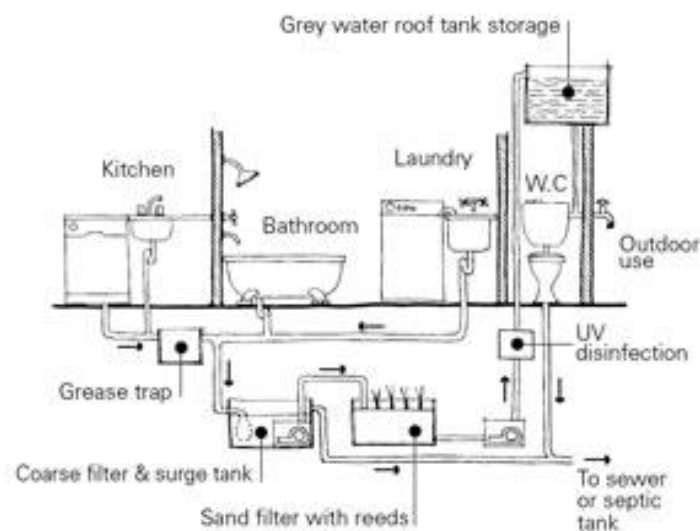


Figura 62 - Sistema de recolha de água cinzenta, tratamento e reutilização [44]

Na figura 63, apresentam-se a quantidade de litros por pessoa /dia gasto no uso de diversos sistemas.

Água preta	Litros/ pessoa/ dia
Sanita	22
Água cinzenta	Litros/ pessoa/ dia
Chuveiro	56
Lavatório	6
Banca cozinha	12
Maquina loiça	5
Tanque roupa	7
Maquina roupa	27
Total (água cinzenta)	113
Total	135

Figura 63 - Utilização das águas [44]

Para que a reutilização da água seja possível, será necessário separar as condutas de descarga das águas cinzentas e negras e de seguida instalar o sistema de tratamento (figura 64) e desinfecção da água [131].

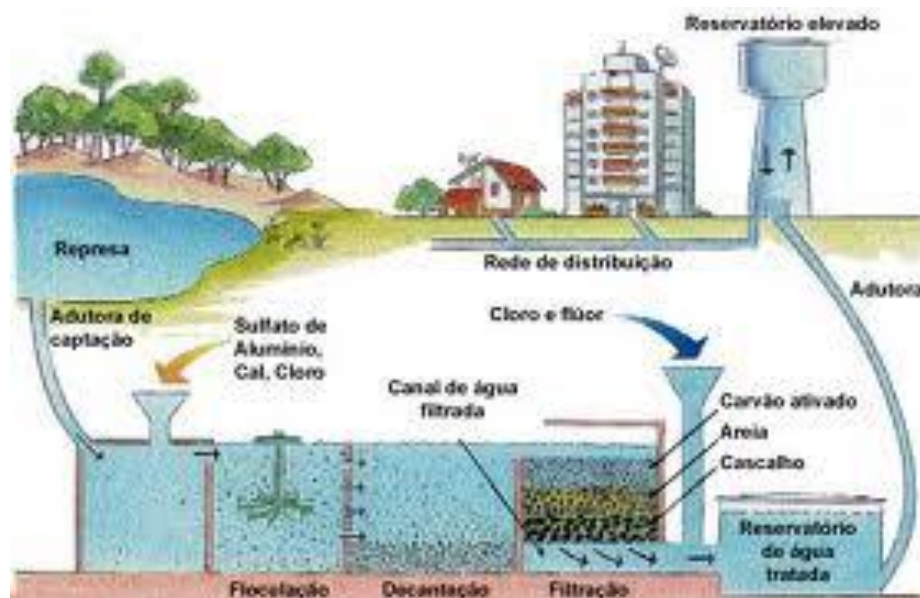


Figura 64 - Esquema de tratamento de água [165]

Na verdade, a água cinzenta pode ser diretamente desviada dos ralos do chuveiro e do lavatório para ser reutilizada somente no autoclismo. No entanto, sem tratamento prévio esta não pode ser armazenada mais de duas horas antes de ser reutilizada. Assim, [131] é mais indicado optar por um sistema com tratamento representado na figura 65.

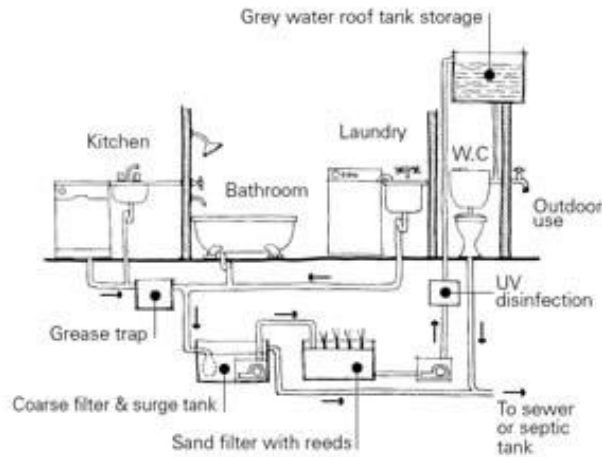


Figura 65 - Esquema de utilização de água cinzenta [44]

O tratamento das águas residuais pode ser realizado através de ETAR's compactas, que asseguram a obtenção de água de acordo com a norma NP4434 (2005). Por sua vez, esta norma estabelece os requisitos de qualidade das águas residuais urbanas a serem utilizadas como água de rega [131].

Outra forma de tratamento de águas residuais domésticas é a utilização de fossas biológicas.

Para reduzir o nível de tratamento podem ser aplicadas as seguintes medidas:

- colocar um filtro na saída das águas residuais da máquina de lavar roupa e ir substituindo conforme necessário. Um pedaço de uma meia de nylon é geralmente suficiente;
- minimizar o uso de produtos químicos de limpeza como desinfetantes para a sanita com corantes. Usar, sempre que possível, produtos de limpeza naturais;
- não escoar os químicos que utiliza em casa no lava-loiça ou na sanita;
- usar um ralo no lava-loiça para evitar que restos de comida ou outros resíduos sólidos acabem nas águas residuais.

Esta água, antes de desinfetada, pode conter um número significativo de agentes patogénicos que podem propagar doenças, além de que, quando armazenada mais do que algumas horas começa a ficar séptica e a cheirar mal [131].

Existem vários tipos de sistemas de tratamento de água cinzenta. Apresenta-se na figura 66 um exemplo de um filtro grosseiro, que consiste numa caixa impermeável e um saco filtrante ou uma meia de nylon segura com elásticos. A meia ou o saco devem ser verificados regularmente e substituído quando necessário [44].

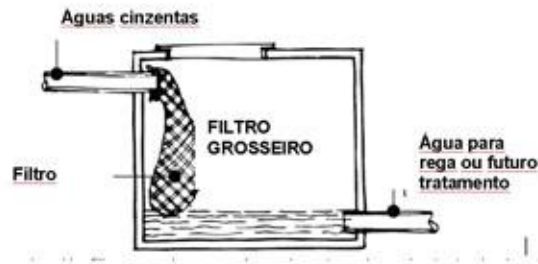


Figura 66 - Filtro grosseiro [44]

Depois de grosseiramente filtrada, a água cinzenta pode então ser tratada utilizando um filtro de areia que consiste basicamente, numa caixa impermeável cheia de areia grossa sobre uma camada de cascalho. A água cinzenta entra por cima e sai por baixo de acordo com a figura 67.

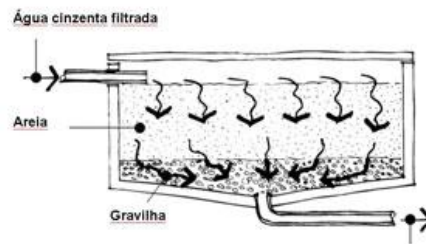


Figura 67 - Filtro de areia [44].

Filtros de camadas de grão e areia tratam as águas residuais através da filtragem e da subida de alguns nutrientes biológicos (figura 68). As águas residuais têm que ser pré tratadas para se proceder à remoção das partículas maiores para não haver entupimentos, se não o tempo de vida útil do sistema será reduzido [131].

No exterior, as águas residuais tratadas podem ser reutilizadas para regar o jardim, lavagens de automóveis ou outros usos fora de portas. É o único local onde as águas negras podem ser reutilizada com segurança [131].

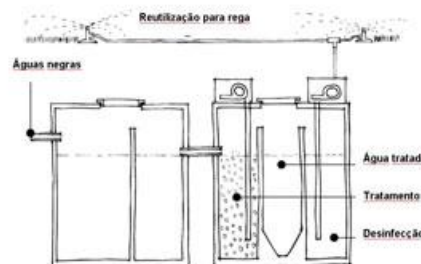


Figura 68 - Tanque séptico e tanque de tratamento de águas negras [44].

Deve evitar-se regar árvores de fruto e legumes com água reutilizada se for para comer crus. Há uma possibilidade dos organismos patogénicos poderem ser encontrados em águas residuais mesmo depois de tratamento [131].

## 4.3 - Águas pluviais, sistema de recolha e armazenamento

---

### 4.3.1 - Características do sistema de recolha e armazenamento de águas pluviais

O sistema de colheita de água da chuva constitui uma ótima opção como alternativa ao fornecimento de água, especialmente nos meios rurais em que se aplicam as seguintes características [132]:

- a área de captação de água da chuva, isto é, os telhados, tende a ser maior per capita em áreas rurais comparativamente com as urbanas;
- fontes alternativas de água não fornecem quantidades suficientes de água potável;
- o preço do sistema de abastecimento público ser muito dispendioso;
- o sistema é independente, dando assim aos consumidores acesso a água potável sem estes estarem dependentes do sistema público de abastecimento de água, que pode não ser de confiança;
- os níveis de poluição em zonas rurais tendem a ser mais baixos quando comparados aos de vilas e cidades, tornando a água mais propícia para consumo humano sem necessidade de pré-tratamento.

Outros benefícios do sistema de captação de água da chuva incluem:

- redução da erosão dos solos (especialmente em áreas de encosta);
- requer uma pequena quantidade de inputs de energia em comparação ao sistema de abastecimento público.

No caso da utilização de água da chuva (figura 69), geralmente é feita a captação da precipitação que incide sobre uma superfície impermeável (normalmente o telhado) e o armazenamento é feito em reservatórios ou cisternas. Esse armazenamento traz vantagens, não somente económicas ao usuário, mas também sob o ponto de vista qualidade ambiental e de controlo de enchentes urbanas, uma vez que essa água não é mais lançada na rede de drenagem pluvial [139].

A água da superfície de recolha é conduzida por caleiras, passando por um filtro, até ao reservatório de armazenamento, por gravidade. O filtro remove folhas e areias, devendo permitir

uma frequência de limpeza razoável e qualidade da água satisfatória. Das partículas não filtradas, as de maiores dimensões depositam-se no fundo do tanque e as menores flutuam à superfície da linha de água [38].

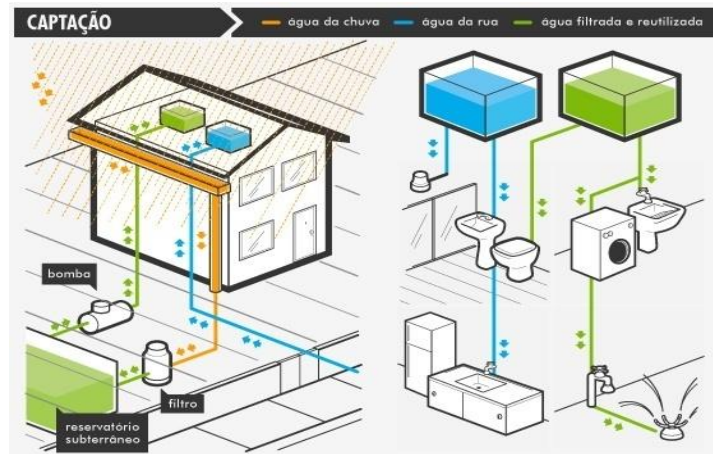


Figura 69 - Captação da água da chuva

O reservatório deve ser subterrâneo de modo a armazenar a água no escuro, a uma temperatura menor que 18°C como está representado na figura 70. A água armazenada deve ser rica em oxigénio de modo a não provocar maus cheiros e a alimentação da água deverá ser feita na parte superior do reservatório de modo a não perturbar os sedimentos que se acumulam no fundo. Deve ainda possuir uma saída de emergência para descarregar quando houver sobrecarga. A bomba pode ser submersível ou de sucção mas deve escoar a água através de um sifão com uma boia de modo a garantir a retirada de água a meio da coluna de água. O controlo da bomba pode ser apenas com um medidor de pressão ou possuir ainda um regulador de caudal e um sensor de nível mínimo para evitar o funcionamento em seco [154] e [53].



Figura 70 - Armazenamento das águas das chuvas [31]

Para garantir o abastecimento contínuo é necessário adicionar água da rede de abastecimento pública quando o volume de água no tanque de armazenamento atinge 10% da sua capacidade. Se o sistema possuir um tanque de distribuição, sistema indireto por gravidade, a adição da água da rede deve ser efetuada nesse local com recurso a dispositivos que garantam a não contaminação da água da rede de abastecimento (válvulas de segurança para evitar escoamento em contracorrente). Se não houver tanque de distribuição, a entrada de água da rede de abastecimento tem de ser efetuada no tanque de armazenamento, o que torna mais complicado o sistema de controlo. Assim, a existência ou não do tanque de armazenamento deve ser escolhido consoante a utilização a que se destina [154] e [173].

A figura 71 representa um esquema dum sistema genérico de recolha, armazenamento e utilização de água da chuva numa habitação.

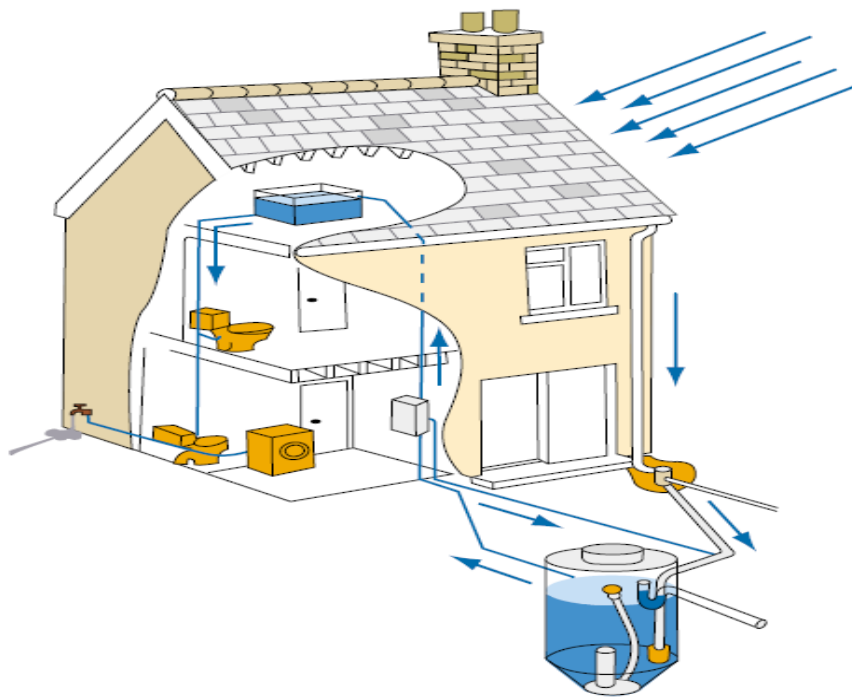


Figura 71 - Sistema genérico de recolha, armazenamento e utilização de água da chuva. [31]

### 4.3.2 - Superfícies de recolha

A superfície de recolha pode ser o telhado, áreas pavimentadas, a própria superfície do solo ou o terraço, sendo mais eficiente o telhado pois ocorre menor evaporação e menos perdas por ação do vento. O tipo de material da superfície de recolha irá influenciar a qualidade da água, devendo ser evitadas tintas e coberturas ou telhados cuja composição inclua cádmio, chumbo ou cobre. A primeira água que cai no telhado, lavando-o, apresenta um grau de contaminação bastante elevado e, por isso, é aconselhável o desprezo desta primeira água [173].

Os materiais que devem ser utilizados são os não tóxicos, lisos e densos de forma a evitar a acumulação de matéria orgânica e a formação de pequenas poças de água. O alumínio é considerado o melhor material para a recolha de água da chuva para fins potáveis pois tem uma grande eficiência de recolha e sofre pouca corrosão comparativamente a outros materiais. Embora este material adicione uma quantidade vestigial de alumínio na água captada não põe em risco a saúde humana nem altera o sabor da água. A tabela 14 apresenta o tipo de material constituinte do telhado e o tipo de contaminação que pode ocorrer e colocar em risco a saúde humana.

<b>Tipo de material</b>	<b>Contaminante</b>
<b>Alcatrão e telhas de madeira</b>	Cobre
<b>Asfalto e telhas de madeira</b>	Poeiras, fuligem, areias
<b>Aço galvanizado</b>	Cádmio, chumbo
<b>Madeira</b>	Lixíviados de materiais tóxicos

Tabela 14 - Tipo de contaminação derivada do material constituinte do telhado [154] e [173].

Para além da contaminação pelo material constituinte do telhado pode ainda ocorrer degradação devida à acumulação de matéria orgânica como folhas, ramos de árvores, dejectos de gatos, roedores e pássaros e outros sólidos [154] e [173]. Neste sentido, não deverão haver árvores demasiado próximas do telhado nem estruturas que possam atrair pássaros.

### 4.3.3 - Caleiras

Normalmente utilizam-se caleiras, como as apresentadas na figura 72, para o transporte das águas pluviais da superfície de recolha até ao reservatório devendo também ter em consideração o tipo de material utilizado na sua construção. Comumente é utilizado PVC, vinil, tubos, aço galvanizado e alumínio sem soldadura com formato semicircular. É necessário haver acesso à superfície de

recolha e que as caleiras não sejam fechadas permitindo uma manutenção regular para evitar a obstrução devido à acumulação de folhas e areias.



Figura 72 – Caleira [24]

O custo deste equipamento é uma pequena fração do custo total do sistema (inferior a 20%) mas tem uma grande influência na eficiência do sistema de recolha de água da chuva. A escolha do tipo e da configuração das caleiras (figura 73) deve recair sobre as que minimizam o custo do sistema por litro de água captada. Existem diversas variáveis que afetam o seu desempenho, entre as quais, a forma, inclinação, largura e posicionamento relativamente à extremidade do telhado. A durabilidade e a facilidade de instalação são fatores também importantes a ter em conta na escolha deste equipamento [154] e [153].



Figura 73 - Perfis de caleiras [24]

As formas e trajetórias dependem da função das caleiras, assim na recolha de água do telhado estas devem ser abertas e planas estando situadas na extremidade do telhado e no transporte até ao reservatório devem ser fechadas e circulares com a máxima inclinação possível. A figura 74 apresenta-nos um dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos.



Figura 74 - Dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos [24]

Relativamente ao escoamento, este varia na razão direta da quantidade de água transportada não sendo possível de dimensionar analiticamente as caleiras através do caudal (figura 75), contudo se considerar apenas a área de coleta é possível dimensioná-las. Com o aumento do declive da caleira aumenta o escoamento permitindo usar caleiras mais pequenas, assim como a diminuição da queda média de água que passa para a caleira permite utilizar uma caleira mais estreita [154] e [153].



Figura 75 - Caleiras instaladas em moradia unifamiliar [24]

Face à variação do declive da caleira é desejável a minimização da queda para que a eficiência de interceção seja maior sendo recomendado um declive de 0,5 % nos dois primeiros terços do comprimento da caleira e de 1 % no restante terço. Embora fosse mais eficiente a utilização de um declive na primeira metade de cerca de um quarto do da secção final, neste caso 1 %, isto implicava um posicionamento muito preciso da caleira. É ainda recomendado que a forma das caleiras seja trapezoidal ou semicircular e que a extremidade interior da caleira de recolha se encontre a 20 mm do interior da orla do telhado [153] e [154].

### 4.3.4 - Equipamento para remover detritos

A fim de evitar a acumulação de folhas, areias e outros detritos é aconselhável o uso de redes na caleira havendo o cuidado de as limpar regularmente de modo a evitar a sua obstrução. Também se podem aplicar filtros, com rede com uma malha da ordem dos 6,35mm, na caleira de recolha, à entrada do tubo de queda, no próprio tubo de queda no solo e à entrada do reservatório, contudo tal apenas se justifica caso existam árvores adjacentes à área de recolha.

À entrada dos tubos de queda é aconselhável o uso de filtros em forma de arco, uma vez que permitem o fluxo de água mesmo que se acumulem folhas nos flancos, ou então filtros do tipo funil em PVC ou aço galvanizado com uma rede de aço inoxidável ou de bronze encaixado no tubo de queda a uma cota igual ou superior ao nível máximo de água no reservatório.

Existem vários tipos de filtros que devem ser escolhidos e colocados conforme o tipo de sistema de recolha e armazenamento de água.

Os mais simples e baratos são os filtros de areia que, sendo filtros mais finos, permitem a remoção de sedimentos de menores dimensões bem como bactérias. Estes podem transbordar quando ocorre precipitação muito intensa e por isso é necessário que haja um tubo para a descarga da água da chuva em excesso. Para além disso a limpeza deste tipo de filtro deve ser regular pois a acumulação de sólidos pode provocar a colmatação deste e a saída do seu enchimento pelo tubo de descarga de emergência. Existem ainda filtros com uma rede de malha fina (tipicamente de 0,4 mm) que possuem um sistema de autolavagem para facilitar a sua manutenção. Este mecanismo pode passar pela utilização da primeira chuva para arrastar as areias e folhas ou a lavagem em contracorrente com 10 % da água recolhida [53].

Os filtros separadores arrastam as folhas e as areias com água não havendo necessidade de limpeza. Na tabela 15 apresentam-se as principais vantagens e desvantagens do uso destes consoante a localização ao longo do sistema de recolha e armazenamento de águas pluviais.

Localização	VANTAGENS	DESVANTAGENS
<b>Caleira de recolha</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- previne a acumulação de folhas na caleira;</li><li>- evita os trabalhos de limpeza;</li><li>- reduz o crescimento de mosquitos;</li><li>- retira o risco de incêndio.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- pode ser caro devido à grande área a cobrir;</li><li>- dificuldades na limpeza:</li><li>- aumenta a acumulação de folhas devido a ficarem retidas na rede;</li><li>- mais difícil de limpar o que não é retido na rede.</li></ul>

<b>À entrada do tubo de queda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a localização central minimiza a área do filtro;</li> <li>- pode substituir a conexão da caleira ao tubo de queda;</li> <li>- pode ter autolimpeza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- difícil de limpar devido à altura;</li> <li>- se for simplesmente colocado na conexão entre a caleira e o tubo de queda pode bloquear tudo.</li> </ul>
<b>No tubo de queda</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aumenta a área do filtro devido ao comprimento de tubo que resta;</li> <li>- ocupa pouco espaço.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- usa mais de 10 % da água para a autolimpeza;</li> <li>- requer um design mais complexo;</li> <li>- difícil acesso para limpeza;</li> <li>- bloqueio não é óbvio.</li> </ul>
<b>Em linha (subterrâneo)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- reduz os problemas de montagem;</li> <li>- acesso fácil para limpeza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- apenas serve para tanques subterrâneos;</li> <li>- se não for bem construído pode haver infiltração de água pluvial no tanque.</li> </ul>
<b>À entrada do Reservatório</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- simples e instalação barata;</li> <li>- muito visível.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pode ocorrer contaminação à entrada do tanque;</li> <li>- reduz a opção de uma segunda filtração.</li> </ul>

Tabela 15 - Comparação entre a localização do filtro/separador de folhas. [154] e [53]

### 4.3.5 - Descarregadores de primeira chuva

A descarga da água da primeira chuva para o esgoto constitui um dispositivo complementar que evita a contaminação por detritos e contaminantes biológicos/químicos que se encontram nas superfícies de recolha (telhados e calhas) ou mesmo no ar ambiente nos períodos de chuva que arrasta, assim, os contaminantes presentes no mesmo.

Existem diversos estudos que determinaram que o volume inicial a ser retirado, para que seja seguro beber a água, varia entre 0,5 mm a 2 mm de chuva [154].

Existem filtros com um sistema de autolavagem, que podem passar pela utilização da água das primeiras chuvas que arrasta todas estas substâncias ou então a lavagem em contracorrente com 10% da água recolhida, mantendo, assim, elementos indesejáveis fora do reservatório de armazenamento da água da chuva recolhida. Os descarregadores de primeira chuva, da figura 76 são os recipientes de volume fixo e as válvulas medidoras de volume. Estes podem conter filtros ou caixas de crivos.

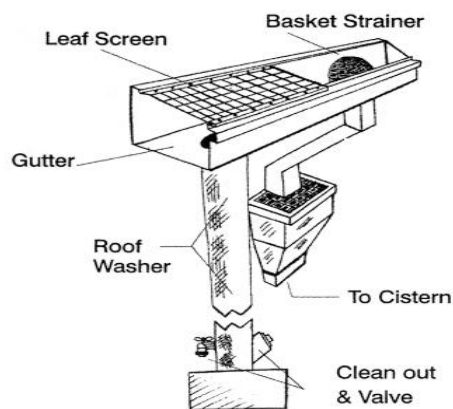


Figura 76 - Descarregador da água da primeira chuva com sistema de filtragem [153].

O funcionamento dos recipientes de volume fixo inicia-se com as primeiras gotas de chuva, estes enchem até ao nível máximo e toda a água que chove, após estarem cheios, é encaminhada para o reservatório. O correto dimensionamento deste tipo de descarregadores permite o armazenamento sem contaminantes ou detritos, contudo nas ocasiões de fraca pluviosidade o volume coletado pode não permitir a passagem até ao reservatório, ficando retido nos recipientes. Quando tal acontece, na chuvada seguinte é possível que a recolha seja feita com contaminantes devido ao volume dos recipientes que já estava ocupado, sendo assim reduzida a eficiência deste descarregador.

As válvulas medidoras de volume, ao contrário, do dispositivo anterior, são sensíveis à taxa de fluxo da água da chuva. Quando essa taxa alcança um mínimo pré-programado, um corpo oco (por exemplo, uma esfera) que se encontra dentro do aparelho, suspenso por uma mola começa a encher lentamente com água. Quando a esfera fica completamente cheia, o peso adicional fará com que feche a saída da válvula e o fluxo de água cessa. A água que chegar de seguida será encaminhada para o reservatório de armazenamento [153]. Este descarregador não reage a fraca pluviosidade, assim apresenta sempre o mesmo grau de eficiência evitando a contaminação da água recolhida.

#### 4.3.6 - Tanques de armazenamento

O reservatório pode ser subterrâneo ou térreo e deve ser apropriado para armazenar o volume pretendido sem introduzir degradação na água coletada. A instalação térrea evita custos associados à escavação e certas questões de manutenção enquanto a subterrânea beneficia de temperaturas amenas no verão e no inverno, de modo a manter a água a uma temperatura inferior a 18°C. O reservatório deve ser alimentado pelo topo para que a entrada de água não perturbe os sedimentos depositados no fundo. Na tabela 16, estão definidas estas e outras características consoante a localização do reservatório.

Para uma maior eficiência o reservatório deve localizar-se o mais perto possível dos pontos de recolha e utilização da água e ao nível mais alto possível para permitir o funcionamento por gravidade e/ou diminuir o esforço do sistema de bombagem. Se estiver localizado na sombra da casa ou de árvores não há aumento de temperatura pela incidência direta de sol, evitando o crescimento de algas e bactérias [53].

Localização	VANTAGENS	DESVANTAGENS
<b>Térreo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fácil inspeção de fissuras e fugas;</li> <li>- a retirada da água pode ser por gravidade através de uma torneira;</li> <li>- pode ser colocado a um nível mais superior que o solo para aumentar a pressão da água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- requer espaço;</li> <li>- geralmente mais caro;</li> <li>- danificado mais facilmente;</li> <li>- falha pode ser perigosa;</li> </ul>
<b>Subterrâneo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- o solo circundante serve de suporte o que permite usar uma parede mais fina diminuindo assim os custos;</li> <li>- requer pouco ou nenhum espaço de acima do solo;</li> <li>- discreto;</li> <li>- água é mais fresca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a extração da água é mais problemática necessitando de uma bomba;</li> <li>- as falhas e fugas são difíceis de detetar;</li> <li>- Pode ocorrer contaminação por infiltração;</li> <li>- a estrutura pode ser danificada por raízes de árvores ou pelo aumento do nível freático de água;</li> <li>- se ficar destapado pode haver quedas de crianças;</li> <li>- veículos pesados ao passarem por cima da cisterna podem causar danos;</li> <li>- não é fácil de vazar nem limpar;</li> </ul>

Tabela 16 - Comparação entre a localização do reservatório [154] e [53].

O posicionamento também deve considerar a possibilidade de adicionar água ao reservatório a partir duma fonte auxiliar, como um camião cisterna de água, caso o abastecimento seja ameaçado por condições de escassez de pluviosidade ou deterioração da qualidade pretendida. A localização do reservatório deve ficar próxima duma estrada permitindo o acesso dum camião cisterna e posicionado de modo a evitar o percurso de linhas de água, sistemas de esgotos, relvados e jardins. [53]

Existe um conjunto de requisitos mínimos para a escolha do reservatório para armazenar a água da chuva recolhida [154]:

- a torneira do reservatório deve ser protegida de animais que possam beber daí;
- deve existir um tubo de descarga para quando atingir a sua capacidade máxima;
- fácil acesso para permitir a sua limpeza;
- não deve existir substâncias remanescentes de armazenamentos anteriores, nomeadamente, do armazenamento de óleo ou químicos;
- o material constituinte do reservatório não deve introduzir contaminantes;

- o nível mínimo da água não deve ser muito baixo para não recolher os detritos acumulados no fundo;
- o reservatório não deve permitir a entrada de luz para reduzir o crescimento de algas e da actividade biológica subsequente e por isso não é recomendado o uso de tanques de fibra de vidro nem de plástico translúcido;
- reservatórios devem ser fechados para não ocorrer a contaminação com folhas, areias e microbiológicas;
- todas as aberturas devem estar protegidas para evitar a entrada de mosquitos;

Reservatórios de diferentes materiais apresentam características de desempenho distintas, por exemplo, quando construídos com betão ou plástico permitem obter uma melhor qualidade da água do que construídos com outro tipo de materiais. O material escolhido não deve introduzir contaminantes na água e influencia o custo, tamanho e outras características, como é apresentado na tabela 17:






Material	Custo [€/L]	Tamanho [L]	Observações
<b>Fibra de vidro</b> 	0,10 – 0,41	1 893 – 75 708	- pode durar décadas sem sofrer degradação; - fácil de reparar; - pode ser pintado;
<b>Betão</b> 	0,06 – 0,26	37 854	- risco de fugas e fissuras mas são facilmente reparados; - fixo; - pode afetar o cheiro e o sabor da água mas pode ser revestido com plástico;
<b>Metal</b> 	0,10 – 0,31	568 – 9 464	- leve e fácil de transportar; - ferrugem e lixiviação do zinco pode ser um problema mas pode ser resolvido com o revestimento de um material adequado;
<b>Polipropileno</b> 	0,07 – 0,21	1 135 – 37 854	- duradouro e leve; - tanques pretos podem aquecer a água se estiverem exposto à luz solar; - tanques claros/translúcidos fomentam o crescimento de algas;
<b>Madeira</b> 	0,41	2 650 – 189 270	- esteticamente agradáveis; - preferidos para áreas públicas ou bairros residenciais; - caro;
<b>Polietileno</b>	0,15 – 0,35	1 135 – 18 927	- degradado pelos raios UV daí que seja necessário pintá-lo;
<b>Barril</b>	20,77	208 – 379	- evitar barris que contenham materiais tóxicos;

Tabela 17 - Comparação entre reservatórios de diferentes materiais. [154]; [53]

Quanto maior for o reservatório menor é o custo de cada litro de água armazenado. Outro fator importante é [53] a forma do reservatório pois influencia o espaço ocupado e o custo associado. Um reservatório que ocupe uma área de terreno menor é mais vantajoso. Na tabela 18, apresentam-se uma comparação entre várias formas de reservatórios e as desvantagens inerentes a cada.

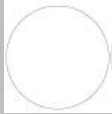


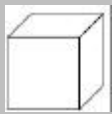
Forma	Acréscimo de material	Desvantagens
<b>Esfera</b> 	1,0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- só pode ser instalado se for subterrâneo ou parcialmente subterrâneo mas esta forma pode ser aproximada com duas superfícies curvas;</li> <li>- boas características de pressão com pouca curvatura;</li> <li>- as estruturas curvas necessitam de uma construção exímia para que sejam seguras;</li> <li>- apenas apropriado para materiais moldáveis, tais como, o cimento e argila ou materiais flexíveis como folhas de tecido e plástico;</li> </ul>
<b>Cilindro</b> 	1,2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- é a forma mais utilizada para reservatórios;</li> <li>- a pressão do arco é aceitável mas uma junta fixa entre a parede e a base provoca curvatura e pressões próximo da junta;</li> <li>- pode ser utilizado quer para materiais moldáveis quer para materiais que podem ser curvados como uma folha metálica;</li> </ul>
<b>Meia Esfera</b> 	1,3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- forma muito utilizada para reservatórios subterrâneos pois o fosso é fácil de escavar e crê-se que poupa material;</li> <li>- requer uma cobertura larga com posição livre;</li> <li>- é fácil de construir um tanque subterrâneo com esta forma com materiais moldáveis;</li> </ul>
<b>Cubo</b> 	1,4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pressões de curvatura são altas nos cantos;</li> <li>- muito simples de construir;</li> <li>- podem ser usados diversos materiais incluindo tijolos;</li> </ul>

Tabela 18 - Comparação entre várias formas de reservatórios. [154] e [53]

Para a limpeza do reservatório pode-se adicionar lixívia ao resto de água no fundo e esfregar, drenando-o e lavando com água antes de voltar a usar. Este procedimento deve ser efetuado anualmente de modo a garantir uma boa qualidade da água.

### 4.3.7 - Tanques pressurizados e bombas

A maioria das habitações possui dispositivos (máquina de lavar roupa e louça, esquentadores) que necessitam de uma pressão entre 138 a 207 kPa para que funcionem apropriadamente. Até mesmo alguns sistemas de irrigação gota a gota necessitam de uma pressão de 138 kPa para que garantam uma rega eficaz. A água adquire um acréscimo de pressão de 7 kPa por cada 305 mm de ascensão. Assim, para que o escoamento por gravidade se desse à pressão de 207 kPa num tubo de diâmetro de 25 mm, seria necessário colocar o reservatório a uma cota superior a 27 m. Uma vez que esta elevação não é prática nem desejável, existem duas soluções para garantir o escoamento com a pressão apropriada:

- bomba, tanque pressurizado, interruptor de pressão e válvula de controlo;
- uma bomba a pedido.

As bombas devem ser colocadas à mesma cota e o mais próximo possível do reservatório para diminuir a força exercida e aumentar a eficiência e o tempo de vida da bomba. O diâmetro da tubagem de abastecimento à bomba também afeta o desempenho da bomba pelo que deve possuir um diâmetro mínimo de 25 mm (maior se possível) para diminuir a tensão na bomba. A bomba extrai a água do reservatório, pressuriza-a e armazena-a sob pressão até que seja utilizada. A configuração típica de um sistema deste tipo é uma bomba de potência entre 180 a 750 W (de jacto ou centrífuga multiestágios), uma válvula de controlo de sentido único entre o tanque de armazenamento e a bomba para impedir o retorno da água pressurizada para o reservatório, um interruptor de pressão para regular o funcionamento do tanque sob pressão e o tanque sob pressão (capacidade típica de 150 litros) que mantém a pressão durante todo o sistema. Quando o tanque de pressão atinge um nível pré-definido, o interruptor de pressão corta a energia à bomba e sempre que houver utilização desta água deteta a perda de pressão no tanque e ativa a bomba para aspirar mais água do reservatório. A existência de um filtro que flutue no tanque de armazenamento permite que a extração da água seja efetuada entre 25 a 41 cm abaixo da linha de água, onde a água é mais limpa e mais fresca. Este dispositivo possui um filtro de 60 µm e está conectado à bomba de sucção externa através de uma mangueira flexível [53].

O filtro deve ser regularmente monitorizado para não criar condições de crescimento bacteriológico quando obstruído.

As novas bombas a pedido eliminam a necessidade de um tanque de pressão pois combinam uma bomba, um motor, um controlador, uma válvula de controlo e função do tanque de pressão numa única unidade. São auto - ferrantes e possuem uma válvula de controlo incorporada na entrada de água. Ao contrário das bombas convencionais, as bombas a pedido são ativadas pelo consumo de água o que elimina a necessidade de um tanque de pressão baixando assim o custo e o espaço ocupado pelo sistema [53]

### 4.3.8 - Qualidade e tratamento da água

A qualidade das águas pluviais é influenciada por diversos fatores, como a proximidade a indústrias que emitam poluentes atmosféricos, o grau de dispersão que estes sofrem, as condições durante a formação da precipitação, entre outros, não havendo gamas recomendadas legisladas. Os principais parâmetros que afetam a qualidade da água recolhida são [111] e [112]:

1. pH;
2. matéria orgânica;
3. partículas;
4. compostos químicos;
5. bactérias e vírus;
6. protozoários;
7. chumbo.

(1) Na ausência de qualquer contaminante atmosférico, a água precipitada pela chuva é levemente ácida, sendo de esperar um pH de aproximadamente 5,2 a 20 °C, valor inferior ao que resultaria se a solução ocorresse em água destilada (pH = 5,6) devido à presença de outros compostos na atmosfera terrestre não poluída. Na natureza, chuva com pH ligeiramente inferior a 5 cai sem causar grandes estragos pois as rochas, solo e vegetação atuam como tampão neutralizando a acidez.

Chuva ácida recolhida em sistemas de recolha de água da chuva não beneficia do efeito tampão natural da terra, havendo relatos de água captada com pH abaixo de 4 em áreas perto de indústrias.

(2) A presença de matéria orgânica, como matéria vegetal e animal, sedimentos acumulados, no tanque fornece nutrientes propiciando o crescimento microbológico e induzindo alterações no pH, cor, sabor e cheiro da água. Deve ser feita a manutenção periódica dos tanques de armazenamento para remoção de sedimentos acumulados no fundo que também constituem matéria orgânica.

(3) Partículas finas emitidas em combustões industriais e residenciais, por veículos, incêndios ou trazidas pelo vento podem ser incorporadas na água da chuva aquando do seu percurso até à superfície de recolha.

(4) Em áreas agrícolas a água da chuva pode ter concentrações mais elevadas de nitratos devido aos fertilizantes, podem ainda existir, na atmosfera, resíduos da utilização de pesticidas emitidos durante as colheitas. Em áreas industrializadas, a chuva pode ter valores

ligeiramente mais altos de sólidos suspensos e turbidez devido aos sólidos em suspensão na atmosfera [53].

(5) Existem várias doenças provocadas por bactérias associadas à ingestão da água contaminada. As contaminações podem ser devidas a dejetos e urina de animais infetados na superfície de recolha da água, compostos orgânicos transportados pelo vento que contenham dejetos e urina de animais contaminados. A maioria dos patogénicos pode ser eliminada através do uso de cloro, mas a qualidade da água armazenada deve ser analisada periodicamente se for para consumo humano.

(6) Alguns protozoários patogénicos produzem formas de resistência (cistos) que permitem ao organismo sobreviver longos períodos em situações adversas e até mesmo à desinfeção com cloro. Contudo estes só são prejudiciais à saúde humana quando ingeridos.

(7) Além de constituir um problema em casas antigas, o chumbo pode provir da solda com chumbo, fazer parte dos compostos de tintas, caleiras entre outros materiais utilizados desde a recolha ao consumo da água da chuva, devendo estes ser evitados. O chumbo sofre lixiviação quando em contacto com água ácida, quanto maior a acidez da água mais grave a lixiviação do chumbo.

O destino da água recolhida é que determina se esta necessita de tratamento e qual o tratamento adequado. Quando a água se destina a irrigação com mangueira é apenas indispensável uma rede que separe as folhas e um filtro que garanta a qualidade da água antes de esta ser armazenada. Se a irrigação for efetuada recorrendo a um sistema automático, deve ser também incorporado um filtro de malha fina [53].

A água que é utilizada nas máquinas de lavar roupa e louça pode necessitar dum tratamento para ajustamento de pH ou ser filtrada para eliminação de sedimentos e minerais. Em sistemas para usos potáveis é necessário eliminar o risco de contaminação de microrganismos patogénicos através do acréscimo do tratamento por desinfeção e a qualidade da água deverá ser testada por um laboratório acreditado para tal.

A Tabela 19 - Comparação entre os tratamentos de desinfeção da água. [154] e [53] expõe as comparações entre custos, manutenção, eficiência e outras observações dos tratamentos de desinfeção disponíveis.

Material	Custo [€]	Manutenção	Eficiência	Observações
Filtração <b>Cartucho</b>	16 – 47	Filtros devem ser substituídos regularmente	Remove partículas > 3 µm	A desinfeção continua a ser recomendada
Filtração <b>Osmose Inversa</b>	313 – 1 173	Substituir o filtro quando colmatar (depende da turbidez)	Remove partículas > 0,001µm	A desinfeção continua a ser recomendada
Desinfeção <b>Luz Ultravioleta</b>	274 – 782; 63 (trocar a lâmpada)	Substituir a lâmpada UV em cada 10 000 horas ou 14 meses A proteção deve ser limpa regularmente lâmpada UV	Desinfeção da água filtrada < 1,00 Coliformes Totais/100 mL	A água deve ser filtrada previamente para maximizar a eficiência
Desinfeção <b>Ozonólize</b>	548 – 2 034	Eficiência deve ser monitorizada frequentemente ou possuir um analisador em linha (acréscimo de 940 € ou mais)	Menor eficiência quanto maior for a turbidez Pode ser aperfeiçoado com pré-filtração	Requer uma bomba para fazer circular as moléculas de ozono
Desinfeção <b>Cloro</b>	0,78/mês (manual) ou 469 – 2 348 (sistema de dosagem automático)	Dose aplicada manualmente uma vez por mês	Turbidez alta requer maior dose ou maior tempo de contacto mas este efeito pode ser mitigado com pré-filtração	Sobredosagem pode provocar problemas para a saúde humana

Tabela 19 - Comparação entre os tratamentos de desinfeção da água. [154] e [53]

Todos os tipos de desinfeção requerem filtração e cada tratamento requer manutenção adequada, sendo a desinfeção por ozonólize o tratamento mais dispendioso.

A Figura 77 - Contaminações que se devem considerar na recolha de água da chuva. [112] ilustra uma situação genérica numa habitação em que é captada a água da chuva e algumas das situações de contaminação referidas anteriormente que podem ocorrer e se devem prevenir. Havendo consciência, planeamento e boas práticas de gestão na coleta de água, o fornecimento de água [112].

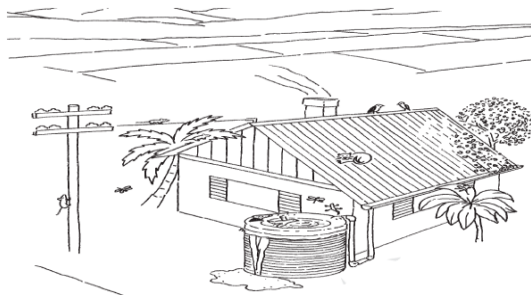


Figura 77 - Contaminações que se devem considerar na recolha de água da chuva. [112]

## 4.4 - Controlo dos gastos de água

Equipamentos sanitários e dispositivos de utilização mais eficiente, estas são também noções que devem estar desde logo à partida no projeto, significando o aproveitamento de um bem precioso, como o é a água potável, bem como uma poupança económica real para o utilizador. Existem atualmente propostas para a certificação da eficiência hídrica de dispositivos e instalações, pelo que estará certamente para breve mais um selo a ter em conta na escolha de equipamentos [134].

### 4.4.1 - Sanitas

Opções simples são os autoclismos de baixa capacidade, 6 litros em vez de 9 litros, poupando-se cerca de 5400 litros de água por ano, autoclismos de descarga diferenciada com dois volumes (figura 78). Outra opção são os objetos redutores de descarga introduzidos no tanque retirando volume de água [34].



Figura 78 - Autoclismo com dupla descarga [34].

### *Sanitas com aproveitamento de composto*

Existe também opção de utilizar o ancestral método de bacias em sistema seco – compostagem – uma solução que depende da localização da obra, da recetividade do utilizador, e da possibilidade de utilização do composto (figura 79). Esta solução não necessita da água para o tratamento e transporte dos excrementos. É utilizada em alguns países da Escandinávia, porém é necessário ter em conta a legalidade do seu uso consoante legislação do país [34].

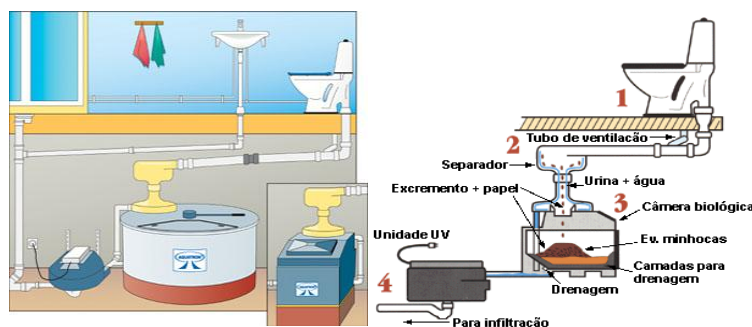


Figura 79 - Sistema biológico para WC's com sanitas de descarga normal [34]

Outra possibilidade é o sistema de aproveitamento de composto com separação de líquidos do tipo Aquatron comercializado pela Biohabitat em Portugal, do qual se descreve o funcionamento na figura 80 e 81. Quando é efetuada uma descarga da sanita, a urina, a água, excrementos e papel são transportados para um recipiente designado separador [34].



Figura 80 - Esquema de sistema de aproveitamento de composto [34]



Figura 81 - Sistema de aproveitamento de composto [34]

Aqui, a água e a urina são separadas dos excrementos e papel, e conduzidas para a unidade UV onde são expostas aos raios ultravioletas para extermínio de bactérias e vírus, podendo ser conduzidas para a canalização das águas de lavagem ou para infiltração no solo como representa a figura seguinte.

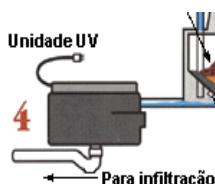


Figura 82 - Unidade UV

Os excrementos e papel após o separador são conduzidos para uma câmara biológica onde se dá a compostagem (figura 83), com a ajuda de bactérias ou minhocas (a temperatura ideal para a compostagem é de 12-25 graus Celsius, o que é recomendável para moradias de carácter permanente; a compostagem não produz cheiro nem atrai moscas, dado que a câmaras biológica é ventilada e o excesso de líquido é drenado), ou seja, dá-se a transformação dos excrementos e papel em húmus (adubo orgânico). O sistema é já certificado na Suécia [34].



Figura 83 - Sanita com compostagem [34]

Principais vantagens: As instalações produzem grandes poupanças em tecnologia e uso da água; flexibilidade do percurso da tubagem permite aos arquitetos, engenheiros e construtores uma maior liberdade no projeto e instalação de edifícios; poupança de água (as sanitas de vácuo consomem apenas um litro de água por descarga em comparação com sanitas convencionais que utilizam entre seis ou dez litros); sistema ideal para instalações onde existe uma elevada densidade de acessórios sanitários com exigências de poupança no uso da água. A tubagem pode ser instalada entre pavimentos e tetos suspensos dando a possibilidade de conexão de acessórios sanitários situados em níveis acima e abaixo, não precisam de declive natural. Além dos novos edifícios, é uma tecnologia ideal para aplicações em construções antigas e renovadas.

#### 4.4.2 - Chuveiros

Deve-se ter em conta a eficiência do chuveiro através do caudal. Em vez dos tradicionais 13litros/minuto optar por 7litros/minuto disponíveis no mercado. A tabela 20 compara a eficiência do chuveiro através do caudal de água.

CAUDAL (Q) [l/min]	Chuveiro	Sistemas de duche	Sistema de duche com torneira termostática ou eco-stop	Sistema de duche com torneira termostática e eco-stop
$Q \leq 5$	A+	A+	A++	A++
$5,0 < Q \leq 7,0$	A	A	A+	A++
$7,0 < Q \leq 9,0$	B	B	A	A+
$9,0 < Q \leq 15,0$	C	C	B	A
$15,0 < Q \leq 30,0$	D	D	C	B
$30,0 < Q$	E	E	D	C

Tabela 20 - Eficiência do chuveiro através do caudal de água [9]

Os consumidores vão poder escolher os chuveiros pelos consumos de água. Estes passarão a ter rótulos com as letras de A e B, sendo que o A+ é atribuído ao artigo mais eficiente. A Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais (ANQIP) acaba de lançar o modelo de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica de Chuveiros e Sistemas de Duche (figura 84) e espera que a nova rotulagem chegue ao mercado nacional brevemente. E garante que uma família de quatro pessoas pode poupar 380 € num ano [9].



Figura 84 - Modelo de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica [9]

### 4.4.3 - Torneiras

Ter em conta a eficiência do modelo através do caudal. Em vez dos tradicionais 6L/minuto optar por modelos com 4litros/minuto disponíveis no mercado; de emulsionadores de caudal (filtros arejadores) nas torneiras onde é dispensável grande volume de água, como banca e lavatórios; aplicação de modelos com menor ângulo de abertura (figura 85), para permitir um corte de fluxo mais rápido e com menos desperdícios; aplicação de modelos temporizados automáticos ou semiautomáticos em locais de grande afluência de público [113].



Figura 85 - Esquema de funcionamento de um redutor de caudal [158]

### 4.4.4 – Eficiência hídrica em eletrodomésticos

Os eletrodomésticos que mais recursos consomem são as máquinas de lavar. Os modelos domésticos de máquinas de lavar loiça atualmente em uso apresentam consumos de água entre 12 e 24 litros por lavagem. A utilização deste tipo de dispositivo é responsável por cerca de 2% do consumo total de uma habitação. Estes equipamentos têm em geral uma vida útil entre 8 a 16 anos, dependendo principalmente da sua qualidade e da frequência de utilização [113].

Nos modelos de máquina de lavar roupa disponíveis, apresentam consumos de água muito variáveis, entre 35 e 75 litros por lavagem, podendo admitir-se um valor médio de 55 litros por lavagem em geral, para uma capacidade de carga de 5 kg de roupa de algodão [113].

Estes são os eletrodomésticos são também os que mais energia consome no aquecimento de água, correspondendo 90% as máquinas de lavar loiça e cerca de 80% as máquinas de lavar roupa [1].

Segundo a Adene, a etiqueta energética é de utilização comum em toda a Europa e constitui uma ferramenta informativa ao serviço dos utilizadores de aparelhos elétricos. Segundo a legislação vigente, é obrigatório o vendedor exibir a etiqueta energética de cada modelo de eletrodoméstico, assim como, é obrigatório para o fabricante fornecer os valores que avaliam um dado modelo de eletrodoméstico com etiqueta energética. Na figura 86 está representado o modelo de etiqueta utilizado para as máquinas de lavar loiça (à esquerda) e máquina de lavar roupa (à direita).

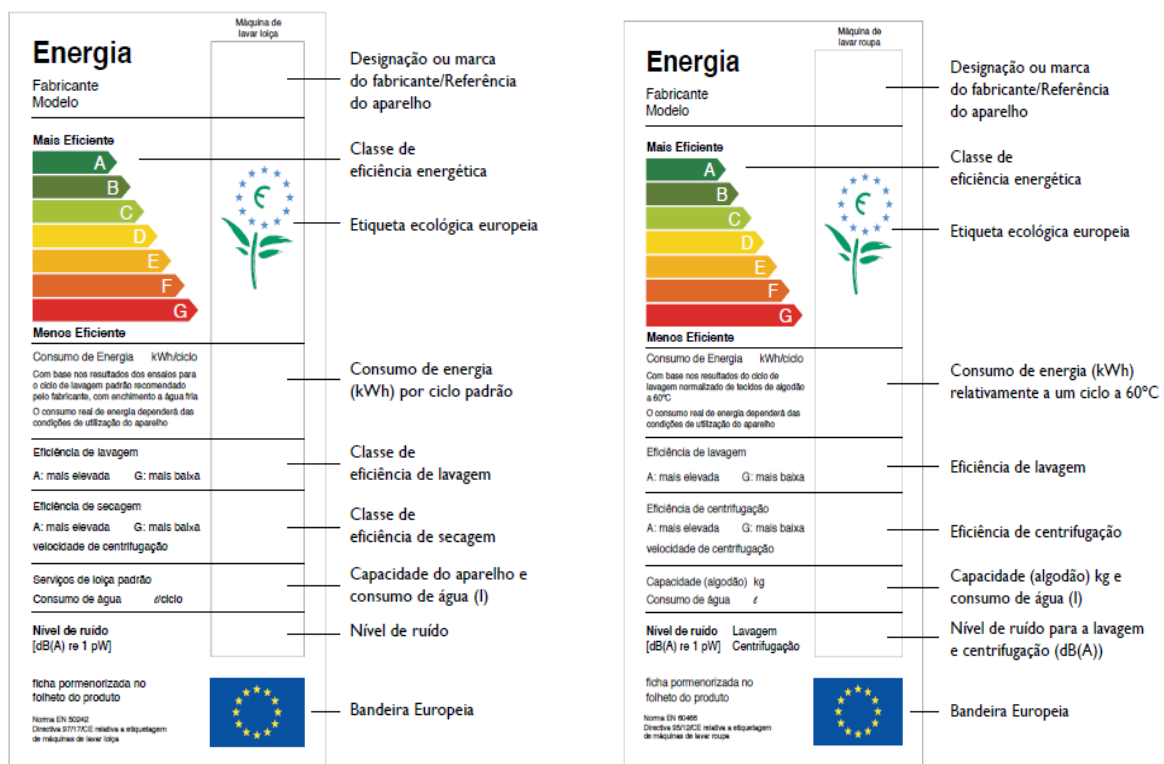


Figura 86 – Etiqueta energética para máquinas de lavar loiça e roupa respetivamente [1].

A etiqueta energética de uma máquina de lavar loiça tem em linha de conta a eficácia da lavagem, da secagem e os consumos de água e energia por lavagem, mensurados no programa económico. Na etiqueta energética da máquina de lavar roupa aparecem refletidos a eficácia da lavagem e da centrifugação assim como o consumo de água e de energia por ciclo [1].

## 4.5 - Certificação hídrica

---

A água tem-se tornado um recurso da maior importância. Devido não só ao crescimento demográfico mas, fundamentalmente, ao desenvolvimento económico e ao nosso estilo de vida, a água potável é hoje um recurso escasso que, de bem comunitário e patrimonial, se transformou ao longo das últimas décadas em bem económico [120].

As alterações climáticas têm agravado este cenário e prevê-se que em alguns países, como Portugal, a previsível redução da precipitação ou a alteração do seu regime possam a curto/médio prazo criar graves situações de crise [120].

Sendo um bem finito e essencial à vida, o seu uso racional, a todos os níveis, tornou-se uma prioridade. Em Portugal, a necessidade de um uso eficiente da água foi já reconhecida com prioridade nacional, através da publicação da Resolução do Conselho de Ministros nº 113/2005, de 30/6, a qual aprova o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA). Entre as ações propostas neste programa, destacam-se as propostas de rotulagem dos dispositivos de utilização prediais (autoclismos, chuveiros, etc.), no sentido de disponibilizar aos consumidores o conhecimento da sua eficiência hídrica [120].

Paralelamente ao que acontece noutros sectores, o sector hídrico faz a promoção da eficiência através da aplicação de mecanismos de certificação.

O conceito de eficiência manifesta-se através de 5'R:

- reduzir os consumos → eficiência hídrica do produtos;
- reduzir as perdas;
- reutilizar a água;
- reciclar a água;
- recorrer a origens alternativas.

### 4.5.1 - Alguns modelos de avaliação da eficiência hídrica já existentes

Com o objetivo de modificar a forma de aplicação/uso da água, a rotulagem da eficiência hídrica de produtos representado na figura 87 já é, em alguns países, um fator que influencia o consumidor, tanto na decisão de aquisição dos produtos como no uso sustentável da água [120].

No espaço europeu, existem já modelos deste tipo no Reino Unido, na Irlanda e nos países nórdicos. Fora do espaço europeu, são diversos os exemplos que podem ser referidos (Austrália, EUA, Japão, Nova Zelândia, etc.).



Figura 87 - Símbolos europeus de certificação hídrica [9]

#### 4.5.2 - Modelo de rotulagem de eficiência hídrica proposto para Portugal

A melhor eficiência corresponde à letra A, utilizando-se também uma indicação gráfica por gotas, para melhor compreensão do símbolo, bem como uma pequena barra lateral indicativa. Em Portugal, já foram adotados rótulos de eficiência hídrica (ver figura 88) para indicar ao consumidor aquando da compra a classe inerente [2]. A existência das classificações A+ e A++ tem em vista algumas aplicações especiais ou condicionadas.

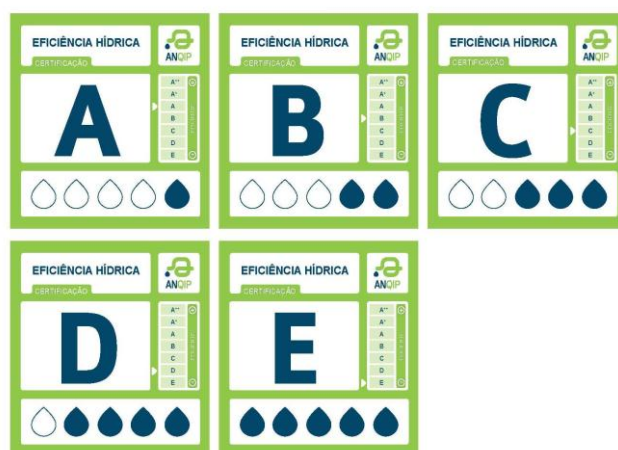


Figura 88 - Rótulos de eficiência hídrica adotados em Portugal [9]

No caso dos autoclismos, por exemplo, [120] a adoção de modelos de 4 litros tem-se revelado como um fator de problemas ao nível do arrastamento de sólidos nas redes prediais e públicas, exigindo-se para a sua adoção (incompatível com muitas das redes existentes) uma alteração dos critérios habituais de dimensionamento das redes (Consultar tabela 21).

Acresce que a Norma Europeia EN 12056-2 não permite a adoção de autoclismos de 4 litro sem redes prediais dimensionadas de acordo com o chamado Sistema I da Norma, que é precisamente o sistema habitual em Portugal, admitido pelo regulamento geral.

Por outro lado, há que averiguar se o volume de descarga é compatível com as características da bacia de retrete. Habitualmente, a performance do conjunto é assegurada pelo cumprimento de Normas Europeias relativas à performance dos dispositivos ou aparelhos (no caso dos autoclismos

é a prEN 14055), pelo que qualquer certificação de eficiência hídrica deve exigir o prévio cumprimento da normalização existente relativa à respetiva performance [120].

Na tabela 21, são apresentadas as categorias de eficiência hídrica para efeitos de rotulagem de autoclismos

Volume nominal I (litros)	Tipo de descarga	Categoria de Eficiência Hídrica	Tolerância (Volume máximo – descarga completa)	Tolerância (Volume mín. de descarga para poupança de água)
4,0	Dupla descarga	A++	4,0 – 4,5	2,0 – 3,0
5,0	Dupla descarga	A+	4,5 – 5,5	3,0 – 4,0
6,0	Dupla descarga	A	6,0 – 6,5	3,0 – 4,0
7,0	Dupla descarga	B	7,0 – 7,5	3,0 – 4,0
9,0	Dupla descarga	C	8,5 – 9,0	3,0 – 4,5
4,0	C/ interrup. de desc.	A+	4,0 – 4,5	-
5,0	C/ interrup. de desc.	A	4,5 – 5,5	-
6,0	C/ interrup. de desc.	B	6,0 – 6,5	-
7,0	C/ interrup. de desc.	C	7,0 – 7,5	-
9,0	C/ interrup. de desc.	D	8,5 – 9,0	-
4,0	Completa	A	4,0 – 4,5	-
5,0	Completa	B	4,5 – 5,5	-
6,0	Completa	C	6,0 – 6,5	-
7,0	Completa	D	7,0 – 7,5	-
9,0	Completa	E	4,5 – 9,0	-

Tabela 21 - Categorias de eficiência hídrica para efeitos de rotulagem de autoclismos [9]

A ANQIP estabeleceu para os autoclismos de pequeno volume categorias de eficiência hídrica “A+” ou “A++” (ou “A”, nalguns casos), apresentados na figura 89, mas com indicação obrigatória no rótulo de um aviso relativo à exigência de performance do conjunto e à existência de um dimensionamento adequado da rede de drenagem.



Figura 89 - Exemplos de rótulos de eficiência hídrica para autoclismos de pequeno volume [9]



5

**GESTÃO DE MATERIAIS**





## 5.1 - Enquadramento

---

A escolha dos materiais é uma das várias decisões que afetam a sustentabilidade da construção, tais como a seleção do local, dos sistemas de alimentação de energia para aquecimento, etc.

A seleção dos materiais tem muitas vezes na sua génese critérios estéticos e económicos. Estes deverão sem dúvida ser considerados para a avaliação da sua sustentabilidade, devendo acrescentar-se outros como a toxicidade, os custos da energia consumida na sua produção, a sua eficácia face à função a desempenhar, por exemplo isolamento, ou a sua durabilidade prevista.

Os critérios a considerar devem ser analisados tendo em conta o ciclo de vida útil do material, ou seja deverá considerar-se o seu impacto ambiental desde a extração das matérias-primas para a sua produção até ao final da sua vida útil e potencial de reutilização e/ou reciclagem [20].

Durante a conceção/construção do projeto, é proposta a utilização de materiais adequados, que significam um menor custo económico, energético, social e ambiental. Estes materiais têm preferencialmente origem em fontes renováveis, não poluentes e não tóxicos, são duráveis e/ou com possibilidade de reciclagem/reutilização [20].

Sempre que economicamente vantajoso, é dada preferência à utilização de materiais autóctones, reduzindo desta forma o custo com transportes [110].

A importância das decisões tomadas aquando da conceção inicial reflete-se, por um lado, no custo da construção (pelo que é nesta fase que devem ser tidas em conta todas as condicionantes que definem o edifício e devem ser convidados a participar todos os especialistas) e, por outro lado, no impacto ambiental dos edifícios. É na conceção dos edifícios que se deve especificar a origem dos materiais de construção, que se deve determinar o respetivo impacto ambiental e que os conhecimentos individuais de todos os elementos da equipa projetista devem contribuir para a otimização do desempenho energético-ambiental do edifício, bem como para a minimização do respetivo custo de construção [110].

## 5.2 - Critérios ambientais para a seleção de materiais na construção sustentável

---

A seleção de materiais é um dos importantes e complexos desafios que qualquer equipa encarregada do projeto de uma habitação sustentável tem que enfrentar. Por causa do impacto que os materiais têm no ambiente (na fase de produção, utilização e fim de vida), as decisões com eles relacionadas são de particular importância pelas consequências que daí resultam [86], [51], [170] e [73].

A ausência de consenso sobre que critérios definem um material como sustentável torna o seu processo de seleção complexo, arbitrário, demorado e dispendioso, dada a inexistência de uma base de dados de materiais de construção, onde estes se encontrem classificados segundo um conjunto de critérios padrão.

Uma das dificuldades com que se depara quem tem que selecionar materiais ecológicos para a construção é a de, muitas vezes, apesar dos materiais serem funcionalmente equivalentes, apresentarem perfis ambientais muito distintos. Uma situação ilustrativa corresponde a uma comparação entre um material com origem num recurso renovável, mas sem conteúdo reciclado, com outro que, apesar de proveniente de um recurso não renovável, incorpora na sua produção materiais provenientes de processos de reciclagem [86], [51], [170] e [73].



Figura 90 - Rotulo Ecológico [102]

Tem-se revelado difícil estabelecer critérios universais aplicáveis a todos os materiais de construção em todas as aplicações, mas apesar desta dificuldade é possível estabelecer um conjunto de critérios gerais que podem servir de guias para orientar a avaliação e seleção dos materiais no contexto de um determinado projeto. É tão importante a forma como os materiais são utilizados como a identificação e seleção dos mesmos. É possível aplicar materiais ecológicos de forma

incorreta, não alcançando nenhum benefício ambiental com a sua utilização. Em contrapartida, alguns materiais convencionais, que avaliados à luz destes critérios não podem ser considerados ecológicos, podem ser aplicados de maneira a permitirem a um edifício alcançar com a sua utilização alguns benefícios ambientais. Apresentam-se, em seguida, estes critérios numa sequência que não pretende definir prioridades dado que nenhum deles pode ser considerado isoladamente. Os critérios apresentados resultam da consulta de trabalhos de diversos autores e da consulta do guia de materiais para a construção sustentável [86], [51], [170] e [73].

### 5.2.1 - Materiais que não afetam a saúde dos utilizadores dos edifícios

A maior parte dos materiais de construção são inertes, e não afetam a saúde humana. Muitos são usados de forma encapsulada, não havendo por isso contacto direto com os habitantes. No entanto, ao nível dos materiais usados nos acabamentos interiores, podem existir Impactes negativos na saúde, segurança e conforto dos utilizadores. Alguns materiais podem libertar substâncias perigosas para a saúde humana durante dias, meses ou até anos após a sua aplicação, devendo ser evitados [67].

É o caso de algumas tintas utilizadas no interior, que podem ser responsáveis pela libertação de substâncias tóxicas. Noutras situações, [67] certos materiais podem ajudar a melhorar os níveis de qualidade do ar no interior da habitação, contribuindo assim para uma melhor qualidade de vida dos utilizadores dos edifícios. Alguns selantes são aplicados para evitar a entrada de substâncias perigosas no interior das habitações.

Na figura 91, apresenta-se uma seleção de vários materiais de origem natural que podem ser incorporados noutros materiais vulgarmente utilizados na construção, de forma a mudar texturas, cores ou até mesmo, substituí-los.



Figura 91 - Materiais de origem natural

## 5.2.2 - Materiais que aumentam a eficiência energética do edifício

Um dos componentes com mais peso na sustentabilidade é o consumo energético de um edifício durante a sua utilização, no seu período de vida útil. Esta energia, denominada aqui de energia operativa, é a energia consumida nos sistemas de aquecimento, arrefecimento, iluminação, etc.

Este consumo depende muito do desempenho térmico do edifício, e é de particular importância a escolha de materiais como os de isolamento até ao tipo de vidros que vão ser aplicados na construção, pois estes podem contribuir para uma redução significativa da energia consumida. Em algumas situações o elevado contributo de alguns materiais para o desempenho energético pode justificar a sua seleção, mesmo quando estes não satisfazem outros critérios aqui mencionados. [67].

A figura 92, apresenta dois exemplos de soluções. À esquerda, um sistema de vidro duplo com caixilharia estanque e à direita, isolamento térmico aplicado pelo exterior, cuja aplicação, pretende melhorar o desempenho energético do edifício.



Figura 92 - Caixilharia de corte térmico com vidro duplo e ETICS

Os benefícios ambientais da redução de energia gerada pela sua utilização podem compensar os Impactes negativos associados à natureza do material em questão. Idealmente os materiais devem contribuir para a satisfação de todos os critérios ambientais. A utilização de poliestireno extrudido como isolamento térmico, material que tem uma elevada energia incorporada e é difícil de reciclar, pode apresentar vantagens se a sua aplicação conduzir a uma elevada redução da energia consumida na climatização do edifício.

### 5.2.3 - Materiais com baixa energia incorporada e de fácil processamento

Entende-se por energia incorporada, a energia consumida durante a extração das matérias-primas, produção e transporte do material até ao local de construção e na sua instalação. Esta energia pode ser medida e comparada para diversos materiais, devendo dar-se prioridade ao uso dos que apresentam os valores mais baixos. Materiais com menor energia incorporada, principalmente quando esta é proveniente de fontes renováveis contribuem para uma diminuição do consumo de combustíveis fósseis [67] e [86].

Os materiais reciclados apresentam valores mais baixos de energia incorporada do que os materiais equivalentes sem conteúdo reciclado. Também os materiais naturais têm níveis de energia incorporada mais baixos, tendo em conta que são processados de forma menos intensiva do que os materiais sintetizados. Em Portugal, a utilização da cortiça no isolamento de fachadas e no pavimento, como representa a figura 93, pode apresentar-se como uma alternativa aos materiais tradicionais, que contêm muito mais energia incorporada [67] e [86].



Figura 93 - Pavimentos, aglomerados compósitos, revestimentos em cortiça [101]

Energia que resulta do somatório da energia consumida durante a extração das matérias-primas, seu transporte para as unidades de processamento, seu processamento, aplicação em obra, manutenção e demolição, é assim distribuída [67] e [86]:

- energia primária incorporada (PEC do inglês Primary Energy Consumption) representa cerca de 80% (extração das matérias-primas, seu transporte para as unidades de processamento e seu processamento).
- os cerca de restantes 20% dizem respeito à energia consumida durante a vida útil do edifício (transporte para estaleiro de obra, fase de construção, manutenção, reabilitação, remoção e demolição).

Em Portugal distribui-se do seguinte modo a energia total consumida pela indústria transformadora:

- as indústrias responsáveis pelo fabrico do cimento consomem cerca de 11%;
- as indústrias cerâmicas e do vidro, grandes fornecedores da construção consomem 15,7%.

Quanto mais elaborado for o processamento maior será esta energia primária. Sempre que a durabilidade dos materiais não seja comprometida e as reservas de matéria-prima o permitam, devem ser utilizados materiais com baixa energia primária, como o exemplo da figura 94, a madeira [67] e [86].



Figura 94 - Materiais de construção em madeira

Se a estes fatores juntarmos o ciclo de vida total de uma construção, poderemos ter uma ideia do impacto de uma casa padrão (SH Standard Home) face a uma casa energeticamente eficiente (EEH Energy Efficient Home) conforme o estudo, life cycle analysis of a residential home in michigan, de 1998, da Universidade do Michigan, EUA.

#### **5.2.4 - Materiais com elevada durabilidade e reduzida necessidade de manutenção**

Quanto maior for a durabilidade de um material, maior será a sua vida útil e conseqüentemente menor será o seu impacto ambiental. Se por exemplo, aumentarmos a durabilidade do betão de 50 para 500 anos, haverá uma redução do seu impacto ambiental de um fator de 10 vezes. Infelizmente são inúmeros os casos de deterioração precoce de estruturas de betão armado [163].

A utilização de materiais que se tornam obsoletos a curto prazo ou que exigem frequentes e complicadas operações de manutenção multiplicam os Impactes ambientais negativos associados a um edifício. A repetida substituição e manutenção obriga à utilização de novos materiais, aumenta a geração de resíduos, com os materiais substituídos.

Na figura 95, representa-se esquematicamente a vida útil e residual de um material ao longo do tempo e o seu desempenho.

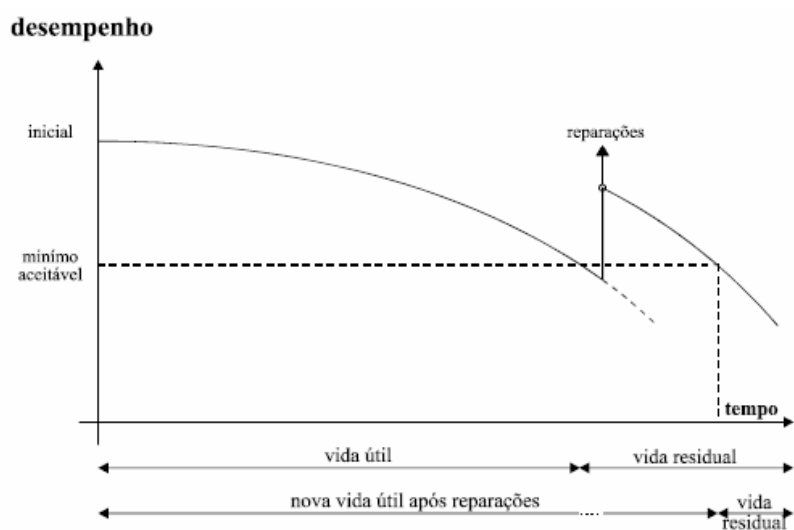


Figura 95 - Vida útil e vida residual [67]

Ao contrário, a utilização de materiais com elevada durabilidade contribui para uma redução dos custos associados com a manutenção do edifício. Os materiais cerâmicos apresentam elevada durabilidade apresentando-se como uma boa opção para o piso de edifícios públicos porque são fáceis de limpar e têm elevada resistência ao desgaste, não necessitando de ser substituídos a curto prazo [67].

As tecnologias e sistemas de construção a utilizar deverão ser pensados numa ótica de durabilidade e flexibilidade para se poderem de igual modo adaptarem a novas utilizações. Quanto maior o ciclo de vida de uma obra, maior será o período de tempo de amortização dos impactes ambientais da fase de construção. Os custos com operações de manutenção e conservação são hoje muito elevados. Opções iniciais na escolha dos materiais a utilizar têm de ter em conta estes fatores, quando se pretende uma visão de longo prazo da obra com um bom envelhecimento [67]; [86].

### 5.2.5 - Redução do consumo de materiais e eliminação de materiais acessórios

Em algumas situações é possível reduzir a quantidade de materiais utilizadas no acabamento de um edifício. É exemplo disso a substituição de materiais de acabamento, que têm uma finalidade meramente estética, pelo material de suporte, que tratado de forma adequada, pode tornar-se o acabamento. A adição de pigmentos ao betão (figura 96 a 99) pode eliminar a necessidade de colocação de outro material num piso [67].



Figura 96 - Clinquer de cimento Portland

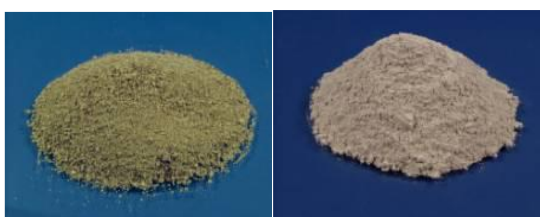


Figura 97 - Escória de alto forno



Figura 98 - Cal



Figura 99 - Cinzas volantes

### 5.2.6 - Materiais recuperados

Uma das formas para atingir a eco-eficiência dos materiais de construção passa pela incorporação de resíduos de outras indústrias em materiais de construção [163].

Quando os edifícios chegam ao fim da sua vida útil, muitos dos materiais que os constituem ainda se encontram em bom estado, podendo ser retirados e aproveitados em novas edificações, como é o caso dos azulejos da figura 100. Este conceito de recuperação pode ser alargado ao próprio edifício. Quando é tomada a decisão de renovar um edifício, em vez de o demolir para construir um novo, este está essencialmente a ser reutilizado. Embora algum material tenha sempre que ser removido, a maior parte da estrutura é mantida.



Figura 100 - Painel de azulejos Sec. XVIII [13]

A reutilização e recuperação de materiais e edifícios reduzem, os Impactes ambientais associados à extração de matérias-primas e à produção de novos produtos, contribuindo também para evitar o aumento de resíduos depositados em aterro. Ao realizar novos projetos devem selecionar-se materiais que ao ser aplicados não comprometam a sua remoção, ou seja, que facilitem a desconstrução [123] e [86].

A Câmara Municipal do Porto procedeu à recolha, recuperação e armazenamento de azulejos retirados de edifícios devolutos de acordo com a figura 101.



Figura 101 - Recuperação e Armazenamento de Azulejos [13]

Neste caso os materiais compósitos são indesejáveis, a não ser que cumpram alguma função específica, e nesse caso as vantagens da sua aplicação compensam as eventuais dificuldades na separação e reciclagem no fim de vida.

### **5.2.7 - Materiais com origem em recursos renováveis**

A utilização de materiais provenientes de fontes renováveis contribui inequivocamente para a sustentabilidade da indústria da construção. Neste grupo podem incluir-se materiais como a madeira, bambu, ou a cortiça desde que o ritmo de renovação destas espécies seja superior ao ritmo do seu consumo pela indústria da construção [100].

Os materiais com origem em recursos que se renovam a uma taxa superior à de exploração são preferíveis aos que contribuem para a escassez de recursos, como são os materiais consumidores de derivados dos combustíveis fósseis.

Os materiais com origem em recursos renováveis (ciclos de renovação inferiores a 10 anos como a cortiça da figura 102) são, a maior parte das vezes biodegradáveis e têm baixa emissão de COV's (compostos orgânicos voláteis).



Figura 102 - Cortiça material com um ciclo de renovação [101]

Estes materiais permitem fechar completamente o seu ciclo de vida, tendo em conta que no fim de vida podem ser reciclados por processos orgânicos. Incluem-se nesta categoria os materiais feitos a partir do bambu ou da cortiça [67] e [86].

### **5.2.8 - Materiais reciclados e recicláveis**

Materiais de construção reciclados são todos os que são produzidos, na totalidade ou em parte, com componentes recolhidos em processos de separação, numa fase pós-consumo. Em alguns casos a reciclagem leva à produção de novos materiais com características equivalentes aos que lhe deram origem (é o caso do alumínio). No entanto, em muitas situações, os materiais só podem ser reciclados para um nível de utilização inferior ao original, e assim este processo ocorre uma única vez. É exemplo disso a incorporação de resíduos de pneus na composição de materiais de construção, tais como cimentos ou tijolos [22].

Apesar de, do ponto de vista meramente tecnológico, ser possível reciclar a maioria dos materiais, nem sempre essa reciclagem é realizada. Para decidir se é ou não viável reciclar um dado material ou produto deve considerar-se a facilidade do processo de separação e recolha, bem como a localização da instalação onde será feita a reciclagem e o tipo de processo envolvido. Para alguns materiais os custos de transporte e o tipo de processo não justificam a sua reciclagem, sendo menos prejudicial para o ambiente a opção de utilizar materiais novos [67] e [86].



Figura 103 - Processo de Reciclagem [140]

A solução passa por fechar o ciclo dos materiais convertendo todos os resíduos novamente em recursos. Um resíduo não é senão a matéria-prima de um recurso. Se recolhermos todos os resíduos materiais dos processos de extração, manufatura e utilização de qualquer produto e os reorganizarmos até à qualidade original em que os recolhemos do meio ambiente (figura 104 a 106), teremos evitado os impactes ambientais associados ao seu derrame e teremos regenerado o recurso para que esteja novamente disponível.

Fechar os ciclos materiais, devolvendo os resíduos à qualidade de recursos, é uma estratégia que nos conduz à sustentabilidade. Para isso existem dois caminhos. O primeiro caminho é usando a biosfera como a “máquina” capaz de recolher os resíduos e convertê-los novamente em recursos, através dos seus próprios processos naturais. É o caminho dos materiais renováveis. O segundo caminho é usando o nosso próprio sistema técnico. Organizando a gestão adequada dos resíduos, desenhando os processos para reciclá-los e convertê-los novamente em recursos. É o caminho dos materiais não renováveis.



Figura 104 - Exemplos de produtos em alumínio reciclado [102]



Figura 105 - Exemplos de produtos feitos de cobre reciclado [102]

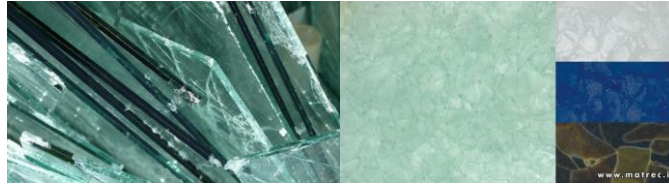


Figura 106 - Resíduos de vidro e vidro reciclado [102]

### 5.2.9 - Materiais com baixa emissão de poluentes para o ambiente

É importante considerar as emissões que um dado material liberta para o ar, água e solo durante a sua produção, utilização e manutenção. Algumas das substâncias libertadas (CFC's, HCFC's, COV's, etc.) são responsáveis pelo aquecimento global e destruição da camada de ozono; outras, como o mercúrio e o chumbo, podem poluir a água e os solos, sendo muito perigosas para a saúde das populações. Os poliestirenos, muito utilizados no isolamento térmico de edifícios, já são produzidos com produtos livres destas substâncias [67] e [86].

Os avanços da química e da medicina comprovam hoje em dia que certas substâncias devem ser, a todo o custo, evitadas. O mercado tem a tendência ambígua de esconder certos factos por um lado (como os gases CFC ou o formaldeído) como por outro de empolgar aqueles que poderão nem conter o perigo anunciado (o caso do perigo do amianto, que foi quase que mitificado, muitas vezes exageradamente). Contudo, são estes excessos de zelo que obrigam o mercado a melhorar a sua oferta e assim evolui a construção. São exemplos de substâncias comprovadamente a evitar: o CFC (Clorofluorocarbonetos); os HCFC (Hidroclorofluorocarbonetos) presentes sobretudo no poliestireno expandido (EPS), no poliestireno expandido extrudido (XPS) e na espuma rígida de poliuretano (PUR).

### **5.2.10 - Materiais produzidos localmente**

Os materiais de origem local reduzem a poluição e o consumo de energia associados ao transporte para o local da obra. Além disso, contribuem para o desenvolvimento da economia local, o que também é um fator importante tendo em conta a dimensão social e económica da construção sustentável. Em Portugal a cortiça é um exemplo de um material produzido localmente e que apresenta grandes vantagens na sua aplicação, conjugando os benefícios ambientais com o contributo que o seu consumo dá para a economia do país [67] e [86].

Mesmo depois de estabelecidos e definidos estes critérios, a seleção de materiais continua a ser um processo complexo. Não é possível a nenhum material cumprir com todos os requisitos indicados e sendo assim, o que se faz é escolher pesando e avaliando, para cada caso as alternativas disponíveis, selecionando o que globalmente apresenta o melhor desempenho ambiental à luz destes critérios. Para ajudar neste processo têm surgido por todo o mundo ferramentas de avaliação, que pretendem, através de um processo mais ou menos simples, auxiliar investigadores e técnicos ligados ao sector da construção a fazer uma escolha mais adequada e informada [86].

Está provado que uma parte importante da energia incorporada num material está associada ao seu transporte até à obra. Assim, em igualdade de circunstâncias, deve-se preferir materiais de construção produzidos na região pois, terão que percorrer distâncias mais curtas que os procedentes de locais mais longínquos [103].

Em conclusão, estes princípios devem aplicar-se a todos os grupos de materiais utilizados na construção: plásticos, cerâmicos, metais, materiais naturais e compósitos [86], [51] e [170].

Tal como a definição de energia primária incorporada PEC indica, os custos e impactes de transporte devem ser motivo de escolha de materiais, do mesmo modo que uma consciência social e moral nos deverá levar a optar por soluções existentes na região, com o objetivo de contribuirmos para a economia local. Um exemplo disso é a insustentabilidade que se está a gerar com a brusca e súbito de países em vias de desenvolvimento (como Angola, Moçambique, Dubai, etc) que devem tomar estes fatores em conta [67], [86].

### **5.2.11 - O fator económico dos materiais**

A seleção dos materiais e componentes de construção não pode ter apenas em consideração o seu custo de aquisição, não pode esquecer que durante o período de vida dos edifícios, os materiais e componentes sofrem degradações pelo seu uso, pelo que é necessária a sua manutenção e até mesmo substituição mais do que uma vez.

Aceitando que a vida útil de um edifício de construção recente se desenvolve num período de 50 até 100 anos, facilmente se constata que o período mais alargado e conseqüentemente onde ocorrem maiores investimentos, corresponde às fases de exploração (operação), manutenção e reabilitação. Assim, a análise de custos do material deve incidir sobretudo nestas fases. Quanto maior a durabilidade de um material, menores serão os custos nestas fases. Outras componentes de custo importantes, mas correntemente ignoradas são: o custo de desmantelamento/ demolição e o custo de eliminação. A capacidade criativa é particularmente útil nos casos de limitação de recursos económicos [70].

A redução de custos só possível com um estudo aprofundado de materiais locais, acessíveis e correntes que permitem encaixar-se em baixos orçamentos.

### 5.2.12 - Materiais pré-fabricados

A diminuição de resíduos na construção pode ser conseguida através de soluções que passem por sistemas pré-fabricados, que impliquem apenas montagem e assemblagem no local, deixando os processos poluentes (fabrico, corte, redimensionamento, soldadura, raspagem, etc) confinados a uma unidade central com todas as condições adequadas, e fora do local da obra. Em 1970, o finlandês Kristian Gullichsen concebeu o sistema moduli, numa época de atração pelo “faça-você-mesmo”, onde se pretendia que as moradias utilizassem elementos standards, fabricados em série e distribuídos internacionalmente. Construíram-se 60 casas que se adaptavam às condições do terreno, porém a exploração em escala não se revelou rentável e o projeto cessou [70].



Figura 107 - Estruturas pré-fabricadas [59]

A tabela 22, apresenta em resumo as questões a ter em consideração na escolha dos materiais atendendo às fases do ciclo de vida do material.

<b>Na fase de extração e produção</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- A sua extração e/ou produção exige um consumo muito elevado de água?</li> <li>- A sua extração e/ou produção exigem um elevado consumo de combustíveis fósseis?</li> <li>- A sua extração e/ou produção libertam resíduos tóxicos e perigosos para a atmosfera?</li> <li>- É um material escasso?</li> </ul>
<b>Na fase de obra e durante a sua vida útil:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continua a libertar gases e/ou resíduos tóxicos durante a sua vida útil?</li> <li>- Esteticamente é uma escolha que faz sentido?</li> <li>- Tem um bom desempenho face à sua função na construção?</li> <li>- Tem uma durabilidade adequada face à função a desempenhar no edifício e face ao seu custo?</li> </ul>
<b>O seu comportamento após a sua vida útil:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- A sua reutilização/ reciclagem é possível?</li> <li>- O consumo de energia e água para a sua reciclagem é baixo ou elevado?</li> </ul>

Tabela 22- Fases do ciclo de vida dos materiais [20]

Deverão ser comparadas as várias alternativas disponíveis no mercado face a estes critérios para se garantir que a escolha do material é de facto informada e a mais adequada ambientalmente.

Idealmente deverá procurar-se o uso de materiais locais, de baixo impacto ambiental na sua produção e/ou transformação, de elevada durabilidade e ambientalmente certificados. O uso de materiais reciclados também deve ser um critério a ter em conta [54].

### **5.2.13 - Certificação ambiental de materiais e soluções construtivas**

A certificação ambiental de materiais de construção ainda está numa fase embrionária e em regime voluntário na maior parte dos países, nomeadamente em Portugal [54].

Pretende-se a redução dos impactes ambientais e a extensão da responsabilidade do produtor ao ciclo de vida completo do produto, através de critérios e sistemas de validação, e a disponibilização ao consumidor da performance ambiental dos produtos. Estes princípios têm de ser adotados brevemente pela indústria da construção, apesar de base normativa europeia de suporte à avaliação da sustentabilidade da construção ainda estar em desenvolvimento.

As declarações ambientais de produto têm como principais objetivos: fornecer informação sobre o seu desempenho ambiental, encorajar a oferta e a procura de produtos com menores impactes ambientais ao longo do ciclo de vida; potenciar fatores de diferenciação positiva nas compras públicas e privadas; induzir a melhoria do perfil ambiental dos produtos de outros fornecedores, conduzindo à redução da pressão ambiental associada aquela categoria de produto.

A diretiva Europeia em preparação relativa à sustentabilidade na construção, prevê a generalização da utilização de Declarações Ambientais a todos os produtos da construção em 2016 [54].

A norma **NP EN ISSO 14020: 2005** – rótulos e declarações ambientais. Princípios gerais, serve de base à realização de certificações ambientais de produtos de vários tipos, incluindo as declarações ambientais classificadas com várias tipologias, nomeadamente os tipos I,II ou III [54].

- **Declarações ambientais do tipo I** – Rótulos ambientais - As declarações ambientais do tipo I podem ser obtidas no âmbito de um programa voluntário desenvolvido por uma organização pública ou privada que atribui uma licença para utilização de rótulos ambientais em produtos. Cada rótulo indica que determinado produto é preferível em termos ambientais com base em considerações do respetivo ciclo de vida, podendo ou não incluir um estudo de avaliação do ciclo de vida.

O sistema de Rotulagem Ecológica da U.E. estabelece critérios diferentes para cada grupo de produtos, os quais são revistos periodicamente, de modo a considerarem a evolução científica e tecnológica ocorrida, e permitirem a introdução de melhorias no desempenho ambiental dos produtos.

Os grupos de materiais de construção que podem possuir o rótulo ecológico da U.E. incluem apenas as tintas e vernizes, os revestimentos de pavimento e os revestimentos cerâmicos de parede.

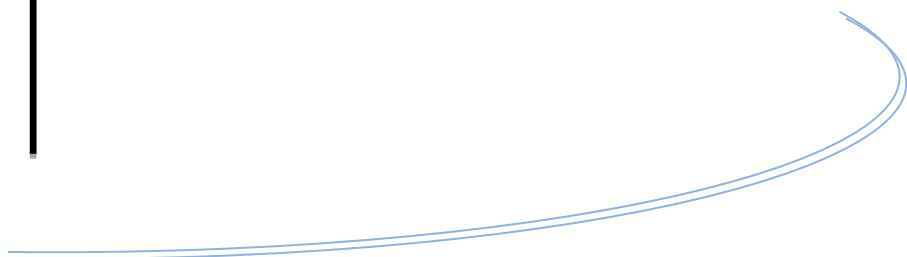
- **Declarações ambientais do tipo II** – Auto declarações - As declarações ambientais do tipo II são designadas como Auto Declarações por serem desenvolvidas pelos fabricantes, importadores ou distribuidores de modo a comunicar informação sobre os aspetos ambientais dos seus produtos ou serviços, sem estarem sujeitos a verificação externa.
- **Declarações ambientais do tipo III** – Declarações ambientais de produto (EPD) baseadas em estudos de ACV - As declarações ambientais do tipo III, definidas em pormenor pela norma ISO 14025:2006, são desenvolvidas de forma voluntária e apresentam informação ambiental quantificada relativa ao ciclo de vida de um produto de modo a permitir a realização de comparações entre produtos que satisfaçam a mesma função.

Estas declarações são baseadas em dados relativos à ACV do produto verificados de forma independente, resultados da análise de inventário de ciclo de vida ou módulos de informação, de acordo com as normas internacionais ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006 e, quando relevante, informação ambiental adicional.

# 6

**METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO E  
SELECÇÃO DE MATERIAIS PARA A  
CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL**

---





## 6.1 - Enquadramento

---

A seleção de materiais é um dos importantes e complexos desafios que qualquer equipa encarregada do projeto de uma habitação sustentável tem que enfrentar. Por causa do impacto que os materiais têm no ambiente (na fase de produção, utilização e fim de vida), as decisões com eles relacionadas são de particular importância pelas consequências que daí resultam.

A ausência de consenso sobre que critérios definem um material como sustentável torna o seu processo de seleção complexo, arbitrário, demorado e dispendioso, dada a inexistência de uma base de dados de materiais de construção, onde estes se encontrem classificados segundo um conjunto de critérios padrão.

Tem-se revelado difícil estabelecer critérios universais aplicáveis a todos os materiais de construção em todas as aplicações, mas apesar desta dificuldade é possível estabelecer um conjunto de critérios gerais que podem servir de guias para orientar a avaliação e seleção dos materiais no contexto de um determinado projeto. É tão importante a forma como os materiais são utilizados como a identificação e seleção dos mesmos. É possível aplicar materiais ecológicos de forma incorreta, não alcançando nenhum benefício ambiental com a sua utilização. Em contrapartida, alguns materiais convencionais, que avaliados à luz destes critérios não podem ser considerados ecológicos, podem ser aplicados de maneira a permitirem a um edifício alcançar com a sua utilização alguns benefícios ambientais.

## 6.2 - Metodologias de avaliação e seleção de materiais para a construção sustentável

---

### 6.2.1 - Análise do ciclo de vida dos materiais

A sociedade começa a preocupar-se com questões como a escassez de recursos naturais e a degradação ambiental. Muitas empresas responderam a estas preocupações apresentando produtos mais “ecológicos” ou utilizando processos mais “ecológicos”. O desempenho ambiental de produtos e processos tornou-se um tema chave e é, por isso, que algumas empresas procuram formas de minimizar os seus efeitos no ambiente. Muitas empresas perceberam as vantagens de explorar mecanismos que estão para além do que é exigido por lei, usando estratégias de prevenção da poluição e sistemas de gestão ambiental para melhorar o seu desempenho ambiental. Uma dessas ferramentas é a Análise do Ciclo de Vida (ACV). Este conceito considera todo o ciclo de vida de um produto.

A ACV é um método de avaliação de sistemas e produtos ao longo do seu tempo de vida. Começa com a extração das matérias-primas necessárias para criar o produto e termina no ponto em que os materiais regressam à terra. A ACV avalia todas as fases da vida de um produto considerando-as independentes. A ACV permite estimar os impactes ambientais cumulativos resultantes de todas as fases do ciclo de vida do produto, incluindo muitas vezes impactes não considerados em análises mais tradicionais (por exemplo: extração de matérias-primas, transporte de materiais, destino final do produto, etc.). Ao incluir os impactes ao longo do ciclo de vida do produto, a ACV providencia uma visão global dos aspetos ambientais do produto ou do processo e fornece uma imagem mais nítida dos compromissos ambientais na seleção dos produtos e processos [37].

O termo ciclo de vida refere-se às principais atividades no decurso do tempo de vida do produto, desde a sua manufatura, passando pelo uso e manutenção e acabando no destino final.

A ACV abrange todos os processos começando na extração das matérias-primas e no consumo energético necessário à criação do produto, passando pela sua utilização até à sua eliminação final. Quando é necessário decidir entre duas ou mais alternativas, a ACV pode ajudar a comparar os principais aspectos ambientais associados a cada produto.

Em conclusão, ao conduzir uma ACV é possível:

- avaliar os efeitos a nível humano e ambiental do consumo de matérias-primas e das emissões ambientais;
- desenvolver um processo sistemático de avaliação das consequências ambiental associado a determinado produto ou solução;
- estabelecer uma análise comparativa entre vários produtos para uma mesma função;
- quantificar as emissões ambientais associadas a cada etapa do ciclo de vida do produto.

Realizar uma ACV pode ser demorado e consumir elevados recursos. Dependendo de quão aprofundada é a ACV, a recolha de dados pode ser problemática, e a sua disponibilidade pode ter um grande impacto na fiabilidade dos resultados finais. A figura 108, apresenta em forma de esquema o balanço dos impactes ambientais na produção de um material.

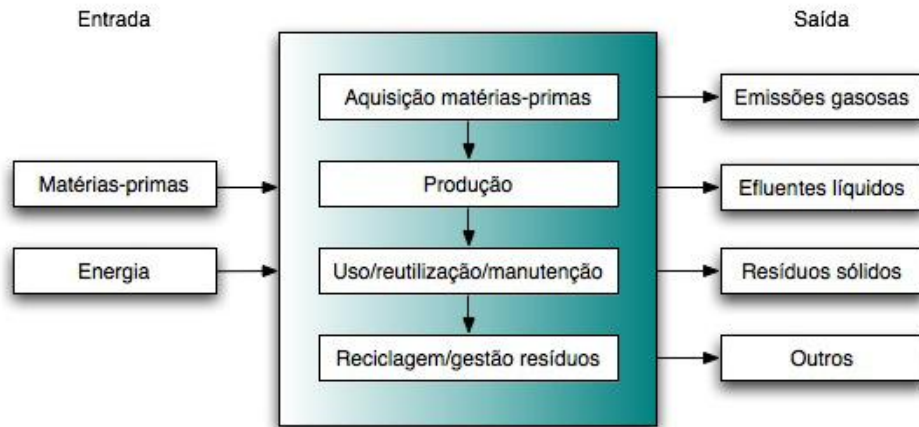


Figura 108- Balanço de impactos ambientais na produção de um material [116] e [17].

A ACV é uma técnica de avaliação dos impactos ambientais associados a um produto ou material através da [116] e [17]:

- avaliação dos possíveis impactos ambientais relacionados com o ponto anterior;
- compilação da informação relativa ao consumo energético e de matérias-primas e respetivas emissões para o ambiente;
- interpretação dos resultados para ajudar os profissionais a tomar decisões mais informadas.

A ACV é um processo sistemático, dividido em quatro fases (figura 109) [116] e [17]:

- definição dos objetivos e âmbito de aplicação – define e descreve o produto e estabelece o contexto no qual a avaliação será realizada;
- fase de inventário – recolha dos dados considerados importantes para a análise, por exemplo: consumo energético, consumo de matérias-primas, emissões ambientais, etc;
- análise do impacto no ciclo de vida – avalia o impacto ambiental dos materiais ou produtos, tendo em conta os dados anteriormente recolhidos;
- interpretação do ciclo de vida – interpretação dos resultados obtidos em cada etapa.

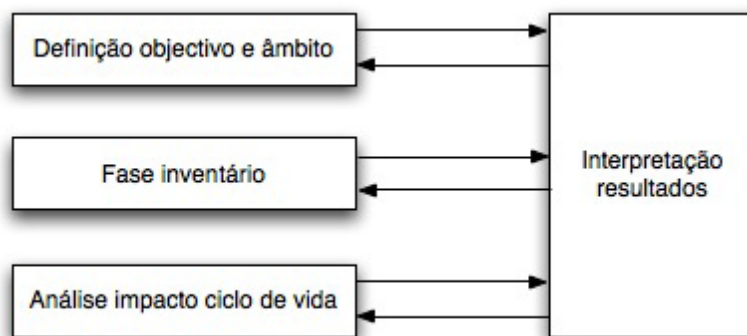


Figura 109 - Fases da ACV [17]

A ACV abrange todos os processos começando na extração das matérias-primas e no consumo energético necessário à criação do produto, passando pela sua utilização até à sua eliminação final. Quando é necessário decidir entre duas ou mais alternativas, a ACV pode ajudar a comparar os principais aspetos ambientais associados a cada produto.

Em conclusão, ao conduzir uma ACV é possível:

- desenvolver um processo sistemático de avaliação das consequências ambiental associado a determinado produto ou solução;
- quantificar as emissões ambientais associadas a cada etapa do ciclo de vida do produto;
- avaliar os efeitos a nível humano e ambiental do consumo de matérias-primas e das emissões ambientais;
- estabelecer uma análise comparativa entre vários produtos para uma mesma função.

Realizar uma ACV pode ser demorado e consumir elevados recursos. Dependendo de quão aprofundada é a ACV, a recolha de dados pode ser problemática, e a sua disponibilidade pode ter um grande impacto na fiabilidade dos resultados finais.

Sendo assim, é importante avaliar a disponibilidade de dados, o tempo necessário para conduzir o estudo e os recursos disponíveis comparativamente aos benefícios que podem advir da ACV.

A ACV não visa determinar qual o produto ou solução que é mais eficiente ou menos dispendiosa. Assim, a informação desenvolvida no estudo deve ser usada com parte de um processo mais abrangente de decisão. A ACV deve ser realizada com base num modelo que permita converter os resultados obtidos na avaliação de impactes numa pontuação final.

## **6.2.2 - Fases da Análise do Ciclo de Vida**

### ***6.2.2.1 - Definição do(s) objetivo(s) e âmbito de aplicação***

Trata-se da fase do processo de ACV que define o objetivo e o método de avaliação dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto. Nesta fase devem ser determinados os seguintes pontos: que tipo de informação é necessária, qual a precisão que os resultados devem apresentar e como esses resultados devem ser interpretados, de forma a serem significativos e utilizáveis.

A definição do objetivo e âmbito de aplicação da ACV vai determinar o tempo e recursos necessários à sua realização. O objetivo e âmbito vão orientar todo o processo, para assegurar que se obtém os resultados pretendidos. Cada decisão tomada nesta fase tem impacto na forma como o estudo será conduzido e na relevância dos resultados finais.

As decisões que devem ser tomadas no início da ACV, para que seja mais eficaz a gestão do tempo e dos recursos, são [116] e [17]:

- definir o(s) objetivo(s) do projeto;
- determinar que tipo de informação é necessário fornecer a quem vai tomar as decisões;
- determinar a especificidade pretendida com o estudo;
- determinar como os dados devem ser organizados e como os resultados devem ser apresentados;
- determinar o âmbito do estudo;
- determinar as linhas mestras para a execução do trabalho.

Cada uma destas decisões será explicada em seguida, com maior detalhe.

### ***6.2.2.2 - Definição do objetivo do projeto***

A ACV é uma ferramenta versátil para quantificar os impactos ambientais de um produto. O principal objetivo é escolher o melhor produto ou solução, que apresente o menor impacto na saúde humana e no ambiente. Conduzir uma ACV também pode ajudar no desenvolvimento de novos produtos e soluções.

### ***6.2.2.3 - Determinar que tipo de informação é necessária para informar os decisores***

A ACV pode ajudar a identificar as questões que interessam aos decisores para ajudar a definir os parâmetros do estudo. Dão-se como exemplo as seguintes questões:

- Em que medida as alterações no produto ou material, no decorrer do seu ciclo de vida, afetam o seu impacto no ambiente?

- Qual a importância do estudo para os decisores?
- Qual o produto ou material que causa menor dano ambiental?
- Qual o produto ou material que causa menor impacto ambiental (quantificável) no todo ou nas diferentes etapas do ciclo de vida?
- Que aspetos de uma solução ou material podem ser alterados de forma a reduzir o seu impacto ambiental?

Uma vez corretamente formuladas as questões, é fundamental determinar que tipo de informação é necessário para responder às perguntas.

#### ***6.2.2.4 - Determinar a especificidade pretendida com o estudo***

O ponto de partida de qualquer estudo deve passar pela definição do seu nível de especificidade. Em alguns casos este nível é óbvio, tendo em conta a aplicação que se pretende dar à informação obtida. No entanto, em algumas situações, podem surgir várias opções a considerar: realizar um estudo completamente genérico, um estudo de um produto ou solução específica com mais detalhe, ou considerar ainda uma análise que se situa algures entre as duas anteriores.

Pode visualizar-se a ACV como um conjunto de atividades inter-relacionadas que descrevem a produção, uso e eliminação final de um produto ou material de particular interesse. Nesta fase da ACV o avaliador deve colocar as seguintes questões: O produto ou solução analisada é específico de uma determinada empresa? Ou, pelo contrário, trata-se de um produto ou solução genericamente encontrada no mercado, sendo produzida por diversas empresas?

Estas questões ajudam a definir se os dados recolhidos devem ser especificamente de uma determinada empresa ou se devem ser mais genéricos.

É importante que o nível de especificidade dos dados seja claramente definido para que os leitores possam compreender melhor as diferenças nos resultados finais.

#### ***6.2.2.5 - Determinar organização e apresentação dos dados***

Na ACV os dados devem ser organizados em termos de uma unidade funcional que descreva adequadamente a função do produto ou da solução em estudo. Uma cuidadosa seleção da unidade funcional que se vai avaliar e apresentar nos resultados da ACV, aumenta a exatidão do estudo e a utilidade dos resultados.

Por exemplo, numa ACV que estuda dois tipos de isolamento térmico para determinar qual o mais adequado do ponto de vista ambiental, estes devem ser avaliados pela sua função, a capacidade de

reduzir a transferência de calor. Para comparar dois materiais com condutividades térmicas diferentes é necessário determinar a espessura que cada um deles deve ter para um determinado nível de isolamento, o que significa que são comparadas quantidades distintas dos materiais, a unidade funcional é o nível de isolamento.

#### ***6.2.2.6 - Determinar o âmbito do estudo***

Como já foi dito anteriormente uma ACV engloba todas as etapas do ciclo de vida do material ou produto: extração de matérias-primas, produção, uso, reutilização, manutenção, reciclagem e gestão do resíduo. Para determinar se apenas uma ou todas as fases devem ser incluídas no âmbito da ACV, as seguintes questões devem ser colocadas: qual o objetivo da análise, qual a precisão pretendida para os resultados e qual a disponibilidade de tempo e recursos. As principais etapas do ciclo de vida de um material ou produto devem ser detalhadas, por exemplo, do seguinte modo:

- **extração de matérias-primas** - nesta etapa é contabilizada a extração das matérias-primas necessárias para a produção dos materiais e a energia consumida neste processo. Também o transporte desde o ponto de aquisição até ao local de transformação das matérias-primas é incluído nesta fase;
- **produção** - durante a produção as matérias-primas são transformadas num produto ou material que é posteriormente entregue ao cliente. A fase de produção inclui os seguintes passos: transformação das matérias-primas, preparação do produto, embalagem e distribuição;
- **uso, reutilização e manutenção** - esta etapa começa no momento em que o material ou produto chega ao cliente, engloba todas as atividades associadas à sua vida útil, terminando quando o cliente já não necessita do produto, sendo este enviado para reciclagem ou eliminado;
- **reciclagem e gestão do resíduo** - inclui as necessidades energéticas e os resíduos gerados pelas atividades associadas à reciclagem e eliminação do produto ou material.

Dependendo do objetivo do estudo, é possível excluir algumas destas etapas ou atividades e mesmo assim garantir a fiabilidade da ACV.

### 6.2.3 - Fase de inventário

A fase de inventário corresponde ao processo de quantificar a energia, procura de materiais, emissões atmosféricas, efluentes líquidos, resíduos sólidos e restantes aspetos ambientais, de todo o ciclo de vida do produto, sistema ou material.

Todos os dados considerados relevantes são recolhidos e organizados. O nível de precisão e detalhe dos dados irá refletir-se nas restantes etapas do processo. Ao elaborar o plano de recolha de dados devem considerar-se os seguintes aspetos:

- definição da qualidade dos dados – o número e a natureza dos dados recolhidos devem ir de encontro aos objetivos estabelecidos para a qualidade da informação a fornecer com o estudo;
- identificação das fontes e do tipo de dados – especificação das fontes e dos dados necessários para providenciar a informação necessária para o cumprimento dos objetivos do estudo.

Os dados recolhidos podem ser agrupados em função da etapa do ciclo de vida ou processos específicos.

Para compreender melhor que dados devem ser recolhidos é importante compreender as entradas e saídas do processo ou sistema a avaliar. Uma ferramenta que pode ajudar nesta etapa é a elaboração de um diagrama com as entradas e saídas do processo ou sistema. Os objetivos e âmbito da ACV correspondem aos limites deste diagrama de fluxo do sistema representado na figura 110.

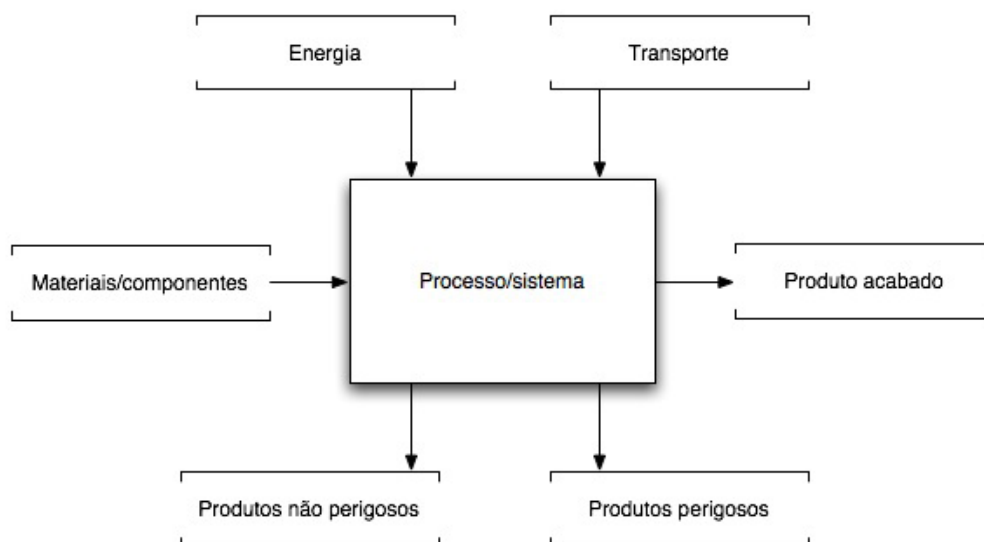


Figura 110 - Diagrama de fluxo de um sistema genérico [63]

Quanto mais completo e complexo for o diagrama, maior a precisão e utilidade dos resultados. No entanto, uma maior complexidade também se traduz num maior consumo de tempo e recursos dedicados à recolha dos dados e à fase de análise. Num estudo comparativo, é importante que todos os sistemas estejam enquadrados dentro dos mesmos limites e que sejam apresentados com o mesmo nível de detalhe.

Para maior facilidade podem considerar-se subsistemas dentro do processo principal, onde se entende que um subsistema corresponde a um conjunto de etapas ou processos. Em cada um destes subsistemas é necessário considerar as entradas de energia e de materiais, transporte de produtos e saídas de produtos, emissões para o ambiente, etc. Este tipo de diagramas tem o objetivo de orientar a recolha de dados, recolha essa que deve consistir em tentar preencher os fluxos do diagrama com dados numéricos. A decisão sobre que tipos de dados devem ser incluídos no estudo é complexa.

Tendo em conta o objetivo do estudo é possível excluir determinadas classes de dados, considerados negligenciáveis para o âmbito da ACV e para a finalidade do estudo. A decisão de não considerar determinados dados para o estudo deve ser sempre devidamente justificada e fundamentada. Tentar incluir todos os dados passíveis de serem considerados, sem levar em linha de conta a sua importância para os objetivos e âmbito da ACV, pode levar a um processo demasiado moroso e complexo, podendo tornar-se um exercício interminável.

#### **6.2.4 - Análise do impacto no ciclo de vida**

Nesta fase pretende avaliar-se o impacto dos produtos ou sistemas, tendo por base os dados recolhidos e tratados na etapa anterior. A avaliação de impacto deve englobar os efeitos no ambiente e na saúde humana, bem como considerar os efeitos na depleção de recursos naturais. Pretende-se estabelecer uma relação entre o produto ou sistema e os seus potenciais impactos no ambiente, em que os resultados traduzem as diferenças relativas do impacto ambiental de cada opção avaliada.

Os passos seguintes descrevem este processo de avaliação:

- seleção e definição das categorias dos impactos – este passo deve ser realizado quando é definido o objetivo e âmbito do estudo, permitindo assim orientar o processo de recolha e tratamento dos dados;
- classificação – organizar e classificar os dados recolhidos de acordo com as categorias definidas;

- caracterização e normalização – atribui um fator de peso ou conversão a cada resultado classificado, permitindo converter estes dados em indicadores de impacto ambiental e humano. Por outras palavras, os fatores de caracterização traduzem as entradas do inventário em indicadores diretamente comparáveis.

#### ***6.2.4.1 - Interpretação do ciclo de vida***

A interpretação do ciclo de vida é uma técnica sistemática para identificar, quantificar, verificar e avaliar a informação obtida a partir dos resultados recolhidos na fase de inventário e na fase de análise do ciclo de vida.

Tem por finalidade relatar de forma transparente os resultados e conclusões, visando satisfazer os objetivos do estudo, fornecendo a informação necessária para uma escolha consciente e informada do produto, material ou sistema [63].

### **6.2.5 - Sistemas de avaliação do ciclo de vida dos edifícios, materiais e produtos**

A crescente adoção pelo sector da construção civil dos conceitos de sustentabilidade e da utilização de materiais e produtos mais ecológicos, levou ao desenvolvimento de ferramentas de avaliação para avaliar a sustentabilidade dos materiais e de edifícios (sejam eles existentes ou novos, em fase de projeto). A amplitude destas ferramentas vai desde métodos de análise de ciclo de vida muito detalhados, onde são considerados os impactes ambientais dos materiais de construção, até métodos de avaliação de impactes ambientais de nível mais elevado, sistemas de classificação de edifícios, que consideram implicações mais abrangentes do impacto dos edifícios no ambiente.

Foram desenvolvidos dois tipos de estruturas metodológicas básicas para avaliação dos impactes ambientais de um dado objeto: a avaliação de impactes ambientais (AIA) e a análise de ciclo de vida (ACV) (figura 111). Ambas partilham o objetivo de inventariar e avaliar os impactes ambientais dos objetos de estudo, mas diferem num ponto fundamental. No AIA o foco é colocado na avaliação dos impactes ambientais atuais de um objeto num dado local e num determinado contexto, enquanto que a ACV é formulada para avaliar os impactes ambientais potenciais de um produto independentemente do local, de quando e por quem vai ser usado [50], [68] e [148].

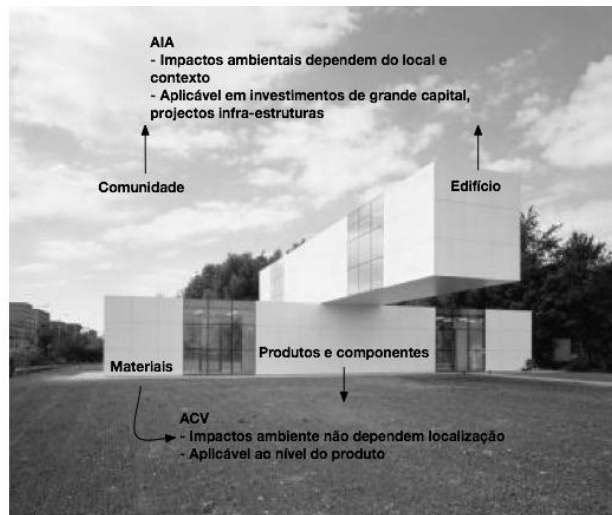


Figura 111 - Níveis de avaliação de impactes num edifício [50] e [68].

Pensando no edifício como um produto, que pode ser objeto de uma avaliação do desempenho ambiental, fica claro que a avaliação de edifícios pode colocar-se algures entre o âmbito de uma AIA e uma ACV. Os edifícios incorporam uma variedade de características inerentes a um dado local e contexto, tornando-os, desta perspetiva, objetos para um estudo de AIA.

Entre as características mais óbvias estão, por exemplo, o perfil energético (muitas vezes ditado pelas infraestruturas disponíveis localmente), sistema de transporte de e para o local, impacto do edifício nos terrenos envolventes, etc. Por outro lado, os materiais e produtos de construção (apesar de alguns serem extremamente complexos), podem ser considerados como produtos industriais genéricos, que servem uma necessidade funcional bem definida, durante um ciclo de vida bem definido, enquadrando-se assim no âmbito da ACV.

As ferramentas de avaliação estão divididas segundo o seu âmbito de aplicação [50], [68] e [36]:

- **sistemas de classificação:** classificam os edifícios com base num conjunto de critérios, pontuando a construção;
- **sistemas de Análise de Ciclo de Vida (ACV):** classificam materiais, produtos ou edifícios mediante a avaliação de um conjunto definido de critérios ambientais;
- **guias de produtos ecológicos:** guias que estão disponíveis na Internet ou em versões impressas e que providenciam avaliações qualitativas de materiais e produtos;
- **ferramentas de energia incorporada:** têm por base dados fornecidos pelos sectores e subsectores da indústria, fornecem informação sobre a energia incorporada de todo o edifício de forma relativamente rápida.

## 6.3 - SBtool

---

O Green Building Challenge (GBC) consiste num sistema de avaliação em desenvolvimento desde 1996, inicialmente sob a coordenação da Natural Resources Canada e, desde 2002, sob a responsabilidade da International Initiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE). A iiSBE consiste numa organização internacional sem fins lucrativos que tem como objetivo facilitar e promover a adoção de políticas, métodos e ferramentas que acelerem o desenvolvimento em direção à sustentabilidade do ambiente construído.

Os objetivos da iiSBE são os seguintes:

- i) promover a troca de informação sobre iniciativas relacionadas com a construção sustentável;
- ii) aumentar a troca de conhecimento entre a comunidade internacional sobre as iniciativas e questões relacionadas com a construção sustentável;
- iii) desenvolver ações e dinamizar o conhecimento em campos não abrangidos por outras organizações e redes semelhantes;
- iv) continuar o desenvolvimento do SBTool, também conhecido como GBTool, uma ferramenta de avaliação do desempenho ambiental de edifícios.

O SBTool consiste numa ferramenta de avaliação que vem sendo desenvolvida e adaptada por diversas equipas a nível mundial, no sentido de promover a adequação desta ferramenta ao contexto regional e local da sua aplicação em diversos países. Foi concebida para efetuar a análise na fase de projeto, embora seja possível a sua aplicação em quatro fases distintas: pré-projecto, projeto, construção e utilização.

## 6.4 - LiderA

---

A nível nacional, no âmbito do projeto de investigação efetuado no Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico, foi desenvolvido um sistema de apoio e avaliação da construção sustentável [122] denominado LiderA.

O sistema LiderA assenta no conceito de reposicionar o ambiente na construção, na perspetiva da sustentabilidade, assumindo-se como um sistema para liderar pelo ambiente. O sistema proposto [138] dispõe de três níveis: estratégico (da ideia ao plano), projeto e gestão do ciclo de vida, tendo em vista permitir o acompanhamento nas diferentes fases de desenvolvimento do ciclo de vida do empreendimento, esquema da figura 112.



Figura 112 - Fases de desenvolvimento do ciclo de vida do empreendimento [122].

## Principais Princípios do LiderA

Desde o seu início, o empreendimento pode adotar uma política ambiental, a qual deve ser adequada ao empreendimento e às especificidades ambientais, considerando princípios para a procura da sustentabilidade. A versão 2.0, é destinada não só a edifícios, mas também para espaços exteriores, zonas mais alargadas, incluindo quarteirões, bairros e empreendimentos de várias escalas. A procura da sustentabilidade é efetuada, segundo o LiderA, através das seguintes seis vertentes, assumindo os seguintes princípios:

- **Princípio 1** - valorizar a dinâmica local e promover uma adequada integração;
- **Princípio 2** - fomentar a eficiência no uso dos recursos;
- **Princípio 3** - reduzir o impacte das cargas (quer em valor, quer em toxicidade);
- **Princípio 4** - assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental;
- **Princípio 5** - fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis;
- **Princípio 6** - assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.

As seis vertentes subdividem-se em vinte e duas áreas, que estão esquematizadas na figura 113:

- **Integração local**, no que diz respeito ao solo, aos ecossistemas naturais e paisagem e ao património;
- **Recursos**, abrangendo a energia, a água, os materiais e os recursos alimentares;
- **Cargas ambientais**, envolvendo os efluentes, as emissões atmosféricas, os resíduos, o ruído exterior e a poluição ilumino-térmica;
- **Conforto Ambiental**, nas áreas da qualidade do ar, do conforto térmico e da iluminação e acústica;
- **Vivência socioeconómica**, que integra o acesso para todos, os custos no ciclo de vida, a diversidade económica, as amenidades e a interação social e participação e controlo;
- **Gestão Ambiental e Inovação.**



Figura 113 - Seis vertentes para a sustentabilidade – LiderA [122]

Estas seis vertentes e vinte e duas áreas incluem um conjunto de pré-requisitos e critérios (43) para permitir avaliar o desempenho ambiental e o respetivo nível de procura da sustentabilidade.

7

CASO DE ESTUDO





## 7.1 - Caracterização do edifício de habitação unifamiliar

### 7.1.1 - Descrição do edifício

Edifício de habitação unifamiliar construído em 1993, localizado no lote 30 da Urbanização Quinta do Rodrigo, em Portimão, com uma área de 440,00 m<sup>2</sup> (ver figuras 114 e 115). O edifício desenvolve-se acima do terreno natural em dois pisos. No rés-do-chão, situa-se a zona diurna com uma sala comum com zona de refeições, cozinha com despensa e pequena zona para tratamento de roupas, escritório e instalação sanitária. No 1º piso situa-se a zona noturna com quatro quartos tendo um deles casa de banho privativa e instalação sanitária.



Figura 114 - Localização geral do edifício em estudo [7]



Figura 115- Localização pormenorizada do edifício em estudo [7]

Esta edificação procurou seguir a tradição da construção Algarvia pela simplicidade das linhas, diferentes águas da cobertura, criação de terraços e pela seleção das cores utilizadas.

A estrutura reticulada de betão armado. As paredes são de alvenaria de tijolo cerâmico de barro vermelho. A cobertura inclinada é revestida a telha cerâmica canudo de cor barro. Os paramentos exteriores são pintados a cor branca complementados pela existência de molduras de cor ocre nos vãos de portas, nos vãos de janelas e nas platibandas de terraços e varandas. As catarias são em pedra calcária da região. As caixilharias são em alumínio de cor branca.

Nos desenhos do anexo II encontram-se definidas a localização e morfologia do edifício unifamiliar.

## 7.1.2 - Soluções construtivas

Com base nos elementos de Amaro [7] para a moradia em questão é apresentado a seguinte descrição.

### *Paredes exteriores*

A envolvente opaca exterior é constituída pelas seguintes soluções:

- **fachada zona corrente** - parede de cor clara com espessura de 0,285 m. É constituída por dois panos de alvenaria de tijolo furado cerâmico 30x20x11 e 30x20x11 cm, espaço de ar de 2 cm de espessura preenchido totalmente por placas de espuma rígida de poliuretano – 20-50 Kg/m<sup>3</sup> e por reboco em ambas as faces com 2 cm de espessura. Com  $U = 0,81 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ .
- **fachada zona de vigas e pilares** - parede de cor clara com espessura de 0,28 m. É constituída por uma viga ou pilar com espessura de 25 cm e por reboco em ambas as faces 1,5 cm de espessura. Com  $U = 3,14 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ .
- **fachada zona de chaminés** - parede de cor clara com espessura de 0,30 m. É constituída por betão celular autoclavado “ytong” com espessura de 7 cm, espaço de ar 2 cm de espessura preenchido totalmente por placas de espuma rígida de poliuretano – 20-50 Kg/m<sup>3</sup>, betão armado com 19,5 cm e por reboco em ambas as faces com 1,5 cm de espessura. Com  $U = 0,92 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ .
- **fachada Zona da Cave** - parede de cor clara com espessura de 0,30 m. É constituída por pano simples de alvenaria de tijolo furado cerâmico 30x20x7, espaço de ar de 2 cm de espessura preenchido totalmente por placas de espuma rígida de poliuretano – 20-50 kg/m<sup>3</sup>, betão armado de 19,5 cm e por reboco em ambas as faces com 1,5 cm de espessura. Com  $U = 1,03 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ .
- **parede em contacto com local não aquecido** - parede com espessura de 0,15 m. É constituída por um pano simples de alvenaria de tijolo furado cerâmico 30x20x11 e por reboco em ambas as faces com 2 cm de espessura. Com  $U = 1,81 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ .
- **caixa de estore** - é constituída por viga com espessura de 7 cm, e possui um espaço de ar com 25 cm de espessura que é delimitado por um painel de aglomerado de partículas de madeira com 0,5 cm. Tem reboco na face exterior com 1,5 cm de espessura. Acabamento de cor clara. Com  $U = 2,24 \text{ W/m}^2\cdot\text{°C}$ .
- **porta** - porta de madeira semi-densa (565-750 kg/m<sup>3</sup>) com 3 cm de espessura.

## ***Paredes interiores***

- **Parede divisórias interiores** - Parede com espessura de 0,15 m. É constituída por um pano simples de alvenaria de tijolo furado cerâmico 30X20X11 e por reboco em ambas as faces com 2 cm de espessura. Com  $U = 1,81 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ .

## ***Pavimentos***

- **Pavimento térreo** - será constituído por betão de inertes correntes com 10 cm de espessura, betão leve “leca” com 0,15 cm, com betonilha de 3 cm e por revestimento cerâmico com 0,6 cm. Com  $U = 1,28 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ .
- **Pavimento entre pisos** - será constituído por reboco de 1,5 cm de espessura, laje de betão com 16 cm espessura, betão leve “leca” com 8 cm, com betonilha de 4 cm e por revestimento cerâmico com 0,6 cm. Com  $U = 1,41 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ .

## ***Coberturas***

- **Cobertura em terraço** - é constituída por um reboco com 2 cm, uma laje de betão armado com 18 cm, betão leve “leca” com 8 cm, com betonilha de 3 cm, membranas betuminosas com 0,2 cm, betonilha com 5 cm e por revestimento cerâmico com 0,6 cm de cor clara. Com  $U = 1,78 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ .
- **Cobertura em telhado** - é constituída por um reboco com 2 cm, uma laje de betão armado com 18 cm, betão leve “leca” com 15 cm, reboco com 2 cm, um espaço de ar espessura variável, betonilha com 4 cm, tijolo furado de 5 cm, betonilha com 2 cm, membranas betuminosas com 0,2 cm, betonilha com 3 cm e por telha cerâmica com 1,5 cm de cor clara. Com  $U = 0,89 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ .

## ***Envidraçados exteriores***

- **Os envidraçados verticais** - são em vidros duplos 5 mm + 5 mm e caixa-de-ar de 6 mm, caixilhos de alumínio sem corte térmico. Nos quartos, sala e escritório os vãos envidraçados possuem proteções exteriores constituídas por persiana de régua plástica de cor clara. Com  $U = 0,40 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ . Nos restantes compartimentos (casa-de-banho, cozinha e escadas) não existe qualquer proteção. Com  $U = 0,75 \text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$ .

## ***Aquecimento de águas quentes sanitárias***

Como sistema convencional para aquecimento de águas quentes sanitárias considerou-se um esquentador a gás com eficiência de conversão de 0,5.

## ***Ventilação***

A ventilação é uma exigência de conforto térmico com objetivo de garantir a qualidade do ar interior dos edifícios. Neste edifício não é utilizada qualquer ventilação mecânica, apenas ventilação natural.

Para a determinação da taxa de renovação horária nominal considerou-se que o edifício se situa em Portimão, na periferia da zona urbana (rugosidade II), pertencendo à região A, a uma altitude acima do solo inferior a 10 m, o que constitui uma exposição ao vento 2. Não apresenta dispositivos de admissão na fachada e não apresenta classificação das caixilharias quanto à permeabilidade ao ar.

## ***Sistemas de aquecimento e arrefecimento da fração***

Não foram previstos quaisquer sistemas para o efeito.

### **7.1.3 - Zona climática**

Edifício de habitação unifamiliar está inserido na zona Climática II V1. Climas mais amenos do território continental, facto que é refletido numa menor exigência das condições regulamentares. No verão, [66] devido à preponderância da influência estabilizadora marítima, verificam-se amplitudes térmicas diárias menores, sendo o valor graus dias de aquecimento de 940.



Figura 116 - Zona climática II V1 [66]

### **Estratégias Bioclimáticas:**

- **inverno** – restringir condução; promover os ganhos solares no quadrante Sul;
- **verão** – restringir condução; restringir ganhos solares dotando os envidraçados de sombreamentos eficazes. Em virtude da proximidade marítima, a ventilação afigura-se mais conveniente que o arrefecimento evaporativo.

### 7.1.4 - Orientação

A face do edifício de habitação unifamiliar orientada a sul é a de maior comprimento como se pode observar na figura 117, ou seja, é a maior superfície exposta à radiação solar direta. Deste modo maximiza-se os ganhos térmicos de inverno.



Figura 117 - Planta do alçado sul [7]

## 7.2 - Aplicação de medidas que melhoram a sustentabilidade

---

Neste capítulo serão estudadas diversas medidas que possam ser aplicadas ao caso de estudo, numa intervenção, sem alterações estruturais, com vista a melhorarem a sustentabilidade da habitação e o seu desempenho térmico.

Procederemos à análise de um conjunto de medidas que melhorem o desempenho sustentável da moradia. Para tal, escolher-se-ão soluções que, nas diferentes vertentes, poderão contribuir para esse objetivo. Algumas das medidas que serão apresentadas terão intuitos semelhantes, visto que existem diversas maneiras de colmatar as lacunas identificadas e este trabalho visa também comparar essas soluções entre si.

### 7.2.1 - Vãos envidraçados

Sendo a escolha da caixilharia e do tipo de vidro para os vãos envidraçados preponderante no comportamento térmico do edifício, é aconselhável a substituição apenas da caixilharia uma vez que os vidros ainda estão no seu período de vida útil e a sua substituição não afetaria significativamente o desempenho térmico do edifício, relativamente ao seu custo.

A envolvente da moradia está ornamentada de uma forma moderna em que alumínio lacado branco predomina, pelo que se deve manter o mesmo material em qualquer substituição. As caixilharias deverão possuir corte térmico e sistema que facilite a renovação do ar no interior do edifício.

A caixilharia de alumínio é atualmente muito usada não só pela mais variada escolha em termos de séries, como também pela sua diversa possibilidade de acabamento, podendo ser usada tanto em zonas históricas (com os alumínios lacados com efeito a madeira), como em edifícios modernos (com as modernas cores anodizadas).

O alumínio é um material reutilizável mantendo as mesmas características iniciais, seguindo a política dos 3 R's (Reabilitar, Reduzir, Reutilizar). Outro aspeto positivo é que o alumínio é o elemento mais abundante na crosta terrestre.

Apresentamos na tabela 23, algumas empresas da região do Algarve fornecedoras deste tipo de produto:

<b>EMPRESA FORNECEDORA</b>
Peosul - Comércio de Alumínios, Lda.
Domal
Navarra
Deleme
Transforsul
Andrade e Filhos, Lda
Ferrodriques, Lda
Silvestre & Sousa-Caixilharia e Alumínios Lda
Manuel & Mourinho, Lda
Lusocaixilho - Soc. Caixilharia de Alumínio e Ferro

Tabela 23- Empresas fornecedoras de caixilharias na região do Algarve

O edifício padrão tem como área útil de pavimento 226,15 m<sup>2</sup> que corresponde à área de um V4, tem como pé direito 2,70 m, área envidraçada média de 30,8% da área útil de pavimento. Os vãos envidraçados são distribuídos em 15% na orientação norte, 35% a sul, 30% a este e 20% a oeste.

Com base nos dados [7] anunciados anteriormente e as soluções construtivas existentes na moradia, utilizamos a folha de cálculo para verificação do RCCTE – Vercoterm [133] para obtenção das necessidades nominais energéticas do edifício (Anexo III).

Com base na aplicação de uma caixilharia de classe 3, obteve-se novos valores das necessidades nominais energéticas do edifício [133], registados no anexo IV

Com a aplicação da caixilharia de classe 3, apesar das necessidades nominais de arrefecimento terem aumentado 0,98 kWh/m<sup>2</sup>.ano, as necessidades nominais de aquecimento baixaram 3,98 kWh/m<sup>2</sup>.ano, o que significa um ganho de 3,00 kWh/m<sup>2</sup>.ano. De outra forma, obtivemos uma poupança de 0,10 kgep/m<sup>2</sup>.ano. De acordo com os valores indicados na tabela 24.

Necessidades nominais	Soluções construtivas existentes (Anexo III)	Soluções construtivas c/ caixilharia Tipo 3 (Anexo IV)	Ganho energético
Aquecimento Nic kWh/m <sup>2</sup> .ano	40,67	36,69	3,98
Arrefecimento Nvc kWh/m <sup>2</sup> .ano	7,24	8,22	(-) 0.98
Preparação AQS Nac kWh/m <sup>2</sup> .ano	33,78	33,78	Nula
Energia Primária Ntc kgep/m <sup>2</sup> .ano	4,15	4,05	0,10

Tabela 24 - Necessidades nominais energéticas

De acordo com os valores obtidos na folha de cálculo [133] e a legislação em vigor apresenta-se um tipo de caixilharia classe 3 que poderá contribuir para um melhoramento do comportamento térmico do edifício. As informações técnicas constam de catálogo do fornecedor (Anexo V)

Sistema de correr com rutura de ponte térmica perimetral - Permite a realização de janelas de peitoril e de sacada termicamente melhoradas, tendo uma boa resposta às exigências essenciais da construção, tais como isolamento térmico, economia de energia, resistência mecânica, durabilidade e segurança na utilização.

Sistema de correr perimetral, utilizando barras de poliamida com 14,8 mm, reforçadas com fibra de vidro para fazer o corte térmico, aros fixos de 91 mm de profundidade, com opção em tri-rail e aros móveis de 75 mm de vista, para vidro duplo. Sistema de vedação utiliza pelúcias com lâmina central, o que melhora a estanquidade à água e a permeabilidade ao ar de acordo com a tabela 25 (Anexo V).

ENSAYO	RESULTADO
PERMEABILIDAD AL AIRE (UNE-EN 1026:2000)	CLASE 3
ESTANQUIDAD AL AGUA (UNE-EN 1027:2000)	CLASE 7A
RESISTENCIA A LA CARGA DE VIENTO (UNE-EN 12211:2000)	CLASE C5

Tabela 25 - Sistema de correr com rutura de ponte térmica perimetral

## Ventilação

Na folha de cálculo aplicada a estes valores a taxa de renovação é de 0,98 renovação por hora visto que a caixilharia existente não tem classe de classificação nem dispositivos de admissão de ar na fachada. Com a substituição da caixilharia existente por uma de classe 3, a taxa de renovação/hora passaria para 0,78. Esta substituição melhoraria a eficiência energética do edifício, aproximando-se da taxa de 0,6 renovação de ar imposta pelo regulamento.

### 7.2.2 - Painéis solares

De acordo com o que foi apresentado anteriormente, Portugal tem uma elevada exposição solar. Desta forma, estudou-se a possibilidade da integração de painéis solares na moradia em análise. Salienta-se que para uma melhor eficiência dos painéis é conveniente estarem direcionados para sul.

A tabela seguinte apresenta empresas da região do Algarve fornecedoras de painéis solares.

EMPRESA FORNECEDORA
Gosolar
Solar One
Solar Panels 4U
Rigsun
WS Energia
Sinersol - Energias Alternativas
FF Solar - Energias Renováveis, Lda

Tabela 26 - Empresas fornecedoras de painéis solares da região do Algarve

### 7.2.2.1 - Painéis solares térmicos

Este tipo de tecnologia consiste na recolha da energia proveniente da radiação solar, sendo posteriormente transformada em calor e distribuída através do sistema de águas quentes sanitárias [173]. A aplicação de coletores solares térmicos para aquecimento das águas quentes, não só reduz ao mínimo indispensável a dependência dos equipamentos tradicionais a gás como também diminui consideravelmente as emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

Os painéis solares térmicos transformam a radiação solar diretamente em energia térmica para o aquecimento de águas. Existem dois tipos de sistemas para o aquecimento de águas com painéis solares: termossifão e circulação forçada. Os primeiros, têm o acumulador de água a uma cota mais elevada que a entrada de água no painel, o que significa que aproveita a diferença de densidades da água fria e da quente para que esta circule. Apresenta como principais desvantagens os efeitos estéticos e as perdas de energia entre o reservatório e o exterior. Por outro lado, é um sistema mais simples que, para além de ser mais económico, tem menos probabilidade de avaria.

Quanto à circulação forçada, tal como o nome sugere, a circulação da água entre o painel e o reservatório é forçada, o que significa que necessita de uma bomba. É certo que esta não necessita de ter muita potência, mas além de consumir energia, está sujeito a avariar, impedindo o funcionamento do sistema. Este segundo sistema permite a colocação do reservatório de água a uma cota inferior, idealmente num local interior de forma a evitar-se as perdas térmicas. É uma solução mais onerosa que a primeira e poderá sofrer mais avarias. No entanto, esta opção minimiza as perdas de energia, sendo uma solução esteticamente mais interessante.

Foram contactadas várias empresas fornecedoras deste tipo de serviço para apresentação de propostas de fornecimento de sistemas de AQS. Das várias propostas apresentadas, damos como exemplo a seguinte (Anexo VI).

Pode-se optar por inúmeras soluções, desde sistemas de termossifão de 150, 200 e 300 litros, foi apresentado também uma proposta para um sistema de circulação forçada de 200 e 300 litros. A tabela 27 resume os preços das respetivas propostas.

PROPOSTA	PREÇO
Termossifão 150L	1.857,36 € + Iva
Termossifão 200L	1.947,36 € + Iva
Termossifão 300L	2.287,36 € + Iva
Circulação forçada 200L	3.056,34 € + Iva
Circulação forçada 300L	3.426,74 € + Iva

Tabela 27 - Sistemas de AQS

Segundo o ponto 2 do artigo 7.º do RCCTE, é necessário instalar-se 1 m<sup>2</sup> de painel solar térmico por cada habitante, podendo este ser reduzido por forma a não ultrapassar o máximo de 50% da área total da cobertura disponível, em terraço ou nas vertentes orientadas no quadrante Sul, entre Sudeste e Sudoeste. De acordo com o regulamento, a estimativa do número de ocupantes da fração autónoma depende da tipologia da habitação, que neste caso será de 5 pessoas, uma vez que se está perante uma tipologia do tipo V4. Assim sendo, terão de existir 5 m<sup>2</sup> de painéis solares térmicos para o aquecimento das AQS. Apesar de se estar perante uma obra de reabilitação, a qual não se encontra no âmbito deste decreto-lei, optou-se por seguir as suas exigências nesta matéria.

Recorrendo ao programa Solterm e inserindo os dados anteriormente indicados, de acordo com o (Anexo VII), obtemos na tabela 28 as seguintes potências.

Balanço energético mensal e anual						
	Rad. Horiz. kwh/m <sup>2</sup>	Rad. Inclín. kwh/m <sup>2</sup>	Desperdiçado kwh	Fornecido kwh	Carga kwh	Apoio kwh
Janeiro	65	108	,	134	324	190
Fevereiro	81	115	,	139	293	154
Março	115	136	,	160	324	165
Abril	163	168	,	199	314	114
Maio	203	182	,	222	324	102
Junho	215	180	,	227	314	87
Julho	224	194	,	261	324	63
Agosto	213	207	,	284	324	40
Setembro	152	173	,	243	314	71
Outubro	112	156	,	215	324	110
Novembro	76	123	,	162	314	152
Dezembro	64	112	,	147	324	177
Anual	1681	1855	,	2394	3820	1426

Fracção solar: 62,7%  
 Rendimento global anual do sistema: 26%      Produtividade: 479 kwh/[m<sup>2</sup> colector]

Tabela 28 - Balanço energético mensal e anual

Para a moradia em causa é aconselhável a colocação de um sistema tipo serpentina, com eficácia de 55% que irá cobrir cerca de 60% das necessidades energéticas. Relativamente à capacidade do depósito de acumulação deverá ser de 300 litros de AQS a 60°C.

O local destinado para a colocação dos coletores será a cobertura do edifício, não só pelas dimensões dos painéis como também pela necessidade de estes serem orientados a sul, com uma orientação de 45° - azimute 0°, de forma a captar a maior quantidade possível de raios solares no inverno, quando é mais necessário.

O edifício em causa está inserido na zona II V1 que tem uma intensidade forte de radiação solar o que beneficia o investimento nesta solução.

Para a instalação dos painéis solares deve ter-se em conta os sombreamentos e obstáculos que ao encobrirem o painel, reduzem a eficácia e a sua capacidade de produção de energia.

A escolha recairá por um sistema termossifão de 300 litros, de valor 2.287,36 € + Iva de acordo com o discriminado na seguinte tabela (Anexo VI).

Descrição	Quant.	Unid.	Valor s/ IVA	IVA	Valor c/IVA
<b>Kit Solar SUNLIT Termossifão 300L</b>	<b>1</b>	<b>un</b>			
<b>Colector Solar</b>	<b>2</b>	<b>un</b>			
<b>Depósito de acumulação 300L</b>	<b>1</b>	<b>un</b>			
<b>Estrutura p/Telhado Plano em Aço Galvanizado</b>	<b>1</b>	<b>cj</b>			
<b>Mão-Obra canalização+arranque do sistema</b>	<b>1</b>	<b>cj</b>			
Vaso expansão, v. segurança, enchimento do sistema					
Inclui resistência eléctrica					
	<b>Total</b>		<b>2.287,36 €</b>	<b>13%</b>	<b>2.584,72 €</b>

Tabela 29 - Sistema Termossifão 300 L

Com a aplicação de coletores solares térmicos na moradia recalculamos as novas necessidades nominais energéticas do edifício [171] (Anexo VIII).

Com a aplicação de um sistema de painéis solares térmicos de termossifão de 300L as necessidades nominais para a preparação de AQS diminuíram de 33,78 kWh/m<sup>2</sup>.ano para 23,20 kWh/m<sup>2</sup>.ano o que significa um ganho de 10,58 kWh/m<sup>2</sup>.ano. De outra forma, obtivemos uma poupança de 0,91 kgep/m<sup>2</sup>.ano. De acordo com os valores indicados na tabela 30.

Necessidades nominais	Soluções construtivas existentes (Anexo III)	Soluções construtivas c/ sistema termossifão 300L (Anexo VIII)	Ganho energético
Aquecimento Nic kWh/m <sup>2</sup> .ano	40,67	40,67	Nulo
Arrefecimento Nvc kWh/m <sup>2</sup> .ano	7,24	7,24	Nulo
Preparação AQS Nac kWh/m <sup>2</sup> .ano	33,78	23,20	10,58
Energia Primária Ntc kgep/m <sup>2</sup> .ano	4,15	3,24	0,91

Tabela 30 - Necessidades nominais energéticas

Existem alguns incentivos fiscais na instalação de sistemas solares térmicos nomeadamente, a dedução no IRS de 30% até um máximo de 803 € e a taxa de Iva legal para equipamentos solares e sua instalação é de 13%.



Estima-se que a produção anual para este sistema de painéis fotovoltaicos instalados na moradia unifamiliar em Portimão seja anualmente de 5.708 kWh/ano, o que à tarifa atual de 0,326 € nos primeiros oito anos, nos sete anos seguintes a tarifa bonificada é de 0,185 €, a partir do décimo sexto ano a tarifa de venda é igual à tarifa de compra, segundo dados do anexo IX.

Observamos na tabela 32 o valor que economizamos com este sistema por ano, o seu valor acumulado, o valor do investimento e o cash flow simples deste investimento (Anexo IX).

Ano	Tarifa	Valor de venda/ano	Acumulado	Investimento	Benefícios	Cash Flow simples
1	0,326 €	1.861 €	1.861 €	13.170,92 €		-11.310 €
2	0,326 €	1.861 €	3.722 €		803,00 €	-8.646 €
3	0,326 €	1.861 €	5.582 €			-6.785 €
4	0,326 €	1.861 €	7.443 €			-4.925 €
5	0,326 €	1.861 €	9.304 €			-3.064 €
6	0,326 €	1.861 €	11.165 €			-1.203 €
7	0,326 €	1.861 €	13.026 €			658 €
8	0,326 €	1.861 €	14.886 €			2.519 €
9	0,185 €	1.056 €	15.942 €			3.575 €
10	0,185 €	1.056 €	16.998 €			4.631 €
11	0,185 €	1.056 €	18.054 €			5.686 €
12	0,185 €	1.056 €	19.110 €			6.742 €
13	0,185 €	1.056 €	20.166 €			7.798 €
14	0,185 €	1.056 €	21.222 €			8.854 €
15	0,185 €	1.056 €	22.278 €			9.910 €
16	0,26 €	1.484 €	23.762 €			11.394 €
17	0,27 €	1.529 €	25.291 €			12.923 €
18	0,28 €	1.574 €	26.865 €			14.498 €
19	0,28 €	1.622 €	28.487 €			16.119 €
20	0,29 €	1.670 €	30.158 €			17.790 €
21	0,30 €	1.720 €	31.878 €			19.510 €
22	0,31 €	1.772 €	33.650 €			21.282 €
23	0,32 €	1.825 €	35.475 €			23.107 €
24	0,33 €	1.880 €	37.355 €			24.987 €
25	0,34 €	1.936 €	39.292 €			26.924 €
<b>Taxa Interna de retorno (TIR)</b>						<b>11,73%</b>

Tabela 32 - Estudo de viabilidade da proposta

Podemos ver que a instalação paga-se em aproximadamente 7 anos e que no 25º ano, depois de ter pago o sistema estima-se um ganho de 26.924 € com a energia vendida à rede. Normalmente, este tipo de sistema tem um ciclo de vida garantido de pelo menos 25 anos.

## 7.2.3 - Águas

### 7.2.3.1 - Aproveitamento de água pluviais

As águas pluviais podem ser utilizadas em sistemas de rega, autoclismos e lavagens. Para tal é necessário captar, transportar, filtrar e armazenar essa água. A captação pode ser realizada através da recolha das águas que caem sobre a cobertura dos edifícios, que por sua vez são encaminhadas até aos algerozes, e daí seguem até ao reservatório, tal como se pode visualizar na figura 118.



Figura 118 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais [141]

De acordo com Oliveira [111], a utilização de água pluvial em usos como a rega de jardins é bastante benéfica para as plantas, porque não contém cloro, permite o aumento da infiltração das águas pluviais, recarregando os aquíferos, contribuindo para a renaturalização do ciclo urbano da água e, conseqüentemente, para minimizar os efeitos das alterações climáticas.

No caso de estudo poder-se-ia aproveitar as águas pluviais para abastecer o sistema de rega e lavagens, excluindo-se à partida a sua utilização em autoclismos, uma vez que seria necessário instalar tubagens até às instalações sanitárias.

Sugere-se equipamentos para aproveitamento de águas pluviais, para um caudal de filtração de 1,5 l/seg, que corresponde a uma área de cobertura de 200 m<sup>2</sup> e com um reservatório de 3.500 litros.

Um sistema de aproveitamento de águas pluviais recomendado tem um custo indicativo de cerca de 2.058,00 € + Iva. Consultar orçamento em anexo X e descrição do equipamento.

Como podemos observar na figura 119, Portimão fica situada numa zona onde a precipitação (mm) para o ano médio é a menor a nível Continental (495-777 mm) o que torna comparativamente com outras zonas de Portugal um investimento com um retorno mais longo. No entanto, como está inserida na zona onde ocorre menos precipitação justifica-se o armazenamento de água uma vez que a água da rede é uma das mais caras do país e consequentemente, para poupança das linhas de águas existentes.

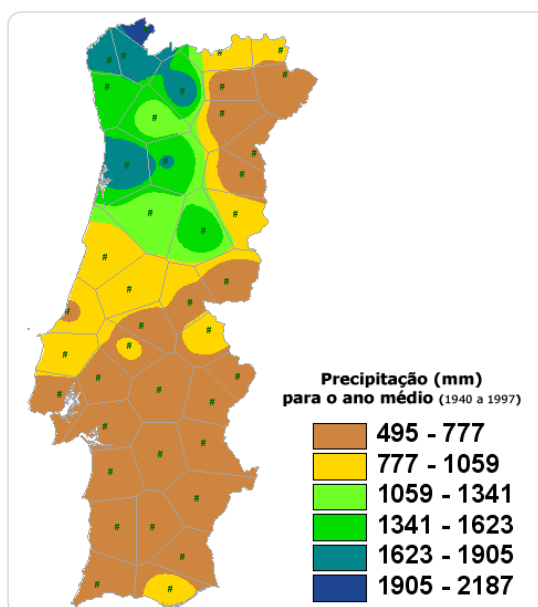


Figura 119 - Precipitação para o ano médio em Portugal

### 7.2.3.2 - Redutores de caudal de água

Por vezes a implementação de medidas simples poderá trazer grandes poupanças. O consumo de água não é exceção, pode-se também intervir ao nível das torneiras, chuveiros, mangueiras e autoclismos.

Os redutores de caudal são um pequeno acessório que permite a poupança de água (figura 120), podendo ser instalados nas torneiras convencionais. Estes funcionam por emulsão, isto é, a inserção de oxigénio na água, dando origem a milhões de microbolhas, aumentando desta forma o volume e reduzindo simultaneamente o fluxo de água em 50%, causando assim a sensação de se estar a utilizar a mesma quantidade de água quando na realidade apenas é utilizada metade.

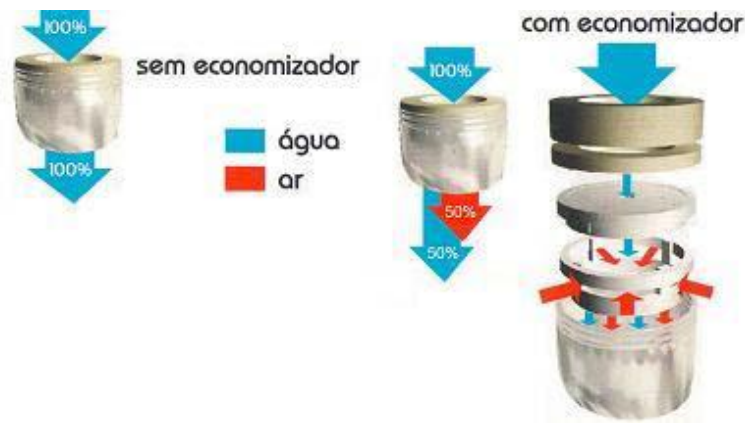


Figura 120 - Esquema de funcionamento de um redutor de caudal [138]

Um autoclismo convencional consome cerca de 8 litros em cada descarga. Para reduzir esse valor será necessário colocar um peso na válvula do autoclismo. Contudo, é necessário verificar o dimensionamento dos tubos de descarga.

Nas tabelas 33, 34 e 35 podemos observar os consumos de água por pessoa sem economizadores de água e com economizadores.

	Consumo	Tempo de Utilização [min.]	Total	Preço Água Lt 0,00084*	Preço Energia p/aquecer 1 lt de agua **	Total Diário	Total Mensal	Total Anual
<b>Duche</b>	18	3	54	0,0454	0,2079	0,2533	7,6	91,17
<b>Torneira WC</b>	10	2	20	0,0168	0,077	0,0938	2,81	33,77
<b>Torneira Cozinha</b>	10	2	20	0,0168	0,077	0,0938	2,81	33,77
	<i>Litros por descarga</i>	<i>Nº de utilizações</i>						
<b>Autoclismo</b>	8	4	32	0,0269		0,0269	0,81 €	9,68 €
<b>Total</b>			<b>126</b>	<b>0,1058</b>	<b>0,3619</b>	<b>0,4678</b>	<b>14,03 €</b>	<b>168,39 €</b>

\* A tarifa usada para consumo doméstico no 2º escalão – 6 a 15 m<sup>3</sup> - praticada pela EMARP – 0,84 €

\*\* Para aquecer 1 m<sup>3</sup> de água a 40° C são necessários cerca de 35 kWh de energia. 1 m<sup>3</sup> = 1000 Litros.

Tabela 33 - Consumos sem equipamentos economizadores (por pessoa)

	Consumo	Tempo de Utilização [min.]	Total	Preço Água Lt 0,00084*	Preço Energia p/aquecer 1 lt de agua**	Total Diário	Total Mensal	Total Anual
<b>Duche</b>	6	3	18	0,0151	0,0693	0,0844	2,53	30,39
<b>Torneira WC</b>	5	1	5	0,0042	0,0193	0,0235	0,7	8,44
<b>Torneira Cozinha</b>	5	1,5	7,5	0,0063	0,0289	0,0352	1,06	12,66
	<i>Litros por descarga</i>	<i>Nº de utilizações</i>						
<b>Autoclismo</b>	2	4	8	0,0067		0,0269	0,81 €	9,68 €
<b>Total</b>			<b>38,5</b>	<b>0,0323</b>	<b>0,1174</b>	<b>0,1699</b>	<b>5,10 €</b>	<b>61,17 €</b>

\* A tarifa usada para consumo doméstico no 2º escalão – 6 a 15 m<sup>3</sup> - praticada pela EMARP – 0,84 €

\*\* Para aquecer 1 m<sup>3</sup> de água a 40º C são necessários cerca de 35 kWh de energia. 1 m<sup>3</sup> = 1000 Litros.

Tabela 34 - Consumos com equipamentos economizadores (por pessoa)

Custo Anual s/ economizadores	Investimento médio ***	Custo Anual c/ economizadores	Poupança no 1º ano	Poupança após 1º ano
<b>168,39 €</b>	<b>100,00 €</b>	<b>61,17 €</b>	<b>7,22 €</b>	<b>107,22 €</b>

\*\*\*Inclui 4 Redutores de caudal (para o duche), 10 Ponteiros para as torneiras e 4 pesos para o autoclismo, para 2 Wc's.

Tabela 35 - Investimento e poupança anual (por pessoa)

Analisando os dados, verifica-se que este investimento apresenta recuperação económica ao fim de um ano por pessoa, assim como, um alto potencial de poupança económica e ambiental. Com um investimento inicial de cerca de 100 € a poupança anual por pessoa é de 107,22 €. Como se trata de uma moradia V4 com suposta ocupação de 5 pessoas obtêm-se para essa ocupação uma poupança anual de 536,10 €.

## 7.2.4 - Espaços verdes

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

Segundo a estratégia bioclimática da zona climática II V1 onde está localizado o edifício de habitação, deve-se no verão restringir ganhos solares através de sombreamento.

Nas fachadas do edifício viradas a oeste e este o controlo da exposição direta solar, através de palas é pouco eficaz, isto devido à variação da inclinação do sol ao longo do dia nessas superfícies, pelo que se recomenda o recurso a plantas de folha caduca. Estas promovem sombreamento no verão e transparência no inverno, podendo até ser utilizadas para regular a quantidade de radiação solar anual nas próprias fachadas.

## 7.3 - Reflexão sobre as medidas

---

Após o estudo das medidas de aplicação, verifica-se que das soluções analisadas, quase todas são economicamente viáveis, ou seja, apresentam uma rentabilidade suficientemente atrativa para o investidor. Note-se porém que todas estas medidas aumentam a sustentabilidade da moradia.

A substituição da caixilharia existente em alumínio sem classe de classificação e sem dispositivos de admissão de ar na fachada do edifício por uma caixilharia de sistema de correr com rutura de ponte térmica perimetral, classe 3 que melhora a estanquicidade à água e à permeabilidade do ar. Medida que contribui num ganho de cerca de 6,3% nas necessidades nominais de aquecimento e arrefecimento do edifício. De outra forma, obtivemos uma poupança de cerca de 2,5% nas necessidades nominais de energia primária.

Relativamente à colocação de um sistema de painéis solares térmicos de termossifão de 300L com um investimento de aproximadamente de 1.857,36 € + Iva para obtenção de uma poupança de cerca de 31.3% nas necessidades nominais para a preparação de AQS do edifício. De outra forma, será possível obter uma poupança de cerca de 21.9% nas necessidades nominais de energia primária.

A colocação de um sistema de painéis solares fotovoltaicos para uma potência contratada de 4,14 Kva ronda um investimento inicial de aproximadamente 11.655,66 € + Iva para uma produção anual de cerca de 5.708 Kwh/ano, estima-se que este esteja pago num período de 7 anos e que à tarifa atual de venda pressupõe um ganho estimado de cerca de 26.924,00 € para um ciclo de vida garantido de pelo menos 25 anos.

Para um sistema de aproveitamento de águas pluviais com um reservatório de 3.500 litros que tem um custo indicativo de 2.058,00 € + Iva, cujo retorno do investimento é difícil de calcular porque depende da utilização condicionada e da baixa precipitação anual registada nesta região II V1. A opção por este sistema fica totalmente a cargo do proprietário do edifício, dependendo das suas necessidades de rega e lavagens e contemplando igualmente os custos inerentes à colocação do depósito e às dimensões do mesmo.

Os redutores de caudal, aparelhos que proporcionam uma redução do fluxo de água em 50%, que podem ser instalados nas torneiras convencionais, incluindo 4 redutores de caudal para o duche, 10 torneiras para as torneiras e 4 pesos para o autoclismo para 4 wc's. Para este investimento de cerca de 100,00 € obtêm-se uma poupança anual de aproximadamente 536,10 € (5 ocupantes).

Por outro lado, a utilização de árvores de folha caduca seria uma possibilidade para promover sombreamento nas fachadas a oeste e a este, para desta forma restringir os ganhos solares. Contudo, esta medida fica condicionada pelo facto de a envolvente ao edifício ser diminuta em espaços verdes.

Destas soluções, todas são passíveis de serem implementadas nesta moradia unifamiliar. Poderíamos optar ainda por outras soluções mas ficaram condicionadas porque exigiam alterações estruturais no edifício. Uma vez que também não se realizou nenhum estudo geotécnico do terreno, poder-se-á encontrar condicionalismos ou dificuldades na implementação do reservatório no caso do aproveitamento das águas pluviais.

De forma a incrementar a sustentabilidade na implementação destas soluções, sugere-se que em vez de se enviar os resíduos resultantes das demolições, substituição de aparelhos e mesmo da própria atividade de construção para o entulho, se realize uma prévia seleção de todos daqueles que possam ser reciclados e que se enviem para a reciclagem. Sendo o restante conduzido até o entulho.

Com as soluções encontradas além de se melhorar o conforto e a funcionalidade da moradia unifamiliar, consegue-se rentabilizar o capital investido e desperdiçar menos recursos, conseguindo-se deste modo melhores níveis de sustentabilidade.



# 8

## CONSIDERAÇÕES FINAIS



## 8 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

A reabilitação e a sustentabilidade são dois temas que têm de estar amplamente unidos. É fundamental proceder-se à reabilitação de edifícios tendo em consideração a questão ambiental, económica e social.

O principal objetivo deste projeto é obtenção de uma ferramenta de apoio à decisão em projetos de construção sustentável. É importante dispor de mecanismos de análise que sistematizem a informação disponível, como apoio à tomada de decisão, para atingir um resultado melhor na conceção de novos edifícios, ou na remodelação dos já existentes.

O caso de estudo desenvolvido permite determinar os potenciais de poupança energética, económica e de recursos, decorrentes de diferentes escolhas de intervenções de reabilitação. Pretendeu-se melhorar o desempenho térmico de uma moradia unifamiliar através de uma reabilitação sustentável e economicamente viável recorrendo a empresas locais cujos seus serviços cumpram o máximo dos parâmetros ambientais. Para tal, analisou-se uma moradia localizada no concelho de Portimão, construída em 1993, representativa de muitas outras ali existentes.

Para uma moradia construída no início da década de 90, já foi projetada com várias soluções construtivas que melhoram o desempenho energético do edifício assim como, a fachada principal orientada a sul, isolamento térmico, vidros duplos entre outras.

De modo a otimizar o desempenho energético da moradia, foram apresentadas várias soluções de reabilitação que passam pela substituição da caixilharia existente por outra da classe mais eficiente, aplicação de painéis solares térmicos e solares fotovoltaicos, sistema de aproveitamento de águas pluviais e implementação de redutores de caudal de água.

Com a substituição da caixilharia existente por outra de classe 3 apesar da potência nominal de aquecimento ter diminuído 9,8%, a soma da potência nominal de aquecimento e arrefecimento representou um ganho efetivo de 6,3%.

Com a aplicação de painéis solares térmicos, a potência nominal para preparação de AQS diminuiu 31,3%. Com aplicação de um sistema de painéis solares fotovoltaicos com uma potência contratada de 4,14 Kva apresentando um pay back de cerca de 7 anos e que no 25º ano, ciclo de vida garantido, depois de ter pago o sistema estima-se um ganho de aproximadamente 26.924,00 € com a energia vendida à rede.

Para um sistema de aproveitamento de águas pluviais com um reservatório de 3.500 litros com um custo indicativo de 2.058,00 € + Iva, cujo retorno do investimento é difícil de calcular porque depende da utilização condicionada e da baixa precipitação anual registada nesta região I1 V1. A

opção por este sistema fica totalmente a cargo do proprietário do edifício, dependendo das suas necessidades de rega, lavagens e contemplando igualmente os custos inerentes à colocação do depósito e das dimensões do mesmo.

Relativamente à gestão de água, os redutores de caudal, aparelhos que proporcionam uma redução do fluxo de água em 50%. Para este investimento de cerca de 100,00 € + Iva obtêm-se uma poupança anual de aproximadamente 536,10 € + Iva (5 ocupantes). O investimento num sistema de aproveitamento de águas pluviais depende da existência dos dispositivos de recolha de água da chuva e das necessidades de utilização de água para rega e lavagens com água não tratada.

A principal conclusão deste estudo é que o acréscimo de investimento inicial devido a implementação de envolventes termicamente otimizadas, equipamentos mais eficientes e sistemas solares é facilmente recuperável e conduz a reduções de consumos energéticos anuais muito significativas. Como tal, a utilização de soluções inovadoras nessas tecnologias pode ser benéfica a nível ambiental, energético e económico, resultando assim em soluções que impulsionem o desenvolvimento sustentável

Como limitações é de referenciar a falta de dados acerca do projeto estrutural da moradia, bem como das soluções construtivas que lhe foram aplicadas.

Sugere-se como linhas orientadoras para futuras investigações a aplicação a esta moradia unifamiliar de outras soluções que passem pela reabilitação do edifício quer externamente, com a aplicação de isolamento térmico pelo exterior, quer com a remodelação de interiores, com aplicação de materiais que não afetam a saúde, que aumentem a sua eficácia energética, que possuam baixa energia incorporada, com fácil processamento, elevada durabilidade e com reduzida necessidade de manutenção, de forma a melhorar o comportamento térmico do edifício e consequentemente, a sua eficiência energética.

9

BIBLIOGRAFIA



## 9 - BIBLIOGRAFIA

---

- [1]. ADENE, **Edifícios Existentes – Medidas de melhoria de desempenho energético e de qualidade de ar interior**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.Adene.pt/>
- [2]. AECOPS, **Equipamentos podem ter certificação de eficiência hídrica**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://prewww.aecops.pt/pls/daecops2/!aecops\\_web.show\\_page?action=show\\_news&p\\_sessao=&xcode=25520347](http://prewww.aecops.pt/pls/daecops2/!aecops_web.show_page?action=show_news&p_sessao=&xcode=25520347)
- [3]. AGENDA 21 (1992). **United National Conference On Environmental And Development**. Rio de Janeiro, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res\\_agenda21\\_00.shtml?utm\\_source=OldRedirect&utm\\_medium=redirect&utm\\_content=dsd&utm\\_campaign=OldRedirect](http://www.un.org/esa/dsd/agenda21/res_agenda21_00.shtml?utm_source=OldRedirect&utm_medium=redirect&utm_content=dsd&utm_campaign=OldRedirect)
- [4]. AGOSTINHO, D e BARBOSA, L. (2008). **Edifícios Verdes – Construção Sustentável no Brasil**. 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia e 2º Congresso de Engenharia de Moçambique – 2 a 4 de Setembro. Brasil.
- [5]. **Água da chuva**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://casasprefab.blogspot.com/2010/11/agua-da-chuva.html>.
- [6]. ÁGUAS, M. (2001). **Conforto Térmico**, Instituto Superior Técnico.
- [7]. AMARO, Rodolfo (2007). **Certificação energética do edificado existente**, Faro, DEC da Universidade do Algarve, Projecto Bietápico Engenharia Civil.
- [8]. AMBIENTE, I. e. (1º Trimestre de 2007). **Indústria e Ambiente**. Revista de Informação Técnica e Científica, nº 44.
- [9]. ANQIP (2009). **Certificação e Rotulagem da Eficiência Hídrica**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.camarasverdes.pt/actualidades/333-anqip-lanca-modelo-de-certificacao-e-rotulagem-da-eficiencia-hidrica.html>.
- [10]. **Arquitetura Bioclimática – Eficiência Energética**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.ecoarkitekt.com/eficiencia-energetica/vaos-vidracados/>.
- [11]. **Arquitetura Bioclimática**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em

<http://ure.arem.pt/main.php/arem/ure/hoteleiro/recomendacoes/comportamentotermico.html>

- [12]. AZEVEDO, Rita (2010). **Controlo Ambiental em Obras - Aspectos e Impactes Ambientais**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://naturlink.sapo.pt/article.aspx?menuid=6&cid=23509&bl=1>
- [13]. **Banco de Materiais da Câmara Municipal do Porto**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.sosazulejo.com/bancos.php?id=2>
- [14]. BEGIN, Gino Van (2001). **International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI), "Local Authorities Self Assessment of Local Agenda 21 (LASALA): Accelerating Local Sustainable – Evaluating European Local Agenda 21 Processes"**. Ed. ICLEI. Volume 1 – Report of the LASALA Project Team, 135 pp.
- [15]. BERGER, X.; SARI, H. (2000). **A New Dynamic Clothing Model. Part 1: Heat and Mass Transfers**. Int J Therm Sci, Vol. 39, p. 635-645.
- [16]. BOBIN, J. (1999). **A Energia**. Lisboa: Instituto Piaget;
- [17]. BORG, M. (2001). **"Environmental Assessment of Materials Components and Buildings"**, Doctoral Thesis, Kungl Tekniska Hogskolan.
- [18]. BRANCO Teixeira, M. (2007). **Conceitos Elementares sobre a Construção Sustentável**. Concreta – Revista da Associação dos Industriais da Construção Civil e Obras Públicas - AICCOPN, n.º 204, Julho/Agosto. Bimestral, p. 66 a 67.
- [19]. BRÛSEKE, F. J. (1996). **Desestruturação e desenvolvimento**. In: FERREIRA, L. C. e VIOLA, E. (orgs.). Incertezas de sustentabilidade na globalização. Campinas: Editora da Unicamp.
- [20]. CAD (2010). **Eco Materiais**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.ikaza.com.pt/presentationlayer/concelhoutil\\_01.aspx?id=65&CANAL\\_ORDEM=0302](http://www.ikaza.com.pt/presentationlayer/concelhoutil_01.aspx?id=65&CANAL_ORDEM=0302)
- [21]. **Caixilharia de qualidade**, Casa Certificada, Acedido em <http://www.casacertificada.pt/empresas/solucao/caixilharia-de-qualidade>
- [22]. CAMÕES, A., JALALI, S., PEYROTEO (2005). A., **"Lightweight concrete for pavement leveling using rubber particles from used tyres"**, Waste recycling, Minerals and Energy Economy Research Institute.

- [23]. CARRÔLO, N. P. R. (2007). **Introdução dos Painéis Fotovoltaicos como Elementos de Composição Arquitectónica**. Edições Universitárias Lusófonas.
- [24]. **Caleiras para drenagem** [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.pdfbulk.us/search?q=caleiras&submit=Search/>
- [25]. CARVALHO, Joana; CASSIDY, J.; Gomes, L. (2008). “Recolha e armazenamento de água da chuva” Projecto para obtenção do grau de licenciatura de Bolonha em Engenharia do Ambiente, Universidade de Aveiro.
- [26]. **Certificação energética**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.certificadoenergeticoa.com/>
- [27]. CIE, C. I. (1970). “**Daylight. International Recommendations for the Calculation of Natural Light**”. Publication C.I.E. N° 16 (E-3.2),.
- [28]. CIE, C. I. (1987). “**International Lighting Vocabulary**”. 4th Ed, IEC/CIE,.
- [29]. **Cisterna de Marvão**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://gp-sarrabiscos.blogspot.com/2008/06/cisterna-de-marvo.html>
- [30]. **Coberturas planas ajardinadas**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.construlink.com/Homepage/2003\\_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt\\_384\\_construlink\\_08\\_18\\_12\\_2006.pdf](http://www.construlink.com/Homepage/2003_GuiaoTecnico/Ficheiros/gt_384_construlink_08_18_12_2006.pdf)
- [31]. Collecting and Utilizing Rainfall Runoff. (2010). **A Homeowner’s Manual of Ideas for Harvesting Rainwater**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.tjswcd.org/rooftopmanual.pdf>
- [32]. CONCEIÇÃO, E.Z.E. (2003) **Influência dos Sistemas de Ventilação Localizada na Sensação de Conforto Térmico**. Ingenium, 2.ª Série, N.º 74, p. 79-82.
- [33]. Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (2005). **Manual de Boas Práticas de Eficiência Energética**.
- [34]. **Construção Ecológica** [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.biohabitat.pt/aquatron>
- [35]. COSTA, João (2008). **As energias renováveis aliadas à Construção Sustentável**, Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.
- [36]. CRAWLEY, Drury; AHO, Ilari (1999). “**Building environmental assessment methods:**

- applications and development trends"**, Building Research & Information n° 27 pp. 300 – 308, Routledge.
- [37]. CURRAN, Mary A. (2006). **"Life Cycle Assessment and Practice"**, National Risk Management Research Laboratory Cincinnati Ohio.
- [38]. D.L. n.º 79/2006 de 4 de Abril. **Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)**. Edifício auto-suficiente a nível energético e de águas.
- [39]. D.L. n.º 80/2006 de 4 de Abril. **Regulamento das Características de Comportamento Térmico de Edifícios (RCCTE)**.
- [40]. D.L. n.º 78/2006, de 4 de Abril; **Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios**.
- [41]. D.L. n.º 79/2006, de 4 de Abril; **RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios**.
- [42]. D.L.nº 80/2006, de 4 de Abril; **RCCTE – Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios**.
- [43]. DEAR, R.J.; BRAGER, G.S. (2001). **The Adaptive of Thermal Comfort and Energy Conservation in the Built Environment**. Int J Biometeorol, Vol. 45, p. 100-108.
- [44]. **Departamento das Mudanças Climáticas e Eficiência Energética**, Governo Australiano, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.greenhouse.gov.au>
- [45]. DGEG - Direcção-Geral de Energia e Geologia, **Estatísticas Consumo de electricidade e gás**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em: <http://www.dgge.pt/>
- [46]. DIAS, R. (2006). **Gestão Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. 1.<sup>a</sup> ed. Atlas, São Paulo.
- [47]. DIAS, R. (2009). **Gestão Ambiental**, São Paulo: Atlas.
- [48]. DIAS, Rita et al (2007). **Construção Sustentável: oportunidades estratégicas do sector no combate às alterações climáticas**, Sustentare, Lda. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.sustentare.pt/PDF/brochurapaperA4\\_final.pdf](http://www.sustentare.pt/PDF/brochurapaperA4_final.pdf)
- [49]. DING, G. K. (2007). **"Sustainable construction— the role of environmental assessment tools"**,. Elsevier.

- [50]. DING, G. K. C. (2004). **“The development of a multi-criteria approach for the measurement of sustainable performance for built projects and facilities”**, Tese Doutoramento, University of Technology, Sidney.
- [51]. DIÓGENES, R. L. (2006). **"Análise do Ciclo de Vida de Edificações Residenciais"**, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- [52]. **DL n° 118-A/2010**, de 25 de Outubro de 2010.
- [53]. Domestic Roofwater Harvesting Research Programme (2010). **“Roofwater Harvesting for Poorer Households in the Tropics”**. Development Technology Unit School of Engineering. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/rwh/dfiddocs/r1.pdf>
- [54]. **Eco Materiais**, Companhia de arquitectura e design [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.ikaza.com.pt/presentationlayer/concelhoutil\\_01.aspx?id=65&CANAL\\_ORDEM=0302](http://www.ikaza.com.pt/presentationlayer/concelhoutil_01.aspx?id=65&CANAL_ORDEM=0302)
- [55]. EIRES, Rute (2006). **Materiais não convencionais para uma construção sustentável**, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho.
- [56]. **Energia Solar**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://paredessolares.blogspot.com/>
- [57]. **Energy-efficient homes and buildings** (2010). The beauty of efficiency. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://ec.europa.eu/energy/intelligent/library/doc/ka\\_reports/buildings\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/intelligent/library/doc/ka_reports/buildings_en.pdf)
- [58]. **Energy-efficient homes and buildings**. (Maio de 2008). The beauty of efficiency, nº2,.
- [59]. **Estruturas Pré fabricadas e Pré-moldadas** [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.engenhariacivil.com/estruturas-pre-fabricadas-pre-moldadas>
- [60]. EVERETT, B (1996). **Solar Thermal Energy**, in Boyle, G. (ed); Renewable Energy Power for Sustainable future; Oxford University and Open University; Oxford.
- [61]. FANGER, P.O. (2001). **Human Requirement in Future Air-Conditioned Environments. International Journal of Refrigeration**, Vol. 24, p. 148-153.
- [62]. FERREIRA, J. V. (2004). **Gestão Ambiental, Análise de ciclo de vida dos produtos**.

Viseu, Instituto Politécnico de Viseu.

- [63]. FERREIRA, J.V.R. (2004) "**Análise de Ciclo de Vida dos Produtos**", Instituto Politécnico de Viseu.
- [64]. FERREIRA, V. M., et al. (2010). **Cincos' 10 Congresso de inovação na Construção Sustentável**. Tamengos: Plataforma para a Construção Sustentável.
- [65]. GOLDMAN, R.F. (1977). **The Role of Clothing in Modifying the Human Thermal Comfort Range**. Editions de l'INSERM, Vol. 75, p. 163-176.
- [66]. GONÇALVES, H., GRAÇA, J. M. (2004). **Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal**. DGGE / IP-3E.
- [67]. **Green products for builders and homeowners**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.greenbuildingadvisor.com/greenspec-product-guide>
- [68]. GU, Zhenhong; WENNERSTEN, Ronald; ASSEFA, Getachew (2006). "**Analysis of the most widely used Building Environmental Assessment methods**", Environmental Sciences n° 3 pp. 175 – 192, Taylor & Francis.
- [69]. GUEDES, M. (2010). **Gestão da água**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.miguelguedes.pt/arquitecturaesustentabilidade/parametro.php?id=3>
- [70]. GUEDES, M. (2010). **Matérias-Primas**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.miguelguedes.pt/arquitecturaesustentabilidade/parametro.php?id=7>
- [71]. **Guia da Energia Solar**. (2010). Concurso Solar – Padre Himalaya. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.abae.pt/jra/sem04-05/spes\\_davidloureiro.pdf](http://www.abae.pt/jra/sem04-05/spes_davidloureiro.pdf)
- [72]. GUIMARÃES, F. (1992). **O Brasil na Conferência de Estocolmo**. Ecologia & Desenvolvimento, Rio de Janeiro, v. 2, n°. 15, Maio, pp. 39-41.
- [73]. HALADA, K. (2003). "**Progress of Ecomaterials Toward a Sustainable Society**", em Solid State and Materials Science n°7, Elsevier.
- [74]. HAMDI, M.; LACHIVER, G.; MICHAUD, F. (1999). **A New Predictive Thermal Sensation Index of Human Response**. Energy and Buildings, Vol. 29, p. 167-178.
- [75]. HAMDY, I.F.; FIKRY, M.A. (1998). **Passive Solar Ventilation**. Renewable Energy, Vol.

14, p. 381-386.

- [76]. Horrocks, A.R. (1996). **Developments in Flame Retardants for Heat and Fire Resistant Textils - The Role of Char Formation and Intumescence**. Polymer Degradation and Stability, Vol. 25, p. 143-154
- [77]. IEE. (2010). **Intelligent Energy-Europe**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em: <http://www.managenergy.net/eie.html>
- [78]. **Indústria e Ambiente**. (4º Trimestre de 2004). Revista de Informação Técnica e Científica, nº 43. Revista de Informação Técnica e Científica, nº 43.
- [79]. **Indústria e Ambiente**. (Maio/Julho de 2008). Revista de Informação Técnica e Científica, nº 50. Revista de Informação Técnica e Científica, nº 50.
- [80]. ISO 7726 (1998). **Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities** - International Standard Organization, Geneve, Suisse.
- [81]. ISO 7730 (1984). **Ambiances Thermiques Modérées – Determination des Indices PMV et PPD et Spécification des Conditions de Confort Thermique**.
- [82]. ISO 7730 (1984). **Ambiances Thermiques Modérées – Determination des Indices PMV et PPD et Spécification des Conditions de Confort Thermique**.
- [83]. **Isolamento acústico para apartamento**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://imoveis.culturamix.com/apartamentos/isolamento-acustico-para-apartamento>
- [84]. KHEDARI, J.; YAMTRAIPAT, N.; PRATINTONG, N.; HIRUNLABH, J.: Thailand, (2000). **Ventilation comfort chart**. Energy and Buildings 32: 245-249.
- [85]. KIBERT, Charles J. (1994) **Proceedings on the 1st International Conference on Sustainable Construction**, University of Florida, Center for Construction.
- [86]. KIBERT, Charles J. (2005). **Sustainable Construction Green Building Design and Delivery**, Wiley.
- [87]. KIBERT, Charles, **Construção Sustentável**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.dcp.ufl.edu/faculty/ckibert>
- [88]. KOSCHEYEV, V.S.et al (2000), I.V. **Augmentation of Blood Circulation to the Fingers by Warming Distant Body Areas**. Eur J. Appl Physiol, Vol. 82, p. 103-111.

- [89]. KUCHEN, E. (2011). **Predição do índice de conforto térmico em edifícios de escritório na Alemanha**, 54(0), 39-53.
- [90]. LABRINCHA J. AveiroDomus (2006). **Associação para o Desenvolvimento da Casa do Futuro Sub Projecto de Isolamento Térmico**, 1º Relatório de Progresso.
- [91]. LAGOUDI, A. et al (1996). **Symptoms Experienced, Environmental Factors and Energy Consumption in Office Buildings**. Energy and Buildings, Vol. 24, p. 237-243.
- [92]. **Lâmpadas halogéneo**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://forumdacasa.com/discussion/12668/focos-halogeneo-em-wc/>
- [93]. **Lâmpadas**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://auralight.com.pt/Products/LongLifeProduktter/Aura%20Unique%20S-D-T>
- [94]. LANHAM, Ana et al (2004). **Arquitetura Bioclimática Perspectivas de inovação e futuro**, Lisboa, seminários de inovação.
- [95]. **Led lamps**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.osram.com/osram\\_com/Consumer/Home\\_Lighting/LED\\_lamps/index.html](http://www.osram.com/osram_com/Consumer/Home_Lighting/LED_lamps/index.html)
- [96]. LICCO, E. (2006). **Edifícios Verdes: Um caminho na busca da Sustentabilidade**. II Workshop Gestão Integrada: Risco e Sustentabilidade – São Paulo, 19 e 20 de Maio. Centro Universitário Senac.
- [97]. **LiderA**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.lidera.info/>
- [98]. LOPES, T. (2010). **Reabilitação sustentável de edifícios de habitação**, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- [99]. LUCAS, P. (n.d.). **Ventilação natural**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/930/1/Paula\\_Lucas\\_1008893.pdf](http://bdigital.ipg.pt/dspace/bitstream/10314/930/1/Paula_Lucas_1008893.pdf)
- [100]. LUGT, P., DOBBELSTEEN, A., JANSSEN, J. (2006). **An environmental, economic and practical assessment of bamboo as a building material for supporting structures**. Construction and Building Materials. pp. Vol. 20, pp.648-656.
- [101]. **Material em Cortiça**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.amorim.pt/cor\\_home.php](http://www.amorim.pt/cor_home.php)
- [102]. **Material Reciclado**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em

<http://www.matrec.it>

- [103]. MATEUS, R. (2004). **Novas Tecnologias Construtivas Com Vista à Sustentabilidade da Construção**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho.
- [104]. MATEUS, R., BRAGANÇA, Luis, (2006). **Tecnologias Construtivas para a sustentabilidade da construção**. Edições ecopy, Porto.
- [105]. MEHNERT, P. et al (2000). **Prediction of the Average Skin Temperature in Warm and Hot Environments**. Eur J Appl Physiol, Vol. 82, p. 52-60.
- [106]. MENDONÇA, Paulo (2005). **Habitar sob uma segunda pele: estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados**. Guimarães: Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho. Tese de Doutoramento. [Em linha]. [Consult. Agosto-Dezembro 2011]. Disponível em <http://www.repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4250>
- [107]. MOITA, F. (1987). **Energia solar passiva**, 1. Lisboa: Imprensa Nacional;
- [108]. NAÇÕES UNIDAS - COMISSÃO MUNDIAL DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - **Our Common Future** (1987). Oxford: Oxford University Press.
- [109]. NAÇÕES UNIDAS – **Desenvolvimento económico e Social** - Desenvolvimento Sustentável, Portal ENDS. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.un.org/esa/dsd/susdevtopics/sdt\\_index.shtml](http://www.un.org/esa/dsd/susdevtopics/sdt_index.shtml)
- [110]. NFEngenharia. (2010). **Proposta de Poupança a Médio Prazo**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <https://www.google.com/a/nfengenharia.com/ServiceLogin2?continue=http%3A%2F%2Fsites.google.com%2Fa%2Fnfengenharia.com%2Fwww%2Fvantagens%2Fpropostas-de-poupanca-a-medio-prazo&followup=http%3A%2F%2Fsites.google.com%2Fa%2Fnfengenharia.com%2Fwww%2Fvantagens%2>
- [111]. OLIVEIRA, R. (1996). **“Determinação de Hidrogramas de Cheia em pequenas Bacias Hidrográficas”**. Curso sobre drenagem de águas superficiais em vias decomunicação, LNEC, Lisboa, Portugal.
- [112]. OTAKI, Y. et al (2003). **“Residencial water demand analysis by household activities”**. XI

Congresso Mundial da Água. Japão.

- [113]. Congresso Mundial da Água. Japão. PAIVA, J.V., et al (2006). **Guia Técnico de Reabilitação Habitacional**. Instituto Nacional da Habitação, LNEC, Lisboa,
- [114]. PARSONS, K. Human (2003). **Thermal Environments**. Taylor & Francis.
- [115]. PATRÍCIO, J. (2006). **Qualidade Acústica nos Edifícios – Uma obrigação exigencial**. INGENIUM, 91(1), p. 92.
- [116]. PAULSEN, J. (2001). **Life Cycle Assessment for Building Products**, Doctoral Thesis, Kungl Tekniska Hogskolan.
- [117]. PEREIRA, João Victor Inácio (2009). **Sustentabilidade: diferentes perspectivas, um objetivo comum**. Economia Global e Gestão, vol.14, no.1, p.115-126. ISSN 0873-7444.
- [118]. PEREIRA, M. C. (2009). **Energias Renováveis, a opção inadiável**. Centro de Biomassa.
- [119]. PEREIRA, Patrícia (2009). **Construção Sustentável: O desafio**. Monografia, Departamento de Civil, Universidade do Porto.
- [120]. PIMENTEL-RODRIGUES, C., SILVA-AFONSO, A. (2008). **A implementação da certificação de eficiência hídrica**. Cincos.
- [121]. PINHEIRO, M. (2003). **Construção Sustentável – Mito ou Realidade?**. VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente – 6 e 7 de Novembro. Lisboa.
- [122]. PINHEIRO, M. (2006). **Ambiente e construção sustentável**. Instituto do Ambiente. Amadora.
- [123]. PINHEIRO, Manuel (2005). **Ambiente e Construção Sustentável**, IST/DECivil. [
- [124]. PINTO, A. (2008). **A Sustentabilidade nos Municípios – Contributo e Visão da Construção**. Apresentação da Montereg Construções.
- [125]. **Portal da Construção Sustentável**, Acedido em [http://www.csustentavel.com/index\\_cat.php?cat=14](http://www.csustentavel.com/index_cat.php?cat=14).
- [126]. Portal da Construção sustentável. (2010). **Água**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.csustentavel.com/index\\_cat.php?cat=11](http://www.csustentavel.com/index_cat.php?cat=11)
- [127]. Portal Município de Marvão. (2010). **História e Património**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.cm-marvao.pt/>

- [128]. **Portaria nº 303/2010** de 8 de Junho, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://dre.pt/pdf1sdip/2010/06/11000/0193301933.pdf>
- [129]. Prémios DGE (2003). Prémios DGE 2003. **Eficiência Energética em Edifícios**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.enerdura.pt/adss/Workshops/Apresentacoes/Edificios/premio.pdf>
- [130]. **Proteste**, nº2. (2008). Proteste
- [131]. Quercus (2010). **Reutilização e reencaminhamento das águas residuais**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em Quercus:<http://construcaosustentavel.quercus.pt/scid/subquercus/defaultarticleViewOne.asp?categorySiteID=142&articleSiteID=218>
- [132]. QUIOTO, P. d. (2010). **Protocolo de Quioto à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre mudanças climáticas**. Acedido em [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.mdl.gov.mz/download/quioto.pdf>
- [133]. RAIMUNDO, António (2011). **Folha de cálculo para verificação do RCCTE - Vercoterm**, Departamento Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- [134]. RAPLAUS (2010). **Solar Térmico**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.raplus.pt/termico.htm>
- [135]. REAES, A e INÁCIO, M. (2001). **A evolução da construção no sentido da sustentabilidade**. Contribuição para uma estratégia nacional. Construção 2001 – Congresso Nacional da Construção – Por uma Construção Sustentável no século XXI – 17 a 19 Dezembro. Instituto Superior Técnico. Lisboa.
- [136]. **Reaproveitamento de água**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://saisconsultoria.wordpress.com/>
- [137]. REBELO, Alberto (2009). **Optimização e dimensionamento de vãos envidraçados**, Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro.
- [138]. **Redução de consumo de água nas torneiras**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.ecocasa.pt/agua\\_content.php?id=38](http://www.ecocasa.pt/agua_content.php?id=38)
- [139]. **Rendimento energético nos Edifícios**. Comissão propõe ação sobre rendimento energético nos edifícios. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/01/604&format=HTML&aged>

- [140]. **Resíduos**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://cienciomania.blogs.sapo.pt/6394.html>
- [141]. **Reutilização de águas** [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http:// roof/documents.pdf](http://roof/documents.pdf)
- [142]. RORIZ Luis et al, (2010). **Energia solar em Edifícios**, Edições Orion, Lisboa.
- [143]. RUIVO, C. R.; INVERNO, A. C. (2000). **Qualidade térmica ambiental em salas de aula**, Universidade do Algarve, p. 12-16.
- [144]. SAINT GOBAIN GLASS, **O vidro e o isolamento térmico**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://pt.saint-gobain-glass.com/upload/files/3.1.5\\_o\\_vidro\\_e\\_o\\_isolamento\\_t\\_rmico.pdf](http://pt.saint-gobain-glass.com/upload/files/3.1.5_o_vidro_e_o_isolamento_t_rmico.pdf)
- [145]. SCHMIDT, Luísa, et al (2005). **Autarquias e Desenvolvimento Sustentável Agenda 21 Local e Novas Estratégias Ambientais**, Fronteira do Caos, Porto.
- [146]. SCHWARZ, Henrique, **Energia, Geopolítica e a Política da Biosfera**, Revista Nação e Defesa, Primavera 2007, Nº 116 –<sup>a</sup> série, pp. 7-29
- [147]. SCOTT, Aldous. (2010). **How solar cells works**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://science.howstuffworks.com/solar-cell.htm>
- [148]. SELIH, J., **Promoting the environmental management systems into construction industry: the first step**, em Proceedings of Sustainable Construction - Materials and Practices, Ed. L. Bragança et al., Lisbon, IOS press.
- [149]. SERRES, L.; TROMBE, A.; MIRIEL, J. (2001). **Flux Solaires Absorbés par l’occupant d’un LocalVitré**. Int J Therm Sci, Vol. 40, p. 478-488.
- [150]. SILVA, Manuel, **Aplicações computacionais para avaliação do conforto térmico**, Universidade de Coimbra, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <https://woc.uc.pt/efs/getFile.do?tipo=2&id=84>
- [151]. **Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios**, Adene, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.adene.pt/pt-pt/NavegacaoDeTopo/EnergiaEmCasa/CertificacaoEnergetica/Paginas/SCE0912-9793.aspx>.
- [152]. **Sistemas de Iluminação**, Universidade Aberta [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio

- 2012]. Disponível em <http://www.univ-ab.pt/formacao/sehit/curso/iluminacao/uni2/sistemas.html>
- [153]. SITILL, G. T., THOMAS, T. H.: “**Sizing and optimally locating guttering for rainwater guttering for rainwater harvesting**”, *DTU, Warwick University, UK*. Aberta [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em: <http://www.eng.warwick.ac.uk/DTU/pubs/outside/ircsa11gutters.pdf>
- [154]. SOUSA, A. P. (Agosto de 2006). **Tratamento dos efluentes líquidos**, AveiroDomus, Subprojecto de Águas Interiores, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro
- [155]. SOUZA, M. (1993). Saraiva de **Rumo à prática empresarial sustentável**. RAE, São Paulo, v. 4, nº. 33, Jul/Ago, pp. 40-52.
- [156]. SRINAVIN, K.; MOHAMED, S. (2003). **Thermal Environment and Construction Workers’ Productivity: Some Evidence from Thailand**. *Building and Environment*, Vol. 38, p. 339-345.
- [157]. STATHOPOULOS, T.; WU, H.; ZACHARIAS, J. (2004). **Outdoor Human Comfort in an Urban Climate**. *Building and Environment*, Vol. 39, p. 297-305.
- [158]. TEIXEIRA, Armínio., **Iluminação Interior – Fontes luminosas**. Porto: FEUP, 2006
- [159]. TIRONE, L. (2010). **Medidas para melhorar a qualidade da procura de materiais (desmaterialização)**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=108%3Amedidas-para-melhorar-a-qualidade-da-procura-de-materiais-desmaterializacao&catid=63%3Auso-eficiente-de-materiais&Itemid=87&lang=pt](http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=108%3Amedidas-para-melhorar-a-qualidade-da-procura-de-materiais-desmaterializacao&catid=63%3Auso-eficiente-de-materiais&Itemid=87&lang=pt)
- [160]. TIRONE, Livia (2010). **Construção Sustentável, Soluções Eficientes Hoje, a Nossa Riqueza de Amanhã**. 3ª Edição, Tirone Nunes SA, Lisboa.
- [161]. TIRONE, Livia, **Construção Sustentável**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=59%3Aconforto-acustico&catid=39%3Avalorizacao-ambiental&Itemid=66&lang=pt](http://www.construcaosustentavel.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=59%3Aconforto-acustico&catid=39%3Avalorizacao-ambiental&Itemid=66&lang=pt)
- [162]. TOFTUM, J.; LANGKILDE, G.; FANGER, P.O. (2004) **New Indoor Environment Chambers and Field Experiment Offices for Research on Human Comfort**, Health and Productivity at Moderate. *Energy Expenditure and Environment*.

- [163]. TORGAL, F. P., & JALALI, S. (2010). **Eco-eficiência dos Materiais de Construção**. Dossier Eco-eficiência - Materiais de Construção.
- [164]. TORGAL, F. P., JALALI, S., **A sustentabilidade dos materiais da construção**, Universidade do Minho.
- [165]. **Tratamento de água**, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.novoguiabarretos.com/paginas/nossa%20agua.html>
- [166]. VANDERLEY, J. (2010). **Desenvolvimento Sustentável, Construção Cívil, Reciclagem e Trabalho**. [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em [http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des\\_sustentavel.html](http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.html)
- [167]. **Vãos envidraçados**, Casa certificada [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.casacertificada.pt/empresas/tiposolucao/vaos-envidracados>
- [168]. **Vãos Envidraçados**, Ecoarkitekt, [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012]. Disponível em <http://www.ecoarkitekt.com/eficiencia-energetica/vaos-envidracados/>
- [169]. Vários Autores, (2010), **Energias Renováveis - Renewable Energies**, Ed. Atelier Nunes & Pã, Porto.
- [170]. WILSON, A.; PIEPKORN, M. (2005). **Green Building Products, the Green Spec Guide to Residential Building Materials**, BuildingGreen, New Society Publishers.
- [171]. WINES, James, J. P. (2000). **Green Architecture**. Taschen.
- [172]. WS Energia Lda (2006). [Em linha]. [Consult. Janeiro 2011-Maio 2012] <http://www.ws-energia.com/eng/industrial/doublesun.html>
- [173]. “Wter: Don’t waste a drop” Building for a Future, Volume 14, N.º 1, 2004.

10

ANEXOS