Agir, eis a inteligência verdadeira. Serei o que quiser. Mas tenho que querer o que for. O êxito está em ter êxito, e não em ter condições de êxito. Condições de palácio têm qualquer terra larga, mas onde está o palácio se não o fizerem ali?

Fernando Pessoa (1914)

Agradecimentos

Sendo uma tese de doutoramento um trabalho que necessita da colaboração de várias entidades e pessoas, de forma a que a pesquisa dos elementos considerados importantes dê origem a algo que permita alcançar a obtenção de conhecimentos com utilidade para a sociedade em geral, deixo aqui os meus agradecimentos pela disponibilidade, carinho e grande paciência que esses intervenientes me demonstraram ao longo desta caminhada.

Ao meu orientador, Professor Doutor Mário Caneva Magalhães Moutinho, magnífico Reitor da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, pela sua importante contribuição quer na escolha do tema para esta tese quer com a paciência e disponibilidade que sempre teve para com a sua sabedoria me iluminar o caminho pelo qual fui indo em busca de um resultado que me deixou satisfeito e que desejo poder vir a contribuir para um alerta na preservação do meio ambiente.

Ao meu amigo, Professor Doutor Manuel dos Santos Fonseca, Diretor dos cursos de Licenciatura e de Mestrado em Engenharia Civil da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, pela sua preciosa ajuda com os seus profundos conhecimentos e longa experiência no acompanhamento de trabalhos semelhantes de outros autores.

À Professora Doutora Judite Santos Primo, Diretora do Curso de Doutoramento em Museologia da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, pela sua forte e marcante contribuição no gosto que me incutiu pela Museologia.

A todos os Museus citados na tese e aos seus responsáveis, pela disponibilização da informação solicitada.

Aos Exmos. Professores Doutores do Curso de Doutoramento em Museologia da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias: Mário Chagas, Cristina Bruno, Célia Santos e Marcelo Cunha.

À mesa do Júri de Avaliação Prévia, pela sua preciosa contribuição nas indicações que me deu para melhoria do trabalho realizado.

À minha grande amiga Aida Rechena, pela sua preciosa companhia ao longo de toda esta caminhada, na ajuda que me deu na leitura e revisão dos textos e pelo seu enorme carinho e dedicação que sempre me disponibilizou desinteressadamente.

Resumo

Este estudo integra-se na área da Museologia tendo como tema "o uso de energias renováveis em edifícios de Museus", enquadrado pelo destaque que esta área disciplinar tem atribuído na contemporaneidade ao meio ambiente e à sua preservação enquanto Património.

Sistematizamos e apresentamos algumas soluções técnicas disponíveis no mercado relativamente à captação e produção de energias renováveis amigas do ambiente, para inserção em edifícios destinados a Museus, visando a sua sustentabilidade económico-financeira.

As energias renováveis tecnologicamente desenvolvidas passíveis de poderem ser utilizadas em edifícios destinados a Museus são abordadas no que se refere à sua origem, captação e produção.

É dado maior ênfase à energia solar fotovoltaica face ao desenvolvimento tecnológico que permite a integração plena e praticamente sem impactos visuais negativos em qualquer tipo de edifícios.

É ainda apresentado um estudo de caso onde aplicamos a tecnologia solar fotovoltaica a um edifício concreto destinado a Museu.

Palavras-chave: Museus, Museologia, Sociomuseologia, Energias Renováveis, Sustentabilidade Ambiental.

Abstract

This thesis is included in Museology studies and its specific theme, "*The use of renewable energies in Museum buildings*", is framed by the emphasis that environment and its preservation as cultural heritage currently receives from diverse fields of investigation.

We systematize and present diverse technical solutions available in the market related with the capture and production of environmentally friendly renewable energies, which can be used in Museum buildings, aiming at their economic and financial sustainability.

We also discuss the technologically developed renewable energies more appropriate to use in museum buildings in what concerns their origin, capture and production.

More emphasis will be placed on photovoltaic solar energy in face of its actual technological development, which allows its full integration on any kind of buildings with virtually no negative visual impact.

We also present a case study where photovoltaic solar technology is applied on a specific Museum building.

Keywords: Museums, Museology, Sociomuseology, Renewable Energies, Environment Sustainability

Índice de Siglas

AC - Direct Current
AWS - Archimedes Wave Swing
BIPV - Building Integrated Photovoltaics
CA - Corrente Alternada
CC - Corrente Contínua
CEC - California Energy Commission
COP - Coefficient Of Perfomance
DC - Alternating Current
EPBT - Energy Pay Back Time
EPIA - European Photovoltaic Industry Association
ETAR - Estação de Tratamento de Esgotos
EUA - Estados Unidos da América
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo
GTP - Grupo de Trabalho Provisório
GW - Gigawatts
GWh - Gigawatts hora
GWp - Gigawatts pico
H R. - Humidade Relativa
ICOM - International Council Of Museums
ICOMOS - International Council on Monuments and Sites
ICTOP - International Committee for the Training of Personal
ICR - International Committee for Regional Museums
IEA-PVPS - International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Programme
IMC - Instituto dos Museus e da Conservação
INETI - Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial
KW - Quilowatts
KWh - Quilowatts hora
KWp - Quilowatts pico
kVA - Kilo Volt Amperes

MASP - Museu de Arte de São Paulo

MINOM - Movimento Internacional para uma Nova Museologia

MVA - Mega Volt Amperes

MW - Megawatts

MWh - Megawatts hora

MWp - Megawatts pico

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NYSERDA - New York State Energy Research e Development Authority

ONU - Organização das Nações Unidas

OWC - Oscillating Water Column

RPM - Rede Portuguesa de Museus

STC - Standard Test Condições

TW - Terawatts

ULHT - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

UNESCO - United Nations Educational and Cultural Organization

USP - Universidade de São Paulo

UV - Raios Ultravioletas

W - Watts

Wh - Watts hora

Wp - Watts pico

Índice Geral

INTRODUÇÃO **23**
CAPÍTULO 1: DEFINIÇÃO DE MUSEU E CARACTERIZAÇÃO DE ALGUNS DOS DIVERSOS TIPOS DE EDIFÍCIOS ONDE FUNCIONAM MUSEUS **46**
1.1 DEFINIÇÃO DE MUSEU 48
1.2 BREVE HISTÓRIA DA ORIGEM DO EDIFÍCIO DESTINADO A MUSEU 52
1.3 TIPOLOGIAS DE MUSEUS 55
1.3.1 Grandes complexos culturais 56
1.3.2 Museus nacionais 57
1.3.3 Museus regionais ou locais 61
1.4 OS PRIMEIROS PROJETOS DE EDIFÍCIOS DE MUSEUS, SUA EVOLUÇÃO E ESTADO EM QUE SE ENCONTRAM 63
1.4 1 Alguns dos primeiros programas e projetos para museus em Portugal 73
1.4 2 Reabilitação, ampliação ou adaptação de edifícios para museus 74
1.4.3 Museus com projeto de raiz 77
1.4.4 O estado atual de alguns museus 81
1.4.4.1 Museu Nacional do Traje, em Lisboa 82
1.4.4.2 Museu Geológico de Lisboa 83
1.4.4.3 Museu da História Natural, em Lisboa 84
1.4.4.4 Museu Soares dos Reis, no Porto 85
1.4.4.5 Museu de História Natural na Universidade de Coimbra 86
1.4.4.6 Museu do Oriente, em Lisboa 87
1.4.4.7 Museu de Arte Contemporânea de Serralves, no Porto 89
1.4.4.8 Museu do Mosteiro de Santa Clara - a - Velha, em Coimbra 90
1.4.4.9 Centro Cultural de Belém, em Lisboa 92
CAPÍTULO 2: O CONFORTO PARA ACERVOS E UTILIZADORES DOS MUSEUS **94**
2.1 AS NECESSIDADES DE CONFORTO PARA OS ACERVOS, VISITANTES E/OU UTILIZADORES 98
2.1.1 A importância do estado dos edifícios para a sua gestão energética 98
2.1.2 O comportamento térmico 99

2.1.3 Prevenção para a perda de calor 104
2.1.4 Alguns sistemas de ventilação 107
2.1.5 Benefícios ambientais e económicos 110
2.2 A IMPORTÂNCIA DAS ACESSIBILIDADES, EXTERIORES E INTERIORES 111
2.3 EXIGÊNCIAS AMBIENTAIS NA EXPOSIÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ACERVOS 112
2.3.1 A iluminação 112
2.3.2 A humidade relativa 116
2.3.3 A ventilação 122
2.3.4 As temperaturas 125
2.3.5 A poluição sonora 129
2.3.6 A poluição do ambiente 131
2.4 PARÂMETROS IMPORTANTES A CONSIDERAR PARA OS NOVOS EDIFÍCIOS DESTINADOS A MUSEUS, NA FASE DE PROJETO 134
CAPÍTULO 3: O USO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS E LIMPAS NOS EDIFÍCIOS DESTINADOS A MUSEUS 136
3.1 TIPOS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS DISPONÍVEIS, CIENTÍFICA E TECNOLOGICAMENTE DESENVOLVIDAS 149
3.1.1 Energia Hídrica 151
3.1.1.1 As diferentes formas e tipos de centrais hídricas na geração de energia elétrica 151
3.1.1.2 Potências instaladas em Portugal 153
3.1.1.3 Algumas vantagens e desvantagens 154
3.1.1.4 Custos associados à instalação de centrais mini-hídricas 156
3.1.1.5 O uso desta energia em museus 158
3.1.2 Energia das Marés 161
3.1.2.1 Algumas centrais maré-motriz, turbinas, vantagens e desvantagens associadas e custo desta energia 163
3.1.2.2 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em museus 166
3.1.3 Energia das Ondas 167
3.1.3.1 A conversão da energia das ondas em energia elétrica 168
3.1.3.2 Alguns tipos de centrais utilizadas 171
3.1.3.3 Alguns tipos de dispositivos utilizados na geração de energia elétrica 172

3.1.3.4 Algumas vantagens e limitações na produção de energia elétrica a partir das Ondas do Mar 176
3.1.3.5 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em museus 177
3.1.4 Energia geotérmica de superfície 178
3.1.4.1 A sua captação vertical 180
3.1.4.2 A sua captação horizontal 181
3.1.4.3 A sua captação em lençol freático 182
3.1.4.4 Análise económica e algumas conclusões 183
3.1.4.5 Alguns dos edifícios onde foi implementada a captação desta energia 184
3.1.4.6 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em museus 186
3.1.5 Energia Geotérmica de profundidade 188
3.1.5.1 O seu início e a produção de energia elétrica 189
3.1.5.2 Alguns dos recursos existentes 190
3.1.5.3 As fontes desta energia geotérmica, aspetos positivos e negativos 192
3.1.5.4 O custo de produção de energia elétrica a partir da energia geotérmica 193
3.1.5.5 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em museus 194
3.1.6 Biomassa 195
3.1.6.1 Tipos de Biomassa, vantagens e desvantagens na sua utilização 196
3.1.6.2 A produção de energia elétrica em Portugal a partir da Biomassa e, seus custos 199
3.1.6.3 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em museus 201
3.1.7 Energia Eólica 201
3.1.7.1 Turbinas de vento 203
3.1.7.2 Parques Eólicos 205
3.1.7.3 A produção desta energia 206
3.1.7.4 O impacto ambiental 209
3.1.7.5 Os custos da energia Eólica 210
3.1.7.6 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em museus 211
3.1.8 Energia Solar 212
3.1.8.1 Energia solar passiva 214
3.1.8.2 Centrais solares e Torres de Potência 218
3.1.8.3 A eficiência da sua conversão energética 219
3.1.8.4 Energia solar térmica 221

3.1.8.4.1 O impacto ambiental das centrais e coletores solares 222
3.1.8.4.2 Os coletores solares térmicos e os seus custos 223
3.1.8.4.3 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em museus 225
3.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA 226
3.2.1 Breve história da energia solar fotovoltaica 229
3.2.2 O impacto ambiental 234
3.2.3 O seu estado em Portugal 235
3.2.4 Situação Mundial 237
3.2.5 As células solares fotovoltaicas 240
3.2.6 Tipos de células solares fotovoltaicas 241
3.2.7 O silício na fabricação das células solares fotovoltaicas 244
3.2.8 Painéis solares fotovoltaicos 247
3.2.8.1 A produção de células fotovoltaicas 249
3.2.8.2 A produção de painéis fotovoltaicos 251
3.2.8.3 Os custos da energia fotovoltaica 255
3.2.9 Sistemas fotovoltaicos integrados 258
3.2.9.1 Conceito de Building Integrated Photvoltaics (BIPV) 258
3.2.9.2 Integração do sistema BIPV 260
3.2.9.3 A situação do sistema BIPV na Europa 261
3.2.9.4 O seu estado em Portugal 263
3.2.9.5 Algumas das dificuldades portuguesas 263
3.2.9.6 Um sistema voltado para o futuro 267
3.2.9.7 Alguns dos módulos e painéis solares mais direcionados para a sua integração em edifícios 269
3.2.9.8 A capacidade de geração de energia elétrica pela via de fonte fotovoltaica em algumas cidades portuguesas 273
3.2.9.9 Identificação e descrição sucinta de alguns sistemas integrados fotovoltaicos instalados em edifícios 288
3.2.9.9.1 Museu Del Bambini, em Roma, Itália 289
3.2.9.9.2 Science House, no parque do Science Museum of Minnesota, em Minnesota, nos E. U. A. 292
3.2.9.9.3 Brooklyn Children's Museum, em Brooklyn, nos E. U. A. 295

3.2.9.9.4 Palácio de Belém, Presidência da República 297
3.3 A ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE ENERGÉTICA PRIVILEGIADA NO ABASTECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA DOS EDIFÍCIOS DESTINADOS A MUSEUS 299
CAPÍTULO 4: EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NUM EDIFÍCIO DESTINADO A MUSEU 304
4.1 Introdução 305
4.2 Características do edifício 306
4.3 Princípios básicos a considerar 311
4.4 Software de cálculo utilizado, variáveis consideradas e energia produzida 321
4.5 Cálculos financeiros, viabilidade económica do sistema fotovoltaico proposto e suas vantagens 327
CONCLUSÕES 334
BIBLIOGRAFIA 340
RECURSOS DA INTERNET 353
ÍNDICE REMISSIVO 356
ANEXOS (em formato digital) 360

Índice de Quadros

Quadro 1 Relação da legislação sobre o património cultural 47
Quadro 2 Relação da legislação sobre eficiência energética e comportamento térmico dos edifícios 95
Quadro 3 Exposição à luz e à radiação U. V. para alguns materiais 113
Quadro 4 Níveis críticos da humidade relativa de alguns materiais 117
Quadro 5 Relação da temperatura com as humidades no Verão e no Inverno 125
Quadro 6 Humidade relativa adequada a alguns materiais, efeitos sobre as dimensões e sensibilidade ao bolor 126
Quadro 7 Relação da legislação geral sobre as diferentes energias 138
Quadro 8 Relação da legislação sobre a biomassa 143
Quadro 9 Relação da legislação sobre a energia das ondas 144
Quadro 10 Relação da legislação sobre a energia eólica 145
Quadro 11 Relação da legislação sobre a energia hídrica 147
Quadro 12 Relação da legislação sobre a energia solar 148
Quadro 13 Preços de venda de energia aos clientes finais com potência instalada > 20,7kVA 160
Quadro 14 Preços de venda de energia aos clientes finais com potência instalada <= 20,7kVA e> 2,3kVA 160
Quadro 15 Caracterização dos consumos energéticos para algumas fontes energéticas 184

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Custo médio anual da unidade de energia em função da utilização anual da potência instalada, parametrizado em função do investimento por kW instalado; a = 7%, n = 30 anos, cd = 1%cp 158

Índice de Figuras

Figura 1 Vista do Museu da Acrópole, Atenas 54
Figura 2 Vista do Neue Nationalgalerie, em Berlim 54
Figura 3 Vista do Instituto do Mundo Árabe, em Paris 57
Figura 4 Vista do Museu de história natural na Universidade de Coimbra 57
Figura 5 Vista do Museu Sesinando Cenáculo Pacence, em Beja 58
Figura 6 Vista do Museu Metropolitano de Nova Iorque 59
Figura 7 Vista do Museu do Louvre 59
Figura 8 Vista do Museu do Prado 60
Figura 9 Vista da Ampliação do Museu do Prado 60
Figura 10 Vista da Nova Pinacoteca de Munique 60
Figura 11 Vista do Kingston Museum 62
Figura 12 Vista do Écomuseé Creusot-Montceau 62
Figura 13 Vista do Museu do Vinho, em Redondo 63
Figura 14 Vista do Dulwich Picture Gallery 64
Figura 15 Vista do Altes-Museum 65
Figura 16 Vista do Neues Museum 65
Figura 17 Vista da Antiga Galeria Nacional 66
Figura 18 Vista do Kaiser-Friederich-Museum 66
Figura 19 Vista do British Museum 67
Figura 20 Vista do Ashmolean Museum 67
Figura 21 Vista da Tate Gallery 68
Figura 22 Vista do The Museum of Fine Arts 68
Figura 23 Vista do Cleveland Museu of Art 69
Figura 24 Vista do Philadelphia Museum of Art 69
Figura 25 Vista da National Gallery of Art, Washington, DC 69
Figura 26 Vista do Alte-Pinakothek 70
Figura 27 Vista do Centre Pompidou 70
Figura 28 Vista do Musée d`Orsay 71
Figura 29 Vista do Museu Guggenheim, Nova Yorque 71
Figura 30 Vista da Nova Galeria Estatal de Stuttgart 72
Figura 31 Processo de criação de um museu 73

Figura 32 Vista do Palazzo Abatellis em Palermo 76
Figura 33 Vista dos Palazzos Bianco e Rosso em Génova 76
Figura 34 Vista do Musée Picasso em Paris 76
Figura 35 Vista do Abteiberg Museum, em Mönchengladbach 78
Figura 36 Vista do Museum of contemporary art Los Angeles 79
Figura 37 Vista da Fundação Pilar e Joan Miró de Mallorca 79
Figura 38 Vista do Museu Nacional do Traje, Lisboa 82
Figura 39 Vista do Museu Geológico de Lisboa 83
Figura 40 Vista do Museu de História Natural de Lisboa 84
Figura 41 Vista do Museu Soares dos Reis, Porto 85
Figura 42 Vista do Museu de História Natural na Univ. Coimbra 87
Figura 43 Vista do Museu do Oriente, Lisboa 88
Figura 44 Vista do Museu de Serralves, Porto 89
Figura 45 Vista do Museu de Santa Clara a Velha, em Coimbra 91
Figura 46 Vista do Centro Cultural de Belém, Lisboa 93
Figura 47 Esquema de orientação para plantação de arvoredo de proteção 102
Figura 48 Esquema da interferência do clima nos edifícios 104
Figura 49 Esquema do arrefecimento evaporativo indireto num edifício 106
Figura 50 Esquema de ventilação híbrida num edifício 108
Figura 51 Imagem de um Luxímetro 114
Figura 52 Imagem de um Medidor de raios U. V. 114
Figura 53 Diagrama de Mollier 118
Figura 54 Imagem de um Psicrómetro de Funda 119
Figura 55 Imagem de um Termohigrógrafo 120
Figura 56 Imagem de um Desumidificador de condensação 120
Figura 57 Imagem de um Humidificador de pulverização 121
Figura 58 Imagem de um Higrostato 121
Figura 59 Alguns valores de referência dos diferentes ruídos 130
Figura 60 Imagem de um Sonómetro 131
Figura 61 Esquema ilustrativo dos tipos de energias renováveis 150
Figura 62 Esquema da geração de energia hídrica 152

Figura 63 Imagens de turbinas de muito baixa queda de água 153
Figura 64 Esquema de funcionamento das centrais mini-hídricas 156
Figura 65 Esquema para a obtenção da energia das marés 161
Figura 66 Esquema de funcionamento de um moinho de maré 162
Figura 67 Vista da central de Rance 163
Figura 68 Vista de uma turbina subaquática de energia das marés 166
Figura 69 Esquema da distribuição global da potência das ondas por kW/m de frente de onda 170
Figura 70 Esquema de funcionamento de uma central transformadora de energia 172
Figura 71 Vista de um flutuador de produção de eletricidade 172
Figura 72 Esquema de funcionamento de uma coluna de água oscilante 173
Figura 73 Vista de uma central AWS a ser colocada no local de captação de energia 174
Figura 74 Esquema de um sistema de funcionamento AWS 175
Figura 75 Vista de um Pelamis-conversor de energia 175
Figura 76 Vista de um módulo de potência Pelamis 175
Figura 77 Esquema de captação vertical da energia geotérmica 180
Figura 78 Esquema de captação horizontal da energia geotérmica 181
Figura 79 Esquema de captação em lençol freático da energia geotérmica 182
Figura 80 Imagem de grelhas difusoras aplicadas em tetos 185
Figura 81 Vista do Broklyn Children's Museum, em New York 186
Figura 82 Vista da Science House Works, em Minnesota 186
Figura 83 Vista da central geotérmica de Larderello, Toscania 189
Figura 84 Vista da central que utiliza energia geotérmica, proveniente do calor do interior da Terra para gerar energia elétrica 190
Figura 85 Vista da central Geotérmica na Ribeira Grande S. Miguel, Açores 191
Figura 86 Esquema da composição da Biomassa 195
Figura 87 Gráfico relacionando a altura das turbinas com a sua capacidade de produção 202
Figura 88 Esquema com a ilustração da variação da velocidade do vento no tubo de corrente 203
Figura 89 Imagem de uma turbina de eixo horizontal equipada 204
Figura 90 Imagem de turbina eólica de eixo vertical 204

Figura 91 Imagem de turbina eólica de eixo horizontal 204
Figura 92 Imagem de um rotor eólico 205
Figura 93 Esquema usado para espaçamento aconselhado entre turbinas 206
Figura 94 Gráfico da curva de potência de um aerogerador 207
Figura 95 Gráfico da distribuição de velocidade de Rayleigh 207
Figura 96 Gráfico da distribuição da energia produzida em função da velocidade 208
Figura 97 Gráfico da curva do coeficiente de potência de um aerogerador 208
Figura 98 Esquema da anatomia do Sol 213
Figura 99 Esquema da radiação solar e o sistema terra-atmosfera 214
Figura 100 Esquema dos ângulos de incidência do sol consoante as estações do ano 215
Figura 101 Esquema da condutibilidade térmica através de parede isolada 216
Figura 102 Esquema de uma central solar ou torre de potência 218
Figura 103 Esquema da disposição dos espelhos face à torre de potência 219
Figura 104 Esquema de funcionamento de um coletor térmico 224
Figura 105 Esquema de um sistema de aquecimento solar 224
Figura 106 Distribuição solar em superfície horizontal e seu potencial elétrico 227
Figura 107 Distribuição solar em superfície inclinada otimizada e seu potencial elétrico 228
Figura 108 Extrato da patente da primeira célula solar registada, em Março de 1954 por D. M. Chapin. 230
Figura 109 Aplicação de célula solar em rede telefónica, Americus, na Geórgia, E. U. A. 231
Figura 110 Imagem do satélite Vanguard I 232
Figura 111 Distribuição por países da energia fotovoltaica acumulada 238
Figura 112 Percentagens acumuladas das energias referentes aos sistemas Grid-Connected e Off-Grid 239
Figura 113 Esquema indicador da incidência da radiação solar numa célula fotovoltaica 240
Figura 114 Imagens de células de silício monocristalino: a)-normal; b)-semitransparente e c)-de alta eficiência 241
Figura 115 Imagem de célula de silício policristalino 241
Figura 116 Imagens de células de silício amorfo: a) - normal; b) - de película fina 242
Figura 117 Imagem de célula de filmes finos 242
Figura 118 Esquema da conversão da radiação solar em energia elétrica 244

Figura 119 Esquema de funcionamento de uma célula fotovoltaica 245
Figura 120 Eficiência da conversão energética de diferentes células ao longo do tempo 246
Figura 121 Previsão de eficiência de células fotovoltaicas para diferentes tecnologias 247
Figura 122 a)- Célula solar isolada; b) - Módulo solar composto de várias células; c) - Painel solar composto de vários módulos 248
Figura 123 Gráfico da produção mundial de células fotovoltaicas durante o ano de 2008 250
Figura 124 Gráfico da produção mundial de células fotovoltaicas durante o ano de 2009 250
Figura 125 Gráfico da capacidade mundial acumulada de produção de energia Fotovoltaica 251
Figura 126 Gráficos da capacidade fotovoltaica instalada no ano de 2009 253
Figura 127 Gráfico da produção anual de módulos fotovoltaicos e por regiões 253
Figura 128 Gráfico da produção mundial anual de módulos fotovoltaicos e previsão até 2014 254
Figura 129 Gráfico da produção europeia anual de módulos fotovoltaicos e previsão até 2014 255
Figura 130 Gráfico da evolução do preço dos módulos e sistemas fotovoltaicos, com o efeito da inflação 256
Figura 131 Gráfico do Índice kWh/Wp em sistemas fotovoltaicos autónomos ligados à rede 257
Figura 132 Organigrama dos tipos de células solares 259
Figura 133 Esquema dos rendimentos solares fotovoltaicos face à exposição solar 268
Figura 134 Módulo flexível incorporando células de filmes finos 269
Figura 135 Módulo flexível incorporando células de filmes finos 269
Figura 136 Módulo flexível incorporando células de filmes finos 270
Figura 137 Telhas solares fotovoltaicas incorporando células de filmes finos 270
Figura 138 Telhas solares fotovoltaicas incorporando células de filmes finos 270
Figura 139 Cobertura com telhas solares fotovoltaicas incorporando células de filmes finos 270
Figura 140 Vista de módulo com células de filmes finos, em envidraçado 271
Figura 141 Vista de módulo opaco com células de filmes finos, em envidraçado 271
Figura 142 Vista de módulo opaco com células de filmes finos, em envidraçado 271

Figura 143 Vista de módulo com células de filmes finos, em envidraçado 272
Figura 144 Vista de um painel solar fotovoltaico com aplicações múltiplas 272
Figura 145 Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 275
Figura 146 Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KWp de potência instalada 275
Figura 147 Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KWp de potência instalada 276
Figura 148 Estimativa numérica mensal de produção de energia elétrica por cada 1KW de potência instalada 277
Figura 149 Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 278
Figura 150 Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 279
Figura 151 Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 280
Figura 152 Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 281
Figura 153 Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 282
Figura 154 Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 283
Figura 155 Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 284
Figura 156 Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 285
Figura 157 Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 286
Figura 158 Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada 287
Figura 159 Esquema de um sistema solar fotovoltaico usando baterias para armazenamento do excesso de produção 288

Figura 160 Esquema de um sistema solar fotovoltaico para produção de energia e/ou colocá-la na rede de distribuição geral 289
Figura 161 Vista de edifício com integração de painéis solares fotovoltaicos 291
Figura 162 Vista de estacionamento automóvel com integração de painéis solares fotovoltaicos 291
Figura 163 Vista de um sistema fotovoltaico integrado na cobertura da Science House,Minnesota 293
Figura 164 Leituras semanais da produção de energia fotovoltaica em kWh entre os anos 2006 e 2008 293
Figura 165 - Leituras semanais dos consumos de energia fotovoltaica em kWh entre os anos 2006 e 2008 294
Figura 166 Leituras semanais das temperaturas locais exteriores, temperatura interior de conforto e consumo de energia com o aquecimento, no ano de 2008 295
Figura 167 Vista das fachadas do Brooklyn Children's Museum, mostrando o sistema solar fotovoltaico integrado 296
Figura 168 Quadro para leitura da produção de energia solar ao longo de cada mês 297
Figura 169 Vista de painéis solares fotovoltaicos no Palácio de Belém 298
Figura 170 Vista de pormenor do revestimento de fachada com painéis solares 300
Figura 171 Vista da utilização de células solares em envidraçados 301
Figura 172 Vista da fachada de um edifício com aplicação de módulos solares Fotovoltaicos 301
Figura 173 Vista de um telhado de um edifício com aplicação de telhas solares fotovoltaicas 302
Figura 174 Relação dos custos de investimento em revestimentos 302
Figura 175 Planta de localização do novo Museu de Arte Contemporânea de Faro 306
Figura 176 Planta do Piso 0 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro 307
Figura 177 Planta do Piso 1 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro 308
Figura 178 Planta do Piso 2 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro 309
Figura 179 Planta do Piso 3 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro 309
Figura 180 Planta do Piso 4 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro 310
Figura 181 Planta do Piso 5 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro 310
Figura 182 A irradiação solar no Algarve 311

Figura 183 Insolação anual para a cidade de Faro 311
Figura 184 Irradiação solar horizontal e ótima e anual na cidade de Faro 312
Figura 185 Trajetos solares diários na cidade de Faro (Março e Junho) 313
Figura 186 Trajetos solares diários na cidade de Faro (Setembro e Dezembro) 313
Figura 187 Trajetos solares para a cidade de Faro ao longo do ano, função da Inclinação do Sol e desde que nasce até pôr-se 314
Figura 188 Curvas características de um módulo fotovoltaico 314
Figura 189 Curvas características da potência de um módulo fotovoltaico 316
Figura 190 Identificação em planta das diferentes zonas solares consideradas para os cálculos 318
Figura 191 Alguns dos dados para o cálculo da produção de energia na zona virada a Sul 320
Figura 192 Alguns dos dados para o cálculo da produção de energia na zona virada a SW 320
Figura 193 - Alguns dos dados para o cálculo da produção de energia na zona virada a Norte 320
Figura 194 Distribuição dos valores mensais e diários referentes à produção de energia elétrica para a zona virada a Sul 322
Figura 195 Representação gráfica mensal ao longo do ano da produção de energia elétrica para a zona virada a Sul 322
Figura 196 Distribuição dos valores mensais e diários referentes à produção de energia elétrica para a zona virada a SW 323
Figura 197 Representação gráfica mensal e diária ao longo do ano da produção de energia elétrica para a zona virada a SW 324
Figura 198 Distribuição dos valores mensais e diários referentes à produção de energia elétrica para a zona virada a Norte 325
Figura 199 Representação gráfica mensal e diária ao longo do ano da produção de energia elétrica para a zona virada a Norte 325
Figura 200 Resumo geral dos valores mensais e diários referentes à produção total de energia elétrica para a solução global considerada 326
Figura 201 Representação gráfica mensal e diária ao longo do ano da produção total de energia elétrica para a solução global considerada 327

Figura 202 Demonstração dos valores dos consumos de energia elétrica produzida por este sistema fotovoltaico ao longo do prazo definido 328
Figura 203 Evolução do estudo económico numérico do sistema fotovoltaico considerado para um período de 26 anos 330
Figura 204 Evolução gráfica do estudo económico deste sistema fotovoltaico para o período de 26 anos 331
Figura 205 Espaços e consumos energéticos com a iluminação 332
Figura 206 Aplicabilidade de energias renováveis em edifícios de Museus - Quadro resumo 338

Introdução

Algumas questões prévias

A tese que nos propomos desenvolver no campo científico da Museologia e subordinada ao tema das energias renováveis, com maior enfoque na energia fotovoltaica aplicadas a edifícios onde estão instalados Museus, colocou-nos perante a necessidade de analisar prévia e cuidadosamente algumas questões relacionadas com a pertinência da presente investigação dentro do âmbito pretendido.

Efetivamente, algumas das constatações que desde logo nos fomos apercebendo conduziram-nos à elaboração do presente plano de investigação, tendo como base a problemática que a seguir referimos:

- Por um lado, a atual situação ambiental crítica do nosso Planeta, que se apresenta como uma preocupação transversal a todas as ciências e ramos do saber contemporâneo;
- Por outro lado, e em consequência dos estudos e análises efetuados à referida situação, o surgimento da convicção generalizada de que a preservação ambiental tem que ser hoje encarada como o único caminho capaz de garantir, não só a sobrevivência do Ser Humano e das restantes espécies, bem como da biodiversidade natural.

Destas preocupações inferiu-se claramente, que é também do interesse da Museologia, refletir sobre os termos da sua contribuição, enquanto ciência aplicada e comprometida com uma função preservacionista, para a desejada sustentabilidade ambiental.

Apesar da relação entre a Museologia e o Ambiente se encontrar devidamente sustentada, algumas interrogações se nos colocaram para reflexão, como sejam:

- de que modo a museologia reflete sobre a preservação ambiental?
- em que áreas específicas pode a Museologia atuar e contribuir para a preservação ambiental e das espécies?
- em que medida se relacionam estas preocupações com a definição de Museologia e o seu campo de estudo?
- como se estabelece a relação da questão ambiental com o trabalho desenvolvido pelos Museus?
- será que a preservação ambiental tem alguma relação com a preservação patrimonial, que é uma das funções de base da Museologia?

Considera-se portanto oportuno acrescentar algo que conduza à compreensão, de uma forma inequívoca, das relações existentes entre Museologia e Ambiente.

Começámos por explorar o significado e conteúdo que foi sendo atribuído à Museologia, em consequência das mudanças paradigmáticas ocorridas ao longo dos tempos e que trouxeram verdadeiras alterações ao modo como esta foi sendo entendida e utilizada pelo Ser Humano. Com esta finalidade, iremos fazer uma sucinta abordagem ao que significou e como se verificou a evolução e mudança da visão e tratamento da Museologia, essencialmente a partir do século passado.

A Museologia limitou-se inicialmente e durante muito tempo, ao estudo dos Museus. Estes eram então considerados como repositórios de objetos a maior parte dos quais doados por pessoas abastadas e ligadas ao poder e cuja motivação para esta atitude era a validação e a manutenção da hegemonia e do poder político e económico que detinham.

Esta visão da Museologia revestia-se de uma perspetiva estática e ao mesmo tempo redutora. Associada a ações preservacionistas sobre objetos patrimoniais, apesar deles próprios denunciarem o evoluir e a dinâmica da História das sociedades humanas, ao serem inseridos no contexto museal, pareciam perder a capacidade para refletir e manifestar esse dinamismo.

No entanto, como nada daquilo em que o Ser Humano interfira permanece estático, assistimos no século XX à alteração do paradigma museológico instalado, destacando-se o aparecimento de uma nova abordagem à Museologia que, na altura, foi designada de Nova Museologia e mais recentemente de Sociomuseologia ou Museologia com preocupações sociais.

Esta nova conceção da Museologia trouxe um enriquecimento a esta ciência e originou uma mudança radical na perspetiva sobre a materialidade dos acervos que antes vigorava. Ao introduzir-se na Museologia uma visão humanizada sobre os Museus, a qual, logicamente se estendeu ao património, deu-se um passo em frente de extraordinária importância, na medida em que se passou a envolver na prática museológica, as respetivas comunidades. E uma vez as comunidades envolvidas, o Museu assumiu o papel próprio destas entidades vivas e dinâmicas, expressando todas as suas forças e fragilidades, nos importantes aspetos das suas vivências: sociais, económicos, políticos, culturais, filosóficos, simbólicos, científicos, tecnológicos.

Sem pretendermos desviar do tema da Museologia, mas antes com o objetivo de tornar mais compreensível a nossa adesão à questão da Ecologia e do Ambiente e respetivos programas de sustentabilidade, considerámos importante reportarmo-nos às profundas

alterações que, em termos económicos e produtivos, se verificaram a partir do século XVIII, com especial incidência na segunda metade do século XIX.

A profunda industrialização dos vários setores de atividade económica provocou uma transformação nunca antes verificada, não só na organização das sociedades como também nas condições ambientais. Chegámos assim à sociedade contemporânea, com um nível científico e tecnológico de elevada sofisticação, mas com níveis de poluição e destruição dos ecossistemas que tornaram o Ser Humano vítima do seu próprio desenvolvimento. Foi então que, pela primeira vez, a humanidade pareceu ter tomado consciência de que também ela própria faz parte integrante do meio envolvente e que dele depende para sobreviver enquanto espécie.

É assim que se constata que parte do problema ambiental atual radica na utilização de energias de origem fóssil, para o consumo industrial, daqui resultando graves consequências para a sobrevivência dos Seres vivos, que por força da persistência da utilização deste tipo de energias, se encontram à beira de atingir um ponto de não retorno.

É nosso entendimento, e neste trabalho vamos assumi-lo como pressuposto confirmado, que a utilização das energias renováveis é uma parte importante e imprescindível para a resolução da situação ambiental, que, neste momento, já se apresenta na forma de catástrofe ambiental.

Dada a premência de risco global que advém da constante degradação ambiental, é lógico e natural que esta matéria esteja presente nos vários ramos da ciência e esteja a ser cada vez mais analisada com a máxima preocupação e que surja como uma prioridade integrada nos projetos políticos e económicos de todo o mundo.

Com o objetivo de analisar e estudar a situação ambiental do Planeta Terra têm sido organizadas, desde há algumas décadas, conferências mundiais sobre as alterações e sustentabilidade climáticas, de onde têm surgido propostas para assinatura de protocolos pelos países em que a industrialização assume níveis de tal modo elevados que, por esse facto, se pode afirmar que recai sobre eles uma incomensurável responsabilidade relativamente à destruição dos ecossistemas e biodiversidade, tendo portanto, os referidos protocolos, o objetivo de conduzir esses países a assumirem práticas que concorram para que a preservação ambiental possa ser uma realidade a muito curto prazo.

É neste contexto que começamos a assistir ao desenvolvimento e ao investimento em novas tecnologias direcionadas para a captação das energias renováveis, em detrimento dos

combustíveis fósseis e poluentes, de forma a tornar os seus custos aceitáveis, o que tem concorrido para um manifesto interesse e aceitação pelo seu uso a nível mundial.

No que respeita à Museologia e a comprovar a viragem na sua conceptualização e prática, podemos referir vários documentos redigidos no seguimento de Conferências, Mesas-Redondas e Encontros que reuniram entidades de vários países e retratam as preocupações, não só a nível nacional mas também a nível internacional, sobre a relação entre a Museologia, a Sociomuseologia, os Museus e o Ambiente, questões que iremos abordar seguidamente.

A escolha do tema

Apresentar uma tese de doutoramento em Museologia, mais especificamente em Sociomuseologia com uma temática relacionada com as energias renováveis, e a sua aplicação aos edifícios onde se encontram instalados Museus, exige do nosso ponto de vista, uma explicação apurada sobre a razão que se encontra na base da decisão tomada e uma clarificação específica relativamente à inter-relação que existe entre dois ramos da ciência que, à partida, parece nada terem em comum.

Começamos por verificar e referir que ainda hoje se lida com uma definição de Museologia que não a associa exclusivamente aos Museus, podendo ainda recordar que, até à década de setenta, do século XX, a Museologia era definida como a ciência dos Museus e de tudo o que a estes dizia respeito.

Se agora colocarmos num prato da balança, o enquadramento teórico e conceptual que atrás referimos relativamente à Museologia e, no outro, a questão ambiental com todos os problemas que acarreta para o Ser Humano, entendemos a justificação e a necessidade do desenvolvimento de uma tese sobre energias renováveis aplicadas a edifícios onde estejam instalados Museus.

O surgimento de uma Nova Museologia que vem propor trabalhar intimamente com as comunidades alterando, deste modo, o entendimento do que é acervo dos Museus, alarga a noção de património não só àquele que detém envolvência cultural mas também ao que, pela sua localização, possui enquadramento natural. Assistimos, consequentemente, ao rompimento com a definição clássica de Museu como sendo um somatório de uma coleção + um público + um edifício, daqui resultando a exigência de uma fundamentação mais elaborada da nossa escolha.

A Nova Museologia surgiu não só no âmbito de uma crise dos Museus, ocorrida a seguir aos meados do século XX, mas também a partir de uma revolução paradigmática e de

uma rutura epistemológica que caracterizou as ciências sociais na década de setenta do século passado, onde a Museologia se encontrava incluída.

Esta Nova Museologia caracteriza-se por deslocar o foco de atenção das coleções para o indivíduo e a comunidade, por considerar que os museus têm uma função social a cumprir não podendo continuar a trabalhar afastados da envolvente tanto social como ambiental, por entender o património num sentido lato abrangendo as categorias cultural, material e imaterial, e natural, por considerar que os museus podem e devem desempenhar um papel no desenvolvimento da sociedade utilizando o património musealizado como recurso e por trabalhar com uma vertente interdisciplinar assumindo os museólogos como trabalhadores sociais. (Hugues de Varine, 1987, 1992; Mário Moutinho, 2000, 2007; Cristina Bruno, 1996, 1997; Mário Chagas, 1990, 1994, 2002, 2007).

Para se chegar a este estádio de formulação da Museologia foram necessários vários passos e ultrapassar várias etapas, das quais destacamos a realização da Mesa Redonda de Santiago do Chile em 1972, de onde saiu um documento fundamental para o repensar da Museologia e dos Museus: a Declaração de Santiago do Chile.

Outro momento determinante para a evolução para uma Nova Museologia deu-se com a Declaração do Québec, resultante do Atelier Internacional Ecomuseus/Nova Museologia, realizado em 1984. Neste encontro foi constituído o Movimento Internacional para uma Nova Museologia (MINOM) que tem sido um dos principais contributos para a consolidação de uma prática que identificamos com a Nova Museologia.

Mais recentemente e com grande destaque para a Museologia portuguesa e brasileira, tem-se falado em Museologia Social ou Sociomuseologia, ultrapassando-se a designação Nova Museologia que se referia a um movimento, corrente do pensamento e prática museal já com cerca de quatro décadas de idade.

Verificamos contudo que, tanto a Nova Museologia, como a Sociomuseologia dão grande atenção às preocupações ambientais, assumindo o ser humano integrado no meio ambiente e considerando este como património, cabendo às sociedades assegurar a sua preservação e sustentabilidade. Neste sentido, à Sociomuseologia interessam todas as formas, tecnológicas e científicas que permitam a manutenção da qualidade ambiental a longo prazo bem como a sua sustentabilidade.

O tema escolhido para o desenvolvimento desta tese assenta assim na possibilidade real, face ao desenvolvimento tecnológico existente, da instalação em edifícios construídos de raiz, ou edifícios reabilitados/remodelados destinados a Museus, de equipamentos que

produzam e forneçam energias limpas e renováveis, contribuindo-se deste modo para a sustentabilidade económica dos Museus e para a sustentabilidade ambiental do Planeta.

Desta forma, os edifícios/museus têm a possibilidade de se tornar exemplos vivos e reais da salvaguarda do património ambiental, ao mesmo tempo que preservam de um modo mais qualificado, os patrimónios formados pelas coleções e pelas temáticas patrimoniais e questões sociais que neles são abordadas.

A problemática

A questão ambiental impôs-se como um problema premente no final da década de sessenta e na década de setenta do século XX. São reflexo dessa preocupação e do *mainstreaming* de ambiente que surgiu com o desenvolvimento da ecologia, as diversas Cartas, Convenções e Recomendações Internacionais da época, que se constituem como as primeiras tentativas organizadas a nível mundial para a preservação do património natural.

Encontramos, como exemplos dessa preocupação mundial com o ambiente, os diplomas produzidos no seio da ONU/UNESCO, ICOMOS e Conselho da Europa, que passamos a referir, por constituírem um dos substratos teóricos que fundamentam a temática da nossa tese no campo científico da Museologia.

Em 1971 foi assinada a "Convenção Relativa às zonas húmidas e de importância internacional" (UNESCO) que reconhecia a interdependência do Ser Humano com o seu meio ambiente.

Logo no ano seguinte, em 1972, em Paris, foi elaborada e assinada a "Convenção do Património Mundial, Cultural e Natural" da UNESCO. Nesta Convenção assumiu-se o património natural a par do património cultural, admitindo-se que "devem ser considerados na sua globalidade como um todo homogéneo". Propõe-se que esse património global seja objeto de ações de preservação e projeção. Está estabelecido no artigo 2.º da Convenção:

> "Nos termos da presente Convenção são considerados como 'património natural':
>
> Os monumentos naturais constituídos por formações físicas e biológicas ou por conjuntos dessas formações com valor universal excepcional do ponto de vista estético e científico,
>
> As formações geológicas e fisiográficas e as zonas estritamente delimitadas constituindo o habitat de espécies animais e vegetais ameaçadas, com valor excepcional do ponto de vista científico ou da conservação;
>
> Os locais naturais ou as zonas naturais estritamente delimitados, possuindo um valor universal excepcional do ponto de vista científico, da conservação ou da beleza natural." (in: Primo, 1999, 107).

Importa destacar que a "Convenção do Património Mundial, Cultural e Natural" (UNESCO, 1972) admitia como património natural as paisagens com valor estético, o que abriu a possibilidade de integrar vastas e diversificadas áreas de território e sujeitá-las às medidas de preservação patrimonial. A Convenção estabeleceu para cada Estado subscritor, a obrigatoriedade de desenvolver políticas que atribuam uma função ao património, tanto cultural como natural, na vida das coletividades.

Em 1976, o ICOMOS – Conselho Internacional de Monumentos e Sítios – manifesta na "Carta de Turismo Cultural" a preocupação com o entorno do Ser Humano e dos monumentos e, na "Carta de Nairobi", produzida pela UNESCO nesse mesmo ano, definia-se como "ambiência" dos conjuntos históricos ou tradicionais, "o quadro natural ou construído que influi na percepção desses conjuntos" e reiterou-se a necessidade de incluir o entorno nas medidas de preservação patrimonial. (in: Primo, 1999, 157-175).

Em 1976, o Conselho da Europa produziu o chamado "Apelo de Granada" sobre a arquitetura rural no ordenamento do Território. Este documento vai ainda mais longe que os anteriores e considera que a paisagem rural está ameaçada de extinção. A excessiva exploração da natureza, nomeadamente pela industrialização, traz como consequências "desequilíbrios ecológicos perigosos" que provocam alterações estruturais dos "traços característicos da paisagem como sebes, declives, pequenos bosques, ribeiros, etc." (in: Primo, 1999, 177-182). Este documento propunha que à paisagem rural se associasse, não apenas um valor estético, mas "o testemunho de uma sabedoria popular", assimilando a paisagem ao património cultural, falando-se em "conservação integrada" (in: Primo, 1999,178).

Mais alarmante no que respeita à necessidade de preservação do ambiente natural, estendendo-o à escala planetária, é o texto da "Declaração sobre as Responsabilidades das Gerações Presentes para com as Gerações Futuras" produzida pela ONU em 1997.

Este documento reveste-se de extrema importância ao chamar a atenção para a preservação ambiental como condição determinante para a sobrevivência do ser humano enquanto espécie. Já não estamos apenas perante a necessidade de preservar os vestígios culturais do Ser Humano, mas assegurar a nossa continuidade na Terra, a das gerações futuras e das restantes espécies.

A Declaração sobre as responsabilidades das gerações presentes para com as gerações futuras, considera que a destruição do meio ambiente constitui uma ameaça para a sobrevivência das gerações futuras conforme está patente nos artigos 4.º e 5.º:

> **"Article 4 - Préservation de la vie sur Terre**
> Les générations présentes ont la responsabilité de léguer aux générations futures une Terre qui ne soit pas un jour irrémédiablement endommagée par l'activité humaine. Chaque génération, recevant temporairement la Terre en héritage, veillera à utiliser raisonnablement les ressources naturelles et à faire en sorte que la vie ne soit pas compromise par des modifications nocives des écosystèmes et que le progrès scientifique et technique dans tous les domaines ne nuise pas à la vie sur Terre.
> **Article 5 - Protection de l'environnement**
> 1. Afin que les générations futures puissent bénéficier de la richesse des écosystèmes de la Terre, les générations présentes devraient oeuvrer pour un développement durable et préserver les conditions de la vie, et notamment la qualité et l'intégrité de l'environnement." [1]
>
> (In:http://portal.unesco.org/la/conventions_by_country.asp?language=E&typeconv=1&contr=PT). (Sublinhado nosso).

Este texto reforça o fundamento e justificação da escolha do tema da nossa tese de doutoramento: se compete à humanidade do presente gerir a Terra que recebeu em herança e transmiti-la às gerações futuras, em condições que permitam a continuidade da vida e dos ecossistemas, e se aquilo que se propõe é o desenvolvimento sustentável que preserve a vida, a qualidade e a integridade do ambiente, então o recurso às energias renováveis pelos Museus integra-se neste movimento de responsabilização das gerações presentes.

Parece-nos aliás que os Museus enquanto instituições que têm uma função preservacionista - independentemente de se tratar de Museus que lidam com coleções materiais ou de Museus que lidam com o social e a comunidade - devem servir de exemplo na utilização das energias renováveis, como uma forma de contribuir para a sustentabilidade do Planeta.

Referimos por fim, neste olhar sobre a legislação internacional, a "Declaração Universal sobre a Diversidade Cultural" (UNESCO, 2001) que considera a biodiversidade e o património natural como fazendo parte da diversidade cultural, indo ao encontro da proposta de conservação integrada.

Os documentos aqui referidos resumidamente testemunham e contextualizam as preocupações ambientais sobretudo as que recaem sobre o património natural, situação que

[1] Tradução livre: "Artigo 4.º. Preservação da vida na Terra. As gerações presentes têm a responsabilidade de legar às gerações futuras uma Terra que não fique um dia irremediavelmente estragada pela actividade humana. Cada geração, recebendo temporariamente a Terra em herança, zelará pela utilização razoável dos recursos naturais e de maneira que a vida não seja comprometida por modificações nocivas dos ecossistemas e que o progresso científico e técnico em todos os domínios não prejudique a vida na Terra; Artigo 5.º. Protecção do ambiente. 1. Para que as gerações futuras possam beneficiar da riqueza dos ecossistemas da Terra, as gerações presentes deveriam trabalhar por um desenvolvimento durável e preservar as condições da vida, nomeadamente a qualidade e a integridade do ambiente."

naturalmente se articula com as inquietações com o património cultural, o trabalho dos Museus e a reflexão teórica sobre a Museologia.

Consideramos curioso e, por isso o referimos aqui que, talvez a primeira relação entre Museus e meio ambiente tenha surgido ainda no século XIX com a criação dos Museus de História Natural e os Jardins Botânicos, que tinham subjacente uma ação preservacionista e de estudo das espécies que consideravam como património. Mas estes museus oitocentistas não consideravam o meio ambiente como elemento constituinte do todo patrimonial que preservavam. Também não consideravam o Ser Humano como fazendo parte da diversidade biológica e natural e em relação de dependência com as restantes espécies e ecossistemas. Nestes Museus as espécies eram conservadas vivas ou apresentadas embalsamadas, por motivos de exotismo, raridade, deleite e espanto. Contudo, foram a primeira ação dos Museus no sentido da preservação ambiental e das espécies.

A primeira grande expressão museal conceptualizada relacionada com o ambiente deu-se com o aparecimento dos Ecomuseus em França, na década de setenta do século XX, vindo ao encontro das políticas oficiais de defesa do meio ambiente daquela época.

Conceito criado por Georges Henry Rivière em 1971 (1971/1993) e Hugues de Varine (1978), o Ecomuseu visava dar resposta às preocupações ambientais que estavam na ordem política internacional.

A principal característica do Ecomuseu foi o alargamento da área de trabalho da instituição museal. Este deixou de estar delimitado por um edifício, uma coleção e um público e passou a integrar um Território, um Património e uma População, englobando a dimensão espacial, temporal e social na sua definição.

Com os Ecomuseus foi preconizada uma nova tipologia de Museu, que valorizava e considerava o ambiente global do Ser Humano, associando o público ao conhecimento e à defesa do meio ambiente (Varine, 1978). Neste novo Museu, a coleção perde importância em proveito do património coletivo. O objeto de estudo, de trabalho e de divulgação do Museu era agora o Ser Humano, visto numa perspetiva global e na interação com o seu meio.

Georges Henri Rivière, entre 1973 e 1980, trabalhou numa definição evolutiva de ecomuseu tendo-se fixado no seguinte texto:

> "Un ecomuseo es un instrumento que un poder público y una población conciben, fabrican y explotan conjuntamente…
>
> Un espejo en el que esa población se mira, para reconocerse en él, donde busca la explicación del territorio al que está unido, junto al de las poblaciones que la han precedido, en la discontinuidad o la continuidad de las generaciones…

> Una expresión del hombre y de la naturaleza. El hombre es allí interpretado en su medio natural. La naturaleza está en su salvajismo, pero tal y como la sociedad tradicional y la sociedad industrial han adaptado su imagen.
>
> Una expresión del tiempo…
>
> Una interpretación del espacio. De espacios escogidos, donde el visitante pueda reposar, o caminar.
>
> Un laboratorio, en la medida en que contribuye al estudio histórico y contemporáneo de esa población y de su medio…
>
> Un conservatorio, en la medida en que ayuda a la preservación y a la valorización del patrimonio natural y cultural de esa población.
>
> Una escuela, en la medida en la que asocia a esa población con sus acciones de estudio y protección…
>
> … En el ecomuseo la diversidad no tiene límites habida cuenta de las diferencias existentes. La población no se encierra en si misma, sino que recibe y da." (Rivière, 1980/1993, 191-192). (Sublinhados nossos).

Destacamos desta definição de Ecomuseu de Rivière, a importância dada ao meio ambiente e ao património natural. Um Ecomuseu procura refletir sobre a população integrada no seu território, referido como o "meio natural". Por outro lado refere que a natureza é entendida em estado natural ou selvagem e considerada património natural que é necessário valorizar.

Em 1972 realizou-se a Mesa Redonda de Santiago do Chile por iniciativa da UNESCO, com a finalidade de ser discutido o papel do Museu na América Latina. Desta Mesa Redonda saiu a Declaração de Santiago do Chile que apresentou um novo conceito de Museu: o Museu integral.

Por Museu integral entendia-se aquele que proporcionava à comunidade uma visão de conjunto do meio material e cultural, e entendido como vetor do desenvolvimento, partindo do entendimento de património numa aceção global incluindo o meio ambiente. Destaca-se o papel social dos Museus em que assumem um papel de consciencializadores das populações sobre os problemas do meio rural e do meio urbano.

Das resoluções adotadas pela Mesa Redonda de Santiago destaca-se:

> "Que o Museu é uma instituição ao serviço da sociedade, da qual é parte integrante e que possui nele mesmo os elementos que lhe permitem participar na formação da consciência das comunidades que ele serve; que ele pode contribuir para o engajamento destas comunidades na acção, situando suas actividades num quadro histórico que lhe permita esclarecer os problemas actuais, isto é ligando o passado ao presente, engajando-se nas mudanças de estrutura em curso e provocando outras mudanças no interior de suas respectivas realidades nacionais". (in: Primo, 1999 a, 96-97).

A atenção dos Museus sobre a contemporaneidade e os problemas actuais das comunidades é talvez a maior contribuição da Declaração de Santiago. Trabalhar sobre o

presente permite incluir no domínio de atuação dos Museus, agora considerados como estando ao serviço da sociedade, as questões ambientais a par de outras de caráter social, económico e cultural que sejam consideradas prementes e pertinentes pelas comunidades envolvidas.

Em 1984, realizou-se no Québec, o I Atelier Internacional Ecomuseus – Nova Museologia por iniciativa do ICOM, donde saiu a Declaração do Québec considerada como o documento fundador do Movimento Internacional para uma Nova Museologia. O MINOM é formalmente constituído em 1985 e torna-se afiliado do ICOM.

A Nova Museologia proposta pelo MINOM caracteriza-se por um conjunto de enunciados, premissas e intenções que estão expressas no documento produzido pelo Grupo de Trabalho Provisório (GTP) constituído para a preparação do Atelier Internacional do MINOM em 1985 em Lisboa, onde se constituiu formalmente o MINOM. Diz o texto do GTP:

> "1. Le GTP reconnaît l'existence, à l'échelle internationale, d'un mouvement de nouvelle muséologie caractérisé par des objectifs et des pratiques communes (…)
>
> 2. Le GTP reconnaît comme représentatifs de ce mouvement des musées, des réalisations et des actions individuelles ou collectives pouvant prendre des formes variées suivant les pays et les situations particulières; les écomusées, de même que les musées de voisinage en sont les exemples les mieux connus. Le mouvement englobe de nombreuses autres réalisations et actions, parfois anonymes, plus ou moins structurées, mais présentent les mêmes caractères.
>
> Quelles que soient le différences de forme et de contenu, ces musées, ces actions et ces réalisations ont en commun les caractéristiques suivantes:
>
> Leur rôle est de faire accéder une population à une meilleure connaissance d'elle-même et de ses conditions d'existence,
>
> Ce travail muséal est caractérisé par une approche interdisciplinaire où l'être humain est situé dans son environnement naturel, social et culturel. Dans cette perspective, les concepts de "milieu" et de "contexte" prévalent sur celui d'object.
>
> Ce travail muséal utilise des méthodes et des pratiques basées sur l'engagement actif de la population.
>
> Ce travail muséal est caractérisé par des structures ouvertes et décentralisées qui tendent à se confondre avec le territoire de la population concernée.
>
> 3. La nouvelle muséologie est avant tout définie par ses préoccupations, ses prises de positions et ses actions.
>
> Le terme "nouvelle muséologie" ne doit pas être interprété dans le sens de "modernisation du musée" par des méthodes seulement "modernes" de recherche, de documentation, de gestion, d'animation, etc.
>
> 4. Le degré de "nouveauté" des réalisations caractéristiques de la nouvelle muséologie, est relatif aux contextes historique et social de pays concernés. Dans certains pays, ces réalisations peuvent apparaître comme "révolutionnaires" par rapport à la tradition muséale dominante; dans d'autres pays ces réalisations apparaissent plutôt comme le résultat d'une évolution naturelle du Musée." (Moutinho, 1989, 79-82).[2]

[2] Tradução livre: "1. O GTP reconhece a existência, à escala internacional de um movimento de nova museologia caracterizada por objectivos e práticas comuns…2. O GTP reconhece como representativos deste

Uma das características inovadoras da Nova Museologia proposta pelo MINOM foi considerar que os Museus têm um papel social a desempenhar e que estão integrados nas comunidades e no seu ambiente onde se incluem os aspetos culturais e naturais. Por outro lado, considerava que os Museus podem contribuir para o desenvolvimento das comunidades e do seu entorno utilizando o património, a própria comunidade e o território como recursos.

Decorrente desta alteração da definição de Museu, também o ICOM alterou a sua definição da instituição museal nos estatutos resultante das assembleias-gerais realizadas entre os anos de 1989 e 2001. Na definição de museu passou a estar incluído o seguinte:

> "Uma instituição permanente, sem fins lucrativos, ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberta ao público e que adquire, conserva, estuda, comunica e expõe materiais do homem e do seu meio ambiente, tendo em vista o estudo, a educação e a fruição.
>
> a) A definição de museu supracitada deve ser aplicada sem quaisquer limitações resultantes da natureza da entidade responsável, do estatuto territorial, dos sistemas de funcionamento ou da orientação das colecções da instituição em causa;
>
> b) Para além das instituições designadas 'Museus' são abrangidos por esta definição:
>
> c) os sítios e os monumentos naturais, arqueológicos e etnográficos e os sítios e monumentos históricos, com características de museu pelas suas actividades de aquisição, conservação e comunicação dos testemunhos materiais dos povos e do seu meio ambiente;
>
> d) as instituições que conservam colecções e que expõem espécimes vivos de vegetais e animais, tais como jardins botânicos e zoológicos, aquários e viveiros;
>
> e) os centros científicos e planetários;
>
> f) as galerias de arte sem fins lucrativos, os institutos de conservação e galerias de exposição dependentes de bibliotecas e de arquivos;
>
> g) as reservas naturais;
>
> h) as organizações nacionais, regionais e locais de museus, as administrações públicas que tutelam museus de acordo com a definição supracitada;
>
> i) as instituições ou organizações sem fins lucrativos que desenvolvem actividades de conservação, investigação, educação, formação, documentação e outras relacionadas com os museus e a museologia;

movimento os museus, as realizações e acções individuais ou colectivas podendo assumir várias formas segundo os países e as situações particulares; os ecomuseus e os museus de vizinhança são os exemplos mais conhecidos. Quaisquer que sejam as diferenças de forma e de conteúdo, estes museus, acções e realizações têm em comum as seguintes características: proporcionam à população um melhor conhecimento dela própria e das suas condições de existência; o trabalho museal seja caracterizado por uma abordagem interdisciplinar onde o ser humano se situe no seu ambiente natural, social e cultural. Nesta perspectiva, os conceitos de "meio" e de "contexto" prevalecem sobre o "objecto"; o trabalho museal utiliza métodos e práticas baseadas na participação activa da população; o trabalho museal se caracteriza por estruturas abertas e descentralizadas que tendem a confundir-se com o território e a população em causa. 3. A nova museologia é antes de mais definida pelas suas preocupações, as tomadas de posição e as suas acções. O termo "nova museologia" não deve ser interpretado no sentido de "modernização do museu" por métodos apenas modernos de pesquisa, documentação, gestão e animação; 4. O grau de novidade das realizações características da nova museologia é relativo aos contextos histórico e social dos países envolvidos. Em alguns países, estas realizações podem parecer como revolucionárias em relação à tradição museal dominante; noutros países, estas realizações aparecem como o resultado de uma evolução natural do museu."

> j) os centros culturais e outras instituições cuja finalidade é promover a preservação, continuidade e gestão dos recursos patrimoniais materiais e imateriais (património vivo e actividade criativa digital;
>
> k) qualquer outra instituição que o Conselho executivo, segundo opinião da Comissão consultiva, considere como detentoras de algumas ou de totalidade das características de um museu, ou que possibilite aos museus os meios de fazerem investigações nos domínios da museologia, da educação ou da formação." (Comissão Nacional Portuguesa do ICOM, 2003, 16).3

Esta definição do ICOM não faz diretamente referência à intervenção no ambiente, no entanto, face aos conceitos que enuncia podemos concluir da importância que é dada à natureza e que, naturalmente se relaciona e interage com a sustentabilidade ambiental. Considera-se como património os elementos do meio ambiente humano, as espécies vivas da natureza e as reservas naturais que incluem as paisagens.

Em 1984 surgiu a Declaração de Oaxtepec (México) que pretendia solidarizar-se com a Declaração de Santiago do Chile (1972), a Declaração do Québec (1984) e com os princípios da Nova Museologia e Ecomuseologia.

Na Declaração de Oaxtepec considera-se que o território, os patrimónios e a comunidade constituem uma unidade indissolúvel e que não é possível preservar uma sem os outros. Atribui-se às comunidades a responsabilidade pela preservação "in situ" do património que é entendido como resultante da relação entre o Ser Humano e o meio ambiente.

Outra ideia relevante para a nossa problemática resultante da Declaração de Oaxtepec é o facto de aqui se assumir uma "visão integrada da realidade" (in: Moutinho, 1989: 123 e sgs.) na qual a comunidade se identifica com o meio ambiente.

Em 1992, realizou-se em Caracas, na Venezuela, um seminário sobre a missão dos Museus na América Latina promovido pela UNESCO, donde saiu a Declaração de Caracas. Nesta declaração consideraram-se válidos os princípios enunciados em 1972 em Santiago do Chile e falou-se em Museu integrado destacando o meio ambiente e a sustentabilidade dos recursos naturais e o papel dos Museus neste objetivo.

O Museu integrado surgiu em Caracas como um instrumento para o fortalecimento da identidade das comunidades e para a tomada de consciência da preservação do meio ambiente estando o Ser Humano integrado nesse meio. Ao falar de Museu integrado (no meio ambiente) a Declaração de Caracas deu destaque à preservação e à sustentabilidade ambiental. (In. Primo, 1999, 211).

[3] Estatutos do ICOM adoptados na 16.ª Assembleia-geral (Haia, 1989), modificados pela 18.ª Assembleia-geral (Stavanger – Noruega, 1995) e pela 20.ª Assembleia-geral de Barcelona (2001).

Tanto na Declaração de Santiago como nas Declarações do Québec e de Caracas, aceita-se uma diversidade de práticas museológicas que caracterizam a Nova Museologia: Ecomuseologia, Museologia ativa, Museologia comunitária. Aceita-se igualmente a existência de diversos modelos museais tais como os Ecomuseus, Museus de vizinhança, Museus de bairro, Museus ao ar livre, Economuseus, que se caracterizam por possuírem três elementos em comum:

"- a importância dada à identidade local,

- a perspetiva ecológica que considera o Ser Humano como fazendo parte do meio ambiente ,

- e a participação da população no desenvolvimento do processo museológico." (Maure, 1984, 85-86). (Sublinhado nosso).

É importante para o desenvolvimento da nossa tese de doutoramento sublinhar esta relação entre os novos modelos de Museu que surgiram no âmbito das práticas da Nova Museologia, com as preocupações ecológicas e ambientais.

A distinção de práticas e de preocupações expressas pela Nova Museologia e pela Museologia dita convencional, levaram o museólogo Peter van Mensch (1988) a analisar as instituições museológicas surgidas nas últimas décadas do século XX. O autor sintetizou a diversidade dos espaços museológicos existentes naquela época em dois tipos, a instituição baseada na comunidade cuja ação incide na mudança social e a instituição baseada na coleção cuja ação incide na preservação material dos objetos.

Mas a existência destes dois tipos de instituições museais, em que umas são baseadas na coleção e outras na comunidade, não pressupõe a existência de duas Museologias, uma nova e uma velha Museologia, no que concordamos com Judite Primo (1999 b, 22) quando afirma que:

> "Não se pode falar de duas museologias pois o que na verdade ocorre são duas formas diferentes de actuar na "ciência" museológica. Pode-se dizer, que uma dessas formas é aquela que se preocupa basicamente com questões administrativas, documentais e preservacionistas do objecto; a outra forma de actuação está mais voltada para as necessidades e anseios sociais, assim como trabalha com a ideia de património entendido na sua globalidade e, as acções de preservação, conservação e documentação e pesquisa são feitas a partir dessa noção mais global do património". (Primo, 199b, 22). (sublinhado nosso).

Apesar de não existirem duas Museologias, torna-se claro que é a Nova Museologia que se preocupa com a preservação do património global, incluindo o natural, afastando-se do trabalho exclusivo sobre os objetos e as coleções.

Mais recentemente através da conceptualização teórica da Museologia efetuada em Portugal e no Brasil falamos em Sociomuseologia referindo-nos àquela vertente da Museologia centrada nas preocupações sociais.

Mário Moutinho (2007), um dos principais teóricos da Sociomuseologia, define-a como:

> " O que caracteriza a Sociomuseologia não é propriamente a natureza dos seus pressupostos e dos seus objectivos, como acontece em outras áreas do conhecimento, mas a interdisciplinaridade com que apela a áreas do conhecimento perfeitamente consolidadas e as relaciona com a Museologia propriamente dita". (Moutinho, 2007, 1). (sublinhado nosso).

Para Mário Moutinho (2000, 2007) a Sociomuseologia constitui uma área disciplinar ou uma abordagem que considera a Museologia como recurso para o desenvolvimento sustentável da humanidade, assente na igualdade de oportunidades e na inclusão social e económica. A Sociomuseologia pressupõe a intervenção no património cultural (tangível e intangível) e natural.

Ao reconhecer a Sociomuseologia como estando ao serviço do Ser Humano e do seu desenvolvimento, podemos considerar que esta prática museológica tem subjacente a necessidade da preservação ambiental. A valorização e fruição do património não podem contribuir para a degradação ambiental, caso contrário corremos o risco de, num futuro breve, não existirem nem o Património nem a Humanidade.

O entendimento do ambiente e do próprio Planeta Terra como sendo património a preservar relaciona-se com a progressiva criação de uma consciência coletiva da existência de uma história da Terra ou "memória da Terra" (Póvoas e Lopes, 2001) e da necessidade de a preservar.

Esta memória da Terra leva-nos a considerar o Planeta Terra como um "Museu global" (Scheiner, 2000, s/p) em que o património comum a preservar é o próprio Planeta. Este Museu global, vinculado ao conceito de memória da terra ou da biosfera, inclui as relações entre "massa e energia, no tempo, em complexidade e influenciando todos os processos de vida no planeta" (Scheiner, 2000, s/p). No Museu global, o Ser Humano confronta-se com a sua real dimensão de Ser biológico e como parte integrante desses processos.

Percebemos pela leitura dos documentos atrás mencionados e dos conceitos aqui apresentados de Nova Museologia, Sociomuseologia, Ecomuseu, memória da Terra e Museu global, que a ligação entre o campo científico da Museologia e o ambiente está bastante

aprofundada e consolidada permitindo-nos avançar com segurança com a investigação sobre as vantagens da aplicação das energias renováveis e limpas nos edifícios de Museus.

Referimos por fim, a preocupação e consciencialização dos vários países do Mundo com as alterações climáticas e possível destruição da biodiversidade e dos ecossistemas naturais quando se reuniram para assinar o protocolo de Quioto sobre a proteção ambiental através da redução das emissões de gases tóxicos.

O aproveitamento humano da energia exerceu sempre, de uma maneira direta ou indireta, um impacto tendencialmente negativo no meio ambiente, desde a construção de uma pequena represa a uma grande barragem, ou de um moinho de vento a um parque eólico e, não hesitamos em afirmar que a transformação da energia que vier a ocorrer futuramente, irá sempre continuar a causar um impacto considerável no ambiente. É importante tomarmos consciência do modo como estes impactos se traduzem em aumentos consideráveis dos níveis do aquecimento global.

Nestas circunstâncias, a adoção de hábitos mais respeitadores do meio ambiente é, sem dúvida alguma, uma das responsabilidades de maior importância dos governos dos diferentes países. A atitude dos diversos governos deve pautar-se, por conseguinte, por incentivar a investigação nas áreas científicas afins e prioritizar o uso de tecnologias menos agressivas para o meio ambiental e incentivar o uso de energias renováveis, não poluidoras, e portanto energias amigas do ambiente. Deste modo poderemos afirmar que a alteração das suas atitudes irá contribuir para a diminuição do uso das energias mais poluentes.

No protocolo de Quioto os países industrializados signatários assumiram reduzir em 5,2% suas emissões de carbono em relação aos níveis de 1990 no período de 2008 a 2012. O acordo gerou a adoção de uma série de metas de redução regionais e nacionais, tendo a União Europeia, assumido o compromisso de uma redução de 8%. Para atingir esse objetivo concordou também em aumentar a participação de energias renováveis na sua matriz energética de 6% para 12% até 2010.

Atualmente, os signatários de Quioto estão a negociar a segunda fase do acordo, que abrange:

- o período de 2013 a 2017, no qual os países industrializados deverão reduzir as suas emissões de CO2 em 18% em relação aos níveis de 1990;

- no período entre 2018 e 2022, a redução deve aumentar para 30%.

Apenas com esses cortes nas emissões de gazes nocivos teremos possibilidade de manter o aumento médio da temperatura global abaixo do limite de 2°C. Se por acaso o

aumento da temperatura média ambiental ultrapassar os 2°C, os impactos da mudança do clima serão, provavelmente, incontroláveis e irreversíveis.

Neste contexto mundial de grandes e justificadas preocupações ambientais parece-nos de interesse relevante que a engenharia civil, no âmbito da nossa formação académica de base, dê um contributo para o estudo, análise, investigação e ensino desta temática, de modo articulado com os objetivos da Sociomuseologia enquanto vertente da Museologia comprometida com a dinâmica social, com as questões da globalização, que entende que a sociedade não é estática e que aprende com a contribuição das outras ciências numa verdadeira interdisciplinaridade. Como afirma Mário Chagas (2002) "Lidar com pessoas, expor ideias, viver a mudança e trabalhar com a impermanência, são os problemas que se colocam para os Museus e para os profissionais que não querem se deixar aprisionar na cela da materialidade dos acervos." (Chagas, 2002, 31)[4].

Procuramos com este trabalho sensibilizar, de um modo especial, os projetistas, as entidades promotoras quer da construção de novos Museus, quer da remodelação ou reabilitação de espaços já existentes e ainda os profissionais dos Museus, para a implementação das energias renováveis em todos estes tipos de edifícios. Tratando-se de uma solução exequível e inequivocamente vantajosa, pela via da utilização das energias renováveis e limpas, como temos vindo a frisar, ainda que se comece com a aplicação do sistema que propomos a um número reduzido de situações, poderá contribuir para a obtenção de uma melhoria da sustentabilidade económica e ambiental nos Museus e consequentemente poderá assegurar um futuro saudável do nosso Planeta. Deste modo, contribuiremos ainda para que os Museus cumpram, mais uma vez, a sua função primeira – a de estarem ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento.

Delimitação geográfica e temporal

Para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa na área das energias renováveis aplicáveis aos Museus, descreveremos o estado em que se encontram alguns destes tipos de edifícios no nosso país, a saber: Museu Nacional do Traje em Lisboa, Museu Geológico de Lisboa, Museu de História Natural em Lisboa, Museu Nacional Soares dos Reis no Porto, Museu da História Natural na Universidade de Coimbra, Museu do Oriente em Lisboa, Museu

[4] Citação original em Português utilizado no Brasil

de Arte Contemporânea de Serralves no Porto, Museu de Santa Clara - a -Velha em Coimbra e Centro Cultural de Belém em Lisboa.

A opção em escolhermos e analisarmos este conjunto de Museus e Centro Cultural que contem um Museu, deve-se ao facto de serem representativos de diferentes tipos de construção e com idades distintas.

O critério usado para esta seleção prendeu-se com o tipo de edifício e sua idade ou período de construção. Por isso, houve o cuidado de incluir nesta escolha edifícios de elevado valor histórico e de construção antiga, edifícios com uma arquitetura moderna e ainda edifícios de arquitetura moderna praticamente acabados de construir.

Faremos um levantamento individual e local acerca do que cada um destes edifícios possui no que se refere a equipamentos para captação e produção de energias renováveis, que tipo de energia está a ser usada, quais as infraestruturas que possuem nomeadamente em termos de redes Elétrica, de Telecomunicações e Dados, de Som, de Intrusão, de Deteção e Extinção de Incêndios, de Ar Condicionado, de Ventilação, Sistemas de Controlo Integrado e, de uma forma sucinta, quais as características construtivas e funcionais de cada um.

Em síntese, os motivos subjacentes a esta seleção de Museus e Centro de Cultural prenderam-se com:

- as características físicas destes Museus;

- a localização geográfica diversa que permitisse uma análise das condições ambientais em vários pontos do nosso País;

- a diversidade das construções do edifícios museais sendo uns adaptações de edifícios antigos e outros construídos de raiz com a finalidade de serem Museus;

- a diversidade das coleções patrimoniais que albergam, e as suas necessidades energéticas;

Fontes de investigação

Verificámos que as energias renováveis, cuja utilização é passível de aplicação imediata nos tipos de edifícios de Museus já referenciados, têm tido ao longo destes últimos anos um forte desenvolvimento tecnológico, quer no que se refere à tecnologia para a sua captação e distribuição, quer para o aumento da eficiência dos materiais aí aplicados.

As fontes que iremos utilizar para a recolha de dados para a nossa análise serão essencialmente de dois tipos:

a) Os recursos da Internet - serão utilizados para a realização de uma pesquisa exaustiva que visa a recolha de elementos e informações técnicas precisas e aplicações práticas relacionadas com os equipamentos de captação e distribuição, as matérias-primas usadas no fabrico e das diferentes soluções existentes para a produção e distribuição das diversas energias;

b) A bibliografia específica sobre energias renováveis - quer do ponto de vista científico, desenvolvendo as teorias fundamentais para que estas possam ser usadas, quer do ponto de vista prático, trazendo diferentes formas de utilização para os diferentes locais onde seja possível a implementação da captação das energias renováveis.

Como complemento das fontes referidas iremos ainda integrar, os elementos extraídos de exemplos de aplicações práticas encontrados fora de Portugal e aplicados em Museus.

Metodologia de investigação

Numa primeira fase de recolha, sistematizámos os dados de cariz tecnológico disponíveis e os exemplos de aplicação prática relativamente ao estado de desenvolvimento das diferentes energias renováveis.

Após esta recolha de dados, procederemos à fase de análise pormenorizada de cada uma das energias renováveis, sob o ponto de vista da sua aplicabilidade, sustentabilidade económica e ambiental, tomando sempre como referência o ambiente entendido como um bem patrimonial.

De seguida, numa fase de elaboração de uma proposta de aplicação prática, procederemos à seleção e identificação das diferentes possibilidades de aplicação em função dos materiais existentes no mercado internacional, para a captação e uso destas energias em edifícios destinados a Museus, referindo as suas vantagens e/ou eventuais inconvenientes através de uma análise crítica.

Numa fase de observação ou pesquisa no terreno, contactaremos com os edifícios de Museus selecionados. Pretendemos nestas visitas de caráter técnico, realizar uma análise detalhada do estado dos imóveis, sob o ponto de vista da utilização das energias renováveis, referindo nalguns casos os seus consumos energéticos e qual a sua origem.

Paralelamente às possibilidades de integração e uso das energias renováveis nos edifícios anteriormente referidos, consideramos muito importante que os seus consumos energéticos sejam os estritamente necessários, de modo a obterem-se condições adequadas em

cada caso concreto, uma vez que, quer a sua localização geográfica, quer a sua dimensão e mesmo as exigências de conforto e funcionalidades pre-estabelecidas de acordo com a legislação ou gostos pessoais, nalgumas situações pontuais, serão diferentes de edifício para edifício.

Somos de opinião que os desperdícios nos consumos de energia devem e podem ser evitados e que a sua eficiência deve ser otimizada, sendo para isso necessário instalar um sistema de gestão integrado e automatizado, que proceda à gestão do funcionamento de todos os equipamentos instalados, apenas durante o tempo estritamente necessário à sua utilização, onde se inclui, nomeadamente, todo o tipo de iluminação, ventilação mecânica, confortos térmico e acústico, circuitos de vídeo e TV, deteção de incêndios e de intrusão.

Como temos vindo a constatar, todo este controlo/gestão dos consumos energéticos tem sido efetuado manualmente ao longo dos anos, ou seja, é feito por recurso a alguém que ligue e desligue os comandos individuais dos equipamentos instalados, incluindo os da iluminação que, na maioria dos casos, se encontram localizados próximo dos equipamentos, em vários locais do edifício.

Atualmente, a tecnologia disponível no mercado permite a custos acessíveis a instalação de sistemas de gestão e controlo integrados, de todas as funções que estejam relacionadas com praticamente todo o tipo de equipamentos instalados nos edifícios, e deste modo se poderão dar instruções precisas e programadas, a partir de um único local, para o funcionamento geral de todo o edifício. Essa tecnologia é designada de Inmótica[5] e dispõe desses mecanismos que conduzem, através de programação adequada para cada caso, à otimização de consumos e gestão energética de cada edifício ou local.

Incluimos um estudo de caso onde exemplificamos a aplicação de um sistema de energia fotovoltaica para o projeto de um Museu concreto, Museu de Arte Contemporânea de Faro, onde iremos demonstrar a sua aplicabilidade e os benefícios daí provenientes.

Por fim, em termos de síntese, pretendemos fornecer algumas indicações importantes sobre as grandes vantagens na utilização das energias renováveis e limpas nos edifícios destinados a Museus. Direcionaremos esta proposta com indicações importantes, não só para os museólogos responsáveis pela gestão dos ditos Museus e pelo acompanhamento das obras correspondentes a serem efetuadas, como também para os projetistas que forem realizar, não

[5] Este termo refere-se à gestão técnica automatizada e inteligente das diferentes instalações que equipam edifícios com vários serviços e/ou vários pisos, onde incluem os museus e centros de cultura.

só os projetos de remodelação/reabilitação de edifícios, como também a construção de novos edifícios e ainda para as tutelas responsáveis.

Para o efeito atrás referido faremos uma seleção e reunião de conceitos e termos técnicos bem como da sua explicação ao longo do trabalho, com o fim de possibilitar, nomeadamente aos museólogos, ou seja, aos não especialistas em energias, alguns instrumentos de avaliação da possibilidade de aplicação das energias renováveis aos diversos tipos de edifícios de Museus.

Pensamos que a mais-valia desta tese é a contribuição com um conjunto de informações, que ajudem à sensibilização dos responsáveis e dos técnicos a quem se propõe que, nos futuros trabalhos, procedam à inclusão destas ferramentas/equipamentos, cujo contributo para a preservação ambiental é de primordial importância para o bem-estar da Humanidade presente e vindoura.

Estrutura da Tese

Estruturamos esta tese em capítulos e sub capítulos.

O Capítulo 1 incide sobre a caracterização do estado em que se encontram alguns tipos de edifícios destinados a Museus em Portugal, debruçando-nos em particular, sobre as unidades museológicas por nós escolhidas.

Para darmos resposta a estes objetivos efetuámos visitas técnicas a estes edifícios e realizámos a pesquisa bibliográfica no âmbito da história, arquitetura e museologia.

O Capítulo 2 dá ênfase e discrimina os tipos de conforto necessários nos edifícios destinados a Museus para visitantes ou utilizadores e das condições ambientais exigíveis para os diferentes tipos de acervos.

Para responder a estes objetivos foram efetuadas pesquisas bibliográficas no âmbito museológico, legislação e/ou diretivas europeias aplicáveis.

O Capitulo 3 explicita e trata das energias renováveis e limpas, tecnologicamente desenvolvidas, passíveis de serem usadas nestes tipos edifícios de Museus e aprofunda, em particular, a energia solar fotovoltaica, por ser aquela que iremos desenvolver com maior pormenor.

Para responder a estes objetivos foram efetuadas pesquisas bibliográficas nos âmbitos científico, comercial, museológico e legislativo, incluindo diretivas europeias aplicáveis e alguns casos de estudo.

O Capítulo 4 vai incidir no estudo de um caso prático de aplicação da energia solar fotovoltaica a um edifício destinado a Museu, recaindo a escolha num projeto aprovado que irá ser levado a cabo na cidade de Faro.

Para responder a este objetivo iremos pôr em prática a utilização da tecnologia disponível já referida ao longo deste trabalho, bem como outras referências que achemos relevantes.

Nas conclusões apresentaremos uma análise crítica dos resultados obtidos neste estudo, bem como algumas indicações que consideramos adequadas e importantes para a inclusão das energias renováveis, em particular a energia solar fotovoltaica, quer se trate de edifícios de Museus existentes ou a construir de raiz.

Em anexo a este trabalho apresentamos alguns catálogos técnicos provenientes de diferentes fabricantes referentes a equipamentos para captação e produção de algumas energias renováveis (ver anexos 1 a 4, em formato digital).

Quanto aos aspetos formais da tese referimos que são utilizadas as normas adotadas pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias para a elaboração de teses e dissertações, aprovadas pelo Despacho da Reitoria n.º 101/2009, de 26 de Maio.

Estas normas abrangem não só a apresentação e organização da bibliografia, mas a estruturação e formatação da própria tese, bem como as normas de apresentação e defesa pública da mesma.

O mesmo despacho emanado pela Reitoria da ULHT recomenda a utilização da norma bibliográfica da American Psychology Association (APA) em uso na Universidade Lusófona. Acatamos essa recomendação e utilizamos neste trabalho as normas bibliográficas APA.

Considerando a ratificação em 29 de Julho de 2008 da norma escrita estabelecida pelo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa aprovado em 16 de Dezembro de 1990, optamos por aplicar a nova grafia nesta tese, mantendo nas citações de textos em português a grafia original tal como se apresenta nos livros.

CAPÍTULO 1:

Definição de Museu e caracterização de alguns dos diversos tipos de edifícios onde funcionam Museus

Os Museus têm, naturalmente, o seu enquadramento legal no âmbito do património cultural. À semelhança de outros países, Portugal elaborou e tem à disposição de todos que queiram e/ou devam utilizar, um conjunto de legislação direcionada para os diferentes patrimónios culturais, que vai desde a definição dos mecanismos para a sua defesa, passando pela criação de programas de apoio à sua integração e, estendendo-se à definição de programas de apoio financeiro para as diferentes vertentes culturais.

Seguidamente apresenta-se no Quadro 1, a identificação da legislação principal em vigor, sobre o património cultural bem como um resumo daquilo a que se reporta.

Quadro 1
Relação da legislação sobre o património cultural
Fontes: Diários da República e http://www.dre.pt/ue/portugal.html
Quadro elaborado pelo próprio (2010)

Legislação sobre o Património Cultural		
Identificação do documento	**Origem do documento**	**Assunto/Objetivos**
Decreto-Lei nº 138/2009 de 2009-06-15	Ministério da Cultura	Responde às necessidades de salvaguarda de bens culturais em situações de emergência, mas satisfaz igualmente a possibilidade de uma política programada de aquisição, reabilitação, conservação e restauro de bens de relevante interesse cultural.
Resolução da Assembleia da República nº 12/2008, de 2008-03-26	Assembleia da República	Aprova a Convenção para a Salvaguarda do Património Cultural Imaterial, adoptada na 32.ª Sessão da Conferência Geral da Unesco, em Paris, a 17 de Outubro de 2003
Resolução do Conselho de Ministros n.º 162/2008, de 2007-08-07	Presidência do Concelho de Ministros	Impõe a adopção de mecanismos que assegurem o controlo e adequação da gestão do património, no quadro da prossecução efectiva do concreto interesse público a que os bens em causa se destinem
Despacho Normativo nº 3/2006, de 2006-07-13	Ministério da Cultura	Procede à criação de programas de apoio financeiro aos Museus da Rede Portuguesa de Museus – ProMuseus.
Despacho Normativo nº 3/2006, de 2006-01-25	Ministério da Cultura	Estabelece as normas para a credenciação de Museus. Os princípios orientadores foram instituídos pela Lei-quadro dos Museus Portugueses, aprovada pela Lei n.º 47/2004, de 19 de Agosto
Decreto-Lei nº 228/2005, de 2005-	Ministério da Cultura	Cria o Conselho de Museus

12-28		
Lei nº 47/2004, de 2004-08-19	Assembleia da República	Aprova a Lei-quadro dos Museus Portugueses
Lei nº 107/2001, de 2001-09-08	Assembleia da República	A presente lei estabelece as bases da política e do regime de proteção e valorização do património cultural, como realidade da maior relevância para a compreensão, permanência e construção da identidade nacional e para a democratização da cultura
Despacho Normativo nº 28/2001, de 2001-06-07	Ministério da Cultura	Estabelece o Programa de Apoio à Qualificação de Museus a conceder através do Instituto Português de Museus, destinado a apoiar financeiramente museus integrados na Rede Portuguesa de Museus
Lei nº 19/2000, de 2000-08-10	Assembleia da República	Define o conceito de Património Cultural Português
Despacho conjunto nº 616/2000, de 2000-05-17	Ministérios das Finanças, da Cultura e da Reforma do Estado e da Administração Pública do Estado Português	O Decreto-Lei nº398/99, de 13 de Outubro, que aprova a orgânica do Instituto Português de Museus (IPM), atribui a este Instituto a definição do modelo da rede portuguesa de Museus (RPM) e do "enquadramento" e "critérios de integração de museus" nessa mesma rede
Convenção para a Salvaguarda do Património Arquitetónico da Europa (Granada), de 1985-09-03	Estados Membros do Conselho da Europa	Salvaguarda do Património Arquitetónico. Aprovada para ratificação pela Resolução da AR nº 5/91 e ratificada pelo Decreto do PR nº 5/91

A legislação apresentada neste quadro, quer a nacional quer a comunitária, é uma ferramenta importante e útil por estabelecer critérios e objetivos de intervenção no Património

1.1 Definição de Museu

É sabido que a palavra Museu tem origem na Grécia antiga, com o Mouseion, que designava o Templo das Musas onde os crentes se dirigiam com oferendas de objetos valiosos.

Mas o Museu como o entendemos hoje, de espaço público onde se reúnem bens culturais significativos para a identidade de um país, uma região ou uma comunidade, nasceu muito mais tarde na Europa.

Já no Renascimento surgiram locais privados onde se reuniam objetos raros, preciosos e curiosos, recolhidos por membros da elite, para deleite privado dos senhores da Corte. Num período da História em que a Europa estava a estabelecer contactos marítimos com o resto do Mundo, era compreensível a curiosidade pelos objetos e espécimes de locais "exóticos" e desconhecidos.

Mais tarde surgiram, igualmente na Europa, os chamados "gabinetes de curiosidades" com intuito de recolher, colecionar e mostrar acervos de caráter científico. Foram constituídas grandes coleções de paleobotânica, zoologia, arqueologia e das artes de povos denominados primitivos. Mas também estas coleções apesar do seu valor científico e de obedeceram aos sistemas classificativos e de estudo mais avançados da época, não se destinavam ao público em geral e continuavam a ser coleções privadas.

Só no século XVIII, com as revoluções sociais (de que se destaca a Revolução Francesa de 1789), surgiram os Museus nacionais caracterizados pela instalação dos bens patrimoniais em edifícios públicos (ou seja pertencentes ao Estado) e abertos ao público, albergando coleções materiais consideradas representativas da identidade nacional e sendo neste período, que abriram o British Museum (1759) e o Museu do Louvre (1792) por exemplo.

Com a disponibilização das coleções, antes particulares, ao grande público, deu-se uma alteração fundamental no conceito de Museu: a noção de Coleção foi substituída pela de Património que, nesta época, significava o conjunto dos elementos representativos da cultura material que era necessário preservar e transmitir para perpetuar a identidade nacional. Aquilo que de início distinguia a coleção privada dos Museus era a inalienabilidade dos objetos, que não podiam ser vendidos nem trocados.

Durante os séculos XVIII, XIX e grande parte do século XX os Museus foram definidos pela existência de uma coleção, pela permanência dessa coleção e por serem uma instituição aberta ao público.

No século XVIII e XIX os Museus assumiram um papel triplo: "educar o indivíduo, estimular o seu senso estético e afirmar o nacional" e caracterizavam-se por desempenhar um papel disciplinador dos "saberes, comportamentos, gestos e linguagem específica para a fruição dos bens." (Chagas, 2002, 42). Estas características disciplinadoras que se impunham aos visitantes eram expressas na organização do espaço do Museu, no controlo do tempo de visita, na vigilância e segurança impostas sobre o património e na produção do conhecimento

através de saberes específicos sobre o Museu, o espaço do Museu, os bens patrimoniais e o próprio público.

Nestes Museus, a relação do público com os bens patrimoniais restringia-se à contemplação e começaram a surgir críticas a estes <Museus-templo>.

Para avaliarmos a progressiva mudança da definição de Museu ao longo do século XX vejamos as definições produzidas pelo Conselho Internacional de Museus, entre 1946 e 1974, que exemplificam, duma forma muito clara, a evolução do conceito de Museu social e politicamente aceite em cada época.

Nos estatutos do ICOM de 1946, entendia-se por Museu: "all collections open to the public, of artistic, technical, scientific, historical or archaeological material, including zoos and botanical gardens, but excluding libraries, except in so far as they maintain permanent exhibition rooms."[6] (in: http//icom.museum.hist_def_eng.html).

O enfoque da definição de Museu está na abertura ao público de uma coleção, seguindo a tradição das definições de Museu nos séculos XVIII e XIX.

No ano de 1956 o ICOM avançou com uma nova definição de Museu:

> "The word of museum here denotes any permanent establishment, administered in the general interest, for the purpose of preserving, studying, enhancing by various means and, in particular, of exhibiting to the public for its delectation and instruction groups of objects and specimens of cultural value: artistic, historical, scientific and technological collections, botanical and zoological gardens and aquariums. Public libraries and public archival institutions maintaining permanent exhibitions rooms shall be considered to be museums." (in: htto//icom.museum.hist_def_eng.html).[7]

Nesta definição a tónica coloca-se ainda na abertura ao público de uma coleção mas a gestão do Museu é feita tomando em consideração o interesse geral que é definido como o deleite e a instrução dos públicos.

Em 1961, o ICOM atribuiu a definição de Museu às seguintes instituições (artigo 3 dos Estatutos): "(…) any permanent institution which conserves and displays, for the purposes of study, education and enjoyment, collections of objects of cultural or scientific

[6] Tradução livre: "A palavra "Museus" inclui todas as coleções abertas ao público, de material artístico, técnico, científico, histórico ou arqueológico, incluindo jardins zoológicos e botânicos, mas excluindo bibliotecas exceto se mantiverem salas de exposição permanente".

[7] Tradução livre: "A palavra museu significa qualquer instituição permanente, administrada para o interesse geral, com o objectivo de preservar, estudar, valorizar por vários meios, em particular através da exposição ao público para seu deleite e instrução, grupos de objetos e espécimes com valor cultural: coleções artísticas, históricas, científicas e tecnológicas, jardins zoológicos e botânicos e aquários. As bibliotecas e arquivos públicos que mantenham salas de exposição permanente devem ser considerados museus."

significance."[8] E além das instituições admitidas anteriormente, alargou a definição de Museu aos monumentos históricos, sítios arqueológicos, sítios naturais e reservas naturais, desde que abertos ao público.

A definição da década de sessenta pouco acrescentou à anterior mas ampliou os objetivos da conservação e exposição das coleções ao estudo, educação e fruição.

Foi nos finais da década de sessenta do século XX e princípios da década de setenta que os Museus, tal como vinham a ser definidos, começam a ser colocados em causa e a sentir-se a necessidade de criar uma outra instituição museal. Em 1974, após a Declaração de Santiago do Chile (1972), o ICOM adotou a seguinte definição para a instituição museal:

> "… a non-profit making, permanent institution in the service of the society and its development, and open to the public, which acquires, conserves, researches, communicates, and exhibits for purpose of study, education and enjoyment, material evidence of man and his environment."[9] (in: htto//icom.museum.hist_def_eng.html) (sublinhado nosso).

Pela primeira vez surgiu a definição de Museu do ICOM como uma instituição ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, numa associação que consideramos óbvia às resoluções tomadas na Declaração em Santiago do Chile. Esta definição alargou e especificou as funções museológicas: aquisição, conservação, pesquisa, comunicação e exposição.

Outro dado importante a tomar em conta nesta definição é o alargamento do conceito de património que vem definido como os vestígios materiais do Ser Humano e do seu ambiente, introduzindo o património natural nas preocupações de todos os Museus.

Já vimos anteriormente neste trabalho a mais recente definição de Museu do ICOM que estende substancialmente as categorias das instituições consideradas Museus, alarga o conceito de património, mas mantém as funções museológicas definidas em 1974.

A definição institucional de Museu é sempre algo que se relaciona diretamente com a política cultural estabelecida pelos governos em cada país. Em Portugal através da aprovação da Lei-quadro dos Museus portugueses (Lei nº 47/2004, de 2004) aceita-se uma definição da instituição museal que vem expressa no artigo 3º da referida Lei e que reflete as influências da definição do ICOM:

> "1 - Museu é uma instituição de caráter permanente, com ou sem personalidade jurídica, sem fins lucrativos, dotada de uma estrutura organizacional que lhe permite:

[8] Tradução livre: " qualquer instituição permanente que conserva e expõe, com finalidade de estudo, educação e fruição, coleções de objetos com relevante interesse cultural ou científico."
[9] Tradução livre: "…uma instituição permanente, sem fins lucrativos ao serviço da sociedade e do seu desenvolvimento, aberto ao público, que adquire, conserva, pesquisa, comunica, e expõe com a finalidade de estudo, educação e lazer, evidências materiais do homem e seu ambiente"

> a) Garantir um destino unitário a um conjunto de bens culturais e valorizá-los através da investigação, incorporação, inventário, documentação, conservação, interpretação, exposição e divulgação, com objetivos científicos, educativos e lúdicos;
>
> b) Facultar acesso regular ao público e fomentar a democratização da cultura, a promoção da pessoa e o desenvolvimento da sociedade.
>
> 2 - Consideram-se museus as instituições, com diferentes designações, que apresentem as características e cumpram as funções museológicas previstas na presente lei para o museu, ainda que o respetivo acervo integre espécies vivas, tanto botânicas como zoológicas, testemunhos resultantes da materialização de ideias, representações de realidades existentes ou virtuais, assim como bens de património cultural imóvel, ambiental e paisagístico".

Na alínea a) enunciam-se todas as funções museológicas que um Museu tem de desenvolver sobre o património cultural.

Na alínea b) estão expressos os objetivos dos Museus e das funções museológicas: democratização da cultura através da facilidade no acesso aos bens culturais. Refere-se a promoção da pessoa como sinónimo da Humanidade mas numa ótica individualizada que considera os visitantes como indivíduos e não na sua totalidade. E refere-se o desenvolvimento da sociedade, objetivo que está presente desde Santiago do Chile.

Finalmente na alínea c) enunciam-se as tipologias de Museus aceites sob essa designação, fazendo depender as categorias museais do cumprimento das funções museológicas.

Atualmente aceita-se uma grande diversidade de instituições museais desde as mais tradicionais, que continuam dependentes das coleções abertas a um público, até às instituições que trabalham com património imaterial, ou àquelas que trabalham com os problemas das comunidades onde estão inseridas e não possuam acervos materiais.

Podemos afirmar que na primeira década do século XXI se aceitam todos os tipos de Museu desde que trabalhem com um sentido de serviço público, preservem o seu acervo (material, imaterial, cultural ou natural) e sirvam de meio de comunicação entre os bens patrimoniais e o público.

1.2 Breve história da origem do edifício destinado a Museu

Antes de se «inventar» o Museu a funcionar num edifício próprio, este já existia, não só como vocação intencional de todos os povos e culturas em todas as épocas, mas como uma realidade patente e desenvolvida intensamente por muitos deles. Assim, o aparecimento e o desenvolvimento dos Museus, quer instalados ou não em edifícios, ao longo das diferentes

épocas, estiveram e continuam intimamente ligados ao Ser humano na sua trajetória sócio cultural.

O uso da arquitetura aplicada especificamente para a construção de edifícios dedicados às funções museológicas, inicia-se em Itália na segunda metade do século XVI com a utilização para este fim dos Palácios dos Uffizi[10], em Florença, com o projeto do arquiteto italiano Giorgio Vasari, tendo a sua construção ficado concluída no ano de 1564.

Ao longo das diferentes épocas, houve sempre uma forte influência do passado, sobre a arquitetura do Museu, desde os tesouros das épocas gregas e romanas, aos religiosos da idade média. Os conteúdos e continentes museológicos modernos foram parcialmente preparados pelo caráter do colecionismo e dos recetáculos específicos do renascimento, pelas coleções reais e aristocráticas dos palácios e dos castelos.

No século XIX, especialmente na Europa, ao democratizar-se as relíquias do feudalismo, muitos palacetes e outros edifícios imponentes (parte deles símbolos do antigo poder) foram transformados em Museus. Já nos Estados Unidos da América, uma vez que não possuíam este tipo de edifícios, optaram por construir de raiz os seus Museus imitando a arquitetura monumental europeia, desde palácios a castelos.

Nos países mediterrânicos, a riqueza arquitetónica que existia deu cobertura aos bens patrimoniais, em conjunto com raros novos edifícios. Também no centro e oeste da Europa, esta tendência prolongou-se em muitos dos seus monumentos até por volta da primeira metade do século XX, tendo deste modo sido encontrado um sistema de preservação e reanimação mediante a sua restauração, reinterpretação e reabilitação para fins museológicos. Na antiga União Soviética, depois da revolução de 1917, muitos dos palácios e templos foram convertidos em Museus e Centros de Cultura para o povo.

Nalguns países fora da Europa, sujeitos de alguma forma à influência de europeus, foram seguidas desde o século XIX as linhas orientadoras das suas respetivas metrópoles. Temos o caso da Índia, onde a Grã-Bretanha conseguiu reproduzir Museus nos moldes do neogótico ou da arquitetura vitoriana. No entanto, depois do fim da 2ª Guerra Mundial (1945), as mudanças ocorridas proporcionam um olhar diferente para objetivos culturais e naturalmente aparecem novos redelineamentos da Museologia e da Museografia, originando a partir daí uma nova evolução da teoria da arquitetura dos Museus.

[10] Este nome significava “Serviços”, uma vez que nestes palácios estavam os gabinetes para os magistrados de Florença

Hoje em dia, projetam-se e constroem-se muitos novos Museus de diferentes tipologias por toda a parte do mundo, cuja arquitetura se apresenta globalmente com linhas modernizadas e altamente funcionais e confortáveis. No entanto, e talvez por influência do passado, em alguns deles, como por exemplo o muito recente Museu da Acrópole em Atenas, na Grécia (Figura 1) apresentam uma monumentalidade generalizada que provavelmente terá tido inspiração nos antigos «Museu-Templo» ou «Museu-Palácio». Podemos assim afirmar que o cientifismo de cada época e a estética, são dois fatores que marcam uma conceção histórica cujo esquema estrutural se vai repetindo em diferentes épocas na construção de alguns dos principais Museus.



Figura 1
Vista do Museu da Acrópole, Atenas
Fonte:http://www.theacropolismuseum.gr/

Podemos também referir como um dos paradigmas do Museu moderno, a Neue Nationalgalerie, em Berlim (Figura 2) inaugurado em 1968, projeto do Arqt.º Ludwig Mies van der Rohe[11], que consagra com uma linguagem atual, a conceção do "Templo-Museu", a sacralização do espaço e dos seus conteúdos, tanto em reabilitações de monumentos históricos, como na sua reinterpretação em muitos novos edifícios.



Figura 2
Vista do Neue National galerie, em Berlim
Fonte:http://www.smb.museum/smb/sammlungen/details.php?objID=20&lang=en

[11] Arquiteto Alemão

1.3 Tipologias de Museus

Quando surge a necessidade/oportunidade de construir um espaço destinado à prática cultural e/ou Museológico de âmbito Nacional, Regional ou Ecomuseu, independentemente do local destinado a esse fim e a que pretexto for, é chegado o momento da tomada de decisão sobre a opção por uma determinada tipologia de Museu. Nesse momento podem tomar-se em consideração vários aspetos como a localização, objetivos que se pretendam alcançar, acessibilidades, tipo de edifício existente a remodelar/adaptar ou a construir de raiz, que arquitetora se poderá ou deverá usar e sua funcionalidade. No entanto, é fundamental que a relação conteúdo/continente, ou seja, a arquitetura e a expografia, esteja sempre na primeira linha de atuação.

É importante considerar e ter em conta a sua maior ou menor complexidade funcional que tem a ver diretamente com o tipo de Museus, desde os de grande dimensão com múltiplos usos até aos pequenos Museus como os biográficos, especializados e os monográficos. O aspeto morfológico ou puramente tipológico também é importante a ter em conta, inserindo-se aqui os casos de edifícios recentes, os que sofreram readaptações para a nova função bem como aqueles para os quais se escolheram soluções compostas, tais como ampliações de edifícios existentes que proporcionam a criação de novos espaços.

Uma vez tomada a decisão sobre o tipo de Museu a criar há que observar os espaços em termos da sua adequabilidade às exposições dos variados acervos, como seja a disposição desses espaços expositivos por salas com configurações, que podem ser retangulares ou quadradas, de maior ou menor dimensão, como acontecia antigamente; ou dispostas em redor de um pátio a configurar o centro de desenvolvimento em altura, se bem que a desenvolver-se apenas num piso de planta espontânea (usando todo um espaço livre disponível); ou, ainda outro estilo, onde os percursos das exposições não são evidentes mas sim labirínticos. Esta proposta de classificação de Montaner[12] (1990) teve como objetivo reunir diferentes critérios interligados que podiam aproveitar às áreas da administração e gestão global, e onde se verificava adequação em termos da morfologia, das suas dimensões, e da distribuição e ordenamento dos espaços em função de cada programa específico. Baseando-nos nesta proposta vamos seguidamente agrupar e classificar alguns dos grandes complexos culturais existentes da seguinte forma:

[12] Arquiteto e Escritor Espanhol

1.3.1 Grandes complexos culturais

O desenvolvimento e a construção de maiores ou menores Centros de Cultura que proliferaram por todo o mundo constituíram uma das orientações mais marcantes verificadas do final do século XX.

Este tipo de complexo/edifício possui características para o desenvolvimento da multiculturalidade e tem origens bem antigas, basta pensarmos no Museu de Alexandria que albergava a Biblioteca, Academia, Observatório Astronómico e Universidade.

São normalmente edifícios imponentes, construídos em vários locais pelo poder central ou local dos vários países e, destinados a dar resposta às necessidades de desenvolvimento cultural dessas comunidades. Teoricamente, seria desejável que a sua distribuição territorial fosse de forma a possibilitar um fácil acesso a toda a população a estes locais.

Assim, com o objetivo de se constituírem como espaços próprios para a fruição e criação de bens culturais que contribuam para a formação de identidades culturais locais e nacionais, os Centros de Cultura estão normalmente dotados de salas onde são lecionadas aulas dedicadas ao ensino das diversas áreas artísticas, como o teatro, música, dança, pintura e cinema. Estas aulas possibilitam ainda a troca de experiências entre pessoas de comunidades diferentes. Estes Centros possuem ainda salas e auditórios, com as dimensões e capacidade adequadas pelo menos à população local, para a exibição de espetáculos culturais e artísticos. Têm ainda no geral uma ou mais galerias com condições necessárias para receber exposições de vários tipos de acervos, especificamente relacionados com a preservação das identidades culturais locais e património público, e espaços dedicados a livrarias e a lojas destinadas especialmente à venda bens artísticos e artesanais locais.

A construção de edifícios desta natureza, constitui de um modo geral, uma oportunidade o poder central e/ou local, o exibir como símbolo do seu poder. O tipo de arquitetura é normalmente o adequado à época ou inserção social local. Os materiais usados são de alta qualidade, permitindo que o edifício se imponha como um ícone patrimonial que perdure através de várias gerações, marcando bem a época em que foi construído. Outra das importantes características que estes Centros se apresentam é a incorporação da tecnologia mais moderna, existente à data da sua construção, o que é extraordinariamente importante face à crescente exigência da existência de confortos térmicos, acústicos, de iluminação, e de funcionalidade em termos gerais, o que pelo menos, face aos consumos energéticos elevados

associados a estas tecnologias, poderá daí advir o alerta para a necessidade de acelerar a implementação de fontes de energia renovável.

A exemplificar o uso das tecnologias mais recentes em cada época, podemos referir o Instituto do Mundo Árabe, em Paris, (Figura 3) Centro de Cultura Árabe, situado em Paris, e inaugurado no ano de 1987. A luminosidade natural, no seu interior, é regulada através de painéis com a inclusão de diafragmas, semelhantes aos das máquinas fotográficas, localizados na fachada Sul, controlados mecanicamente no interior do edifício por células fotossensíveis instaladas estrategicamente.



Figura 3
Vista do Instituto do Mundo Árabe em Paris
Fonte: http://www.rau-tu.unicamp.br/~luharris/dulce/ima.html

1.3.2 Museus nacionais

Estes Museus são por excelência o símbolo da identidade cultural em qualquer País e, por essa razão contêm, normalmente, as mais importantes e/ou valiosas coleções nacionais de todo o tipo de arte.

Em Portugal, remontando à sua origem histórica, temos como referências o Museu de História Natural da Universidade de Coimbra, criado pela Reforma Pombalina de 1772 (Figura 4) e o Museu Sesinando Cenáculo Pacence, o primeiro da cidade de Beja, criado em 1791 (Figura 5), em cuja inauguração foram expostas as coleções particulares de Frei Manuel Cenáculo. Podemos afirmar que no século XVIII, em Portugal, "se gerara um movimento museológico no país cujas raízes se poderiam encontrar aquém de setecentos" (Teixeira, 2000, 186), que se desenvolveu nos séculos seguintes.



Figura 4
Vista do Museu de história natural na Universidade Coimbra
Fonte:http://www.fotothing.com/vic99/photo/5630de0c9debd6f9484e6ad6a907c189/



Figura 5
Vista do Museu Sesinando Cenáculo
Pacence, em Beja
Fonte:http://www.museuregionaldebeja.net/omuseuregional.htm

Estes primeiros Museus foram pensados segundo critérios da respetiva época que hoje os condicionam fortemente. Estão geralmente instalados em edifícios monumentais, sendo o seu conteúdo de tipo enciclopédico possuindo, portanto, uma complexa estrutura organizativa. São vários os problemas com que se defrontam atualmente, especialmente de atualização e renovação dos métodos expositivos, de que resulta um baixo número de visitantes. Um dos maiores inconvenientes que estes Museus apresentam é o do espaço, pelo que, alguns têm sido objeto de processos de renovação e ampliação, como é o caso das recentes intervenções ocorridas nos Museus de Aveiro e Évora e ainda no Museu Nacional Machado de Castro em Coimbra. Os problemas arquitetónicos que se colocam na atualização/remodelação destes edifícios são por vezes algo complexos, uma vez que pelo facto de se estar perante edifícios de elevado valor histórico e arquitetónico, sempre que se se decide avançar com a execução de qualquer tipo de intervenção se tem que proceder a um levantamento exaustivo do que existe e, seguido do projeto correspondente ao que se pretende fazer, até porque, devem ser respeitadas as traças originais e os novos materiais a utilizar devem ser adequados e compatíveis com os que estão aplicados.

Ao longo dos últimos anos tem-se assistido à modernização no modo de apresentação dos seus acervos e respetiva preservação, e têm sido também instalados alguns sistemas de controlo da segurança dos edifícios e acervos, proteção de incêndios, climatização, controlo das humidades, e de iluminação mais eficiente; os acessos e circulação a partir do exterior foram melhorados, contemplando-se áreas para parqueamento e espaços públicos ampliados - racionalizando a circulação e a sinalização dos itinerários - ao mesmo tempo que se incrementaram as áreas de serviços.

Neste tipo de Museus têm sido realizadas intervenções de vária ordem com o objeto de ultrapassar problemas próprios da sua idade e arquitetura, especificamente no sentido de melhorar o seu conforto e funcionalidades internas. O que acabámos de dizer é válido, não só para os Museus de Portugal como de qualquer outro país.

Passamos seguidamente a referir alguns Museus nacionais de outros países começando por mencionar o Museu Metropolitano de Nova Iorque (Figura 6), aberto no ano de 1872 num local diferente daquele onde se instalou definitivamente em 1880 (Central Park), que, pelo crescimento gradual ocorrido, teve necessidade de uma intervenção com o objetivo de albergar mais acervos e melhorar as suas condições de exposição e de acesso ao público que ali se desloca. Estas ampliações têm sido sucessivas ao longo da sua existência, tendo a última ficado concluída em 1991.

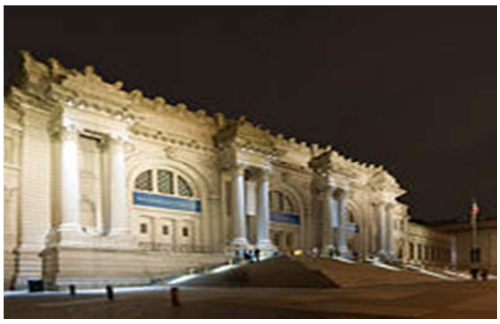


Figura 6
Vista do Museu Metropolitano de Nova Iorque
Fonte:http://pt.wikipedia.org/wiki/Metropolitan_Museum_of_Art

Também o Museu do Louvre em Paris (Figura 7) inaugurado no ano de 1793, tem beneficiado de remodelações ao longo da sua existência pela necessidade de adequar os espaços de exposição a novos conceitos museológicos e de oferecer melhores instalações para o público que ali se desloca. Teve ainda algumas ampliações que, para além de disponibilizarem mais espaços para a apresentação das vastas e variadas coleções, puseram a descoberto parte da cidade medieval que se encontrava soterrada.



Figura 7
Vista do Museu do Louvre
Fonte:http://www.vamosparaparis.com/museus.htm

Referimos também o Museu do Prado (Figura 8), inaugurado no ano de 1819, em Madrid, que procedeu ao restauro do antigo claustro dos Jerónimos e efetuou uma importante ampliação do seu espaço museológico cujas inaugurações se efetuaram no ano de 2007. A sua ampliação (Figura 9) teve como objetivo aumentar em cerca de 22.000,00m2 a área de exposições e assim poder reordenar todos serviços relacionados com as funções de um Museu desta dimensão



Figura 8
Vista do Museu do Prado
Fonte:http://www.museodelprado.es/mas-prado/la-institucion/



Figura 9
Vista da Ampliação do Museu do Prado
Fonte: http://www.museodelprado.es/mas-prado/la-institucion/la-ampliacion/el-plan-moneo/

É de facto extraordinária a possibilidade de se realizarem obras desta dimensão, o que leva a concluir que existe um forte interesse governamental neste projeto. Conforme Montaner (1990), há também casos de construção de edifícios com projetos de raiz, como é o caso da Nova Pinacoteca de Munich que, embora tivesse sido aberta ao público em 1853, foi destruída durante a segunda guerra mundial, tendo posteriormente sido projetado, pelo Arquiteto Alexander von Branca, um novo edifício em sua substituição que veio a ser inaugurado no ano de 1981 (Figura 10).

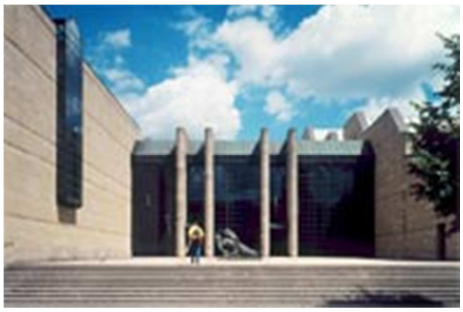


Figura 10
Vista da Nova Pinacoteca de Munique
Fonte:http://www.pinakothek.de/neue-pinakothek/museum/museum_index_en.php

Este novo edifício foi estruturado em volta de alguns pátios, de onde se sucedem uma série de salas cuja disposição e orientação permitem usufruir de uma boa iluminação natural. Trata-se de um edifício com características funcionais e de conforto que respondem a muitas das exigências que estes espaços devem naturalmente possuir, podendo inclusivamente, apreciar-se a construção dos acessos e circulações que permitem aos visitantes, com problemas de mobilidade, aceder sem qualquer obstáculo a todas as salas de exposição.

1.3.3 Museus regionais ou locais

Estes tipos de Museus existentes em grande quantidade por todo o mundo têm uma função muito importante junto das comunidades, uma vez que se trata de um equipamento cujas características de proximidade às populações permite, nalgumas situações, que estas, com os seus saberes, se envolvam com maior ou menor participação. Trata-se de um veículo que pode e deve ser usado para o desenvolvimento social e histórico da região e de defesa do seu meio ambiente. Em 1960 foi criado um Comité Internacional do ICOM - International Committee for Regional Museums (ICR), cuja sua função principal se insere no apoio ao desenvolvimento ativo, em todo o mundo, desta tipologia de Museus.

Trata-se de um tipo de instituição museal importante pela contribuição que pode dar ao desenvolvimento regional e local. Nalguns países onde se torna mais difícil a cooperação e participação intensa das diferentes comunidades e populações, quando é criado um Museu regional ou local, verifica-se uma perda na sua mais-valia natural, uma vez que só algumas pessoas podem participar no projeto que, à partida, pertenceria a todos.

Estes Museus, tal como quaisquer outros, podem ser construídos de raiz ou instalados em edifícios existentes, devidamente adaptados à sua função museológica. É uma opção a tomar, em função da eventual existência de edifício construído, que possa ser utilizado para esse fim, de acordo com a determinação do poder local ou central.

Podemos referir ainda o Kingston Museum and Heritage Service (Figura 11) na Grã-Bretanha, construído em 1904 e restaurado em 1997, com o fim de criar melhores condições de funcionalidade. Trata-se de um Museu local que desde a sua origem tem desenvolvido a pesquisa e tratamento da história local, possuindo documentos com mais de oitocentos anos e que por essa razão, alberga e disponibiliza um serviço de arquivos históricos referente à região e à cidade.



Figura 11
Vista do Kingston Museum
Fonte:http://www.kingston.gov.uk/museum

Fazemos também referência a um exemplo emblemático de Museu local é o conhecido Écomuseé Creusot-Montceau (Figura 12), criado em França em 1972, que é um dos primeiros Ecomuseus do mundo com uma intervenção direta de Hugues de Varine[13]. Está localizado num complexo industrial que incluí metalurgia, extração de carvão, indústria vidreira e produção cerâmica, cujo espaço foi musealizado aproveitando integralmente as estruturas fabris inicialmente construídas, na qualidade Ecomuseu assumiu, como finalidade, estudar e valorizar o território e a comunidade local constituída pelos antigos trabalhadores das referidas indústrias.



Figura 12
Vista do Écomuseé Creusot-Montceau
Fonte: http://www.ecomusee-creusot-montceau.fr/rubrique.php3?id_rubrique=9

Em Portugal, os primeiros Museus designados de regionais foram criados entre os anos 1912 e 1924, nomeadamente o de Arte, Arqueologia, História e Numismática, ainda que não tivesse tido uma grande originalidade, uma vez que derivaram de iniciativas já anteriormente conhecidas no meio. Inclusivamente, o governo Republicano, criou uma rede de Museus nacionais e regionais, através do Decreto n.º 1 do Governo Provisório, datado de 26 de Maio de 1911, com o objetivo de reorganizar o ensino das Belas Artes, dos Museus e da proteção do Património artístico e arqueológico. No entanto, a função do desenvolvimento local e regional, feita através da intervenção das populações na organização e funcionamento

[13] Museólogo Francês, criador do conceito de ecomuseu em conjunto com o museólogo Georges Henri Rivière

destes Museus nos moldes usualmente praticados face à designação atribuída, só veio a tornar-se uma realidade, embora ainda com expressão ténue, após a revolução de Abril de 1974, altura em que foram assumidas as resoluções tomadas em Santiago do Chile e com o surgimento da Nova Museologia.



Figura 13
Vista do Museu do Vinho, em Redondo
Fonte:http://www.lifecooler.com/canalalentejo/desenvRegArtigo.asp?art=11027&rev=2&cat=30

Como exemplo de Museus regionais existentes em Portugal, referimos o Museu do Vinho de Redondo, no Alentejo (Figura 13), inaugurado no ano de 2001, que teve como objetivo a divulgação do Alentejo na vertente da sua tradição Vitivinícola. Foi instalado num edifício antigo, de três pisos após obras de adaptação adequadas à função que passou a desempenhar. Dedica-se desde então ao estudo de todo o ciclo da produção do vinho, desde tipos de castas de uvas cultivadas e terrenos usados para o seu cultivo, passando pelos equipamentos e acessórios utilizados para a sua fabricação, até aos vários tipos de copos e vasilhames utilizados, desde que a atividade vitivinícola teve início neste local do país.

1.4 Os primeiros projetos de edifícios de Museus, sua evolução e estado em que se encontram

No âmbito da matéria deste item, vamos proceder a uma apreciação dos primeiros projetos de edifícios de Museus e da sua evolução histórica.

Tomamos como ponto de partida a Revolução Francesa, considerada como o acontecimento histórico que deu início à Idade Contemporânea, uma nova era que terminou com os privilégios da nobreza e do sistema absolutista e proporcionou ao povo alguma autonomia e direitos humanos e sociais. Assim encontramos na designada “Declaração dos direitos do Homem e do Cidadão”, aprovada em 2 de Outubro de 1789, os princípios universais de "Liberdade, Igualdade e Fraternidade" (Liberté, Egalité, Fraternité), frase de Jean-Jacques Rousseau e lema dos revolucionários de então.

Foi neste contexto político e de exaltação social que o Louvre, Palácio Real onde se encontravam nesse momento grande parte das coleções reais, foi obrigado a abrir as portas ao público em geral.

Uma nova atitude social e cultural prevaleceu a partir deste momento importante da história universal, passando diversos edifícios públicos a ser usados para fins museológicos, procedimento seguido por vários países da Europa que adquiriram e/ou se apropriaram de grandes edifícios - civis e religiosos com esta finalidade.

Entretanto, já no princípio do século XIX, através de J. N. L. Durand[14], começaram a aparecer os primeiros desenhos/projetos direcionados para Museus, representados no seu livro "Précis des Leçons D'Architecture" primeiro volume, editado em 1802. Tratava-se de uma espécie de manual que teve grande aceitação, uma vez que foi publicado em muitos países da Europa. No entanto, Durand foi continuando a aperfeiçoar, segundo a sua ótica, o seu estudo sobre museus e, em 1819 publicou um segundo volume, onde definiu com maior rigor e precisão as suas ideias para os Museus. Depois desta publicação, as ideias de Durand ali explicitadas, tiveram grande influência sobre os projetistas que as utilizarem em posteriores Museus.

Uma das primeiras construções de raiz destinada à Museologia, a Dulwich Picture Gallery (Figura 14) inaugurada no ano de 1817, viria a tornar-se a primeira galeria de arte de Inglaterra. Este projeto, da autoria de Sir John Soane, continha salas principais e pequenos estúdios laterais, com iluminação natural obtida através de vários envidraçados ou claraboias inseridos na abóbada ou tetos e instalados de tal forma que graduavam a entrada da luz de forma harmoniosa e equilibrada.



Figura 14
Vista do Dulwich Picture Gallery
Fonte:http://www.dulwichpictureg
allery.org.uk/the_gallery.aspx

[14] Arquiteto e Professor de Arquitetura na Escola Politécnica de Paris

No entanto, é no "Altes Museum" (Figura 15), construído em Berlim, que Karl Friedrich Schinkel,[15] seu projetista, utiliza muitos dos ensinamentos de Durand no que se refere ao modelo dos edifícios por ele desenvolvido para Museus.

A inauguração do "Altes Museum", em 1830, revestia-se de um significado especial uma vez que representou o primeiro Museu a instalar-se numa zona da cidade que mais tarde passou a ser conhecida em Berlim, como a "Ilha dos Museus".



Figura 15
Vista do Altes-Museum
Fonte:http://www.aviewoncities.com
/berlin/altesmuseum.htm

Foi a partir da sua fundação que se iniciaram uma série de construções de edifícios de grande importância, destinados a Museus. A primeira dessas construções foi o "Neues Museum" (Figura 16), sendo o projeto de Friedrich Stüler [16], inaugurado em 1855, que tinha como objetivo principal, receber as coleções que já não cabiam no vizinho "Altes Museum".



Figura 16
Vista do Neues Museum
Fonte:http://en.wikipedia.org/wiki/Neues
_Museum

Em 1876, ocorreu a inauguração de um imponente edifício destinado à Antiga Galeria Nacional de Berlim (Figura 17), cópia de um templo coríntio, - sendo o projeto de August Stüler[17] e dedicada exclusivamente à arte contemporânea. Apesar de ter ficado praticamente toda destruída durante a segunda guerra mundial, foi reconstruída e reaberta ao público em 1950.

[15] Arquiteto Alemão
[16] Arquiteto Alemão
[17] Arquiteto Alemão



Figura 17
Vista da Antiga Galeria Nacional
Fonte:http://biztravels-pix.net/biztravels/pictures.php?id=722&lg=pt

Na passagem entre os dois séculos (1897-1903) foi erigido na extremidade da Museumsinsel[18], um edifício de estilo barroco alemão, o Kaiser-Friederich-Museum (Figura 18), com o objetivo de albergar as coleções de arte da Idade Média, do Renascimento, e da época Moderna. Wilhelm von Bode[19] foi o primeiro diretor desta instituição, que continuou a elaboração de um grande projeto Museológico que abrangeu o espaço entre o Kaiser-Friedrich-Museum e o Neues Museum O edifício em forma de «U» ostentou como Museografia numa das alas o altar de Pérgamo, na ala esquerda, as coleções alemãs e, na ala direita, as coleções do Médio Oriente. Este edifício cujo projeto é da autoria de Mensel[20], não foi concluído até 1930. A sua estrutura obedece de forma notória à tradição neoclássica do século XIX.

Com estes cinco Museus ficou assim preenchido o espaço definido para a implantação da chamada Ilha dos Museus, situada no coração de Berlim, numa parte de uma ilha existente no rio Spree[21], ficando todos eles interligados com passadiços pedonais, a facilitar o acesso a todos os visitantes/utilizadores.

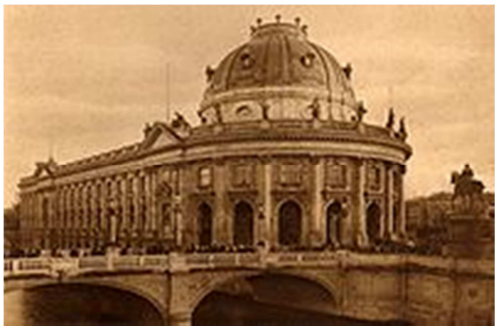


Figura 18
Vista do Kaiser-Friederich-Museum
Fonte:http://eng.archinform.net/projekte/13697.htm

[18] Nome atribuído a parte de uma Ilha localizada no Rio Spree em Berlim, pelo Rei Frederico Guilherme IV da Prússia, devido a estarem instalados nesse local cinco importantes museus.
[19] Historiador Alemão
[20] Arquiteto Alemão
[21] Rio que atravessa a Cidade de Berlim

Como modelos de Museus, com arquitetura neoclássica, vamos encontrar o British Museum em Londres (Figura 19), projeto de Sir Robert Smirke[22], construído entre 1823 e 1847, que foi projetado à semelhança de um templo clássico com duas alas na fachada a fazer lembrar os Propileus de Atenas; o novo edifício do Ashmolean Museum de Oxford (Figura 20), projeto de Charles Cockerell[23], e inaugurado em 1845, provem da remodelação e expansão de um edifício inicial construído na segunda metade do século XVII onde funcionava o mais antigo Museu Britânico, que se caracterizava por uma grande e monumental fachada com um pórtico de colunas centrais e duas laterais. Antes do final do século XIX ainda foi construído um novo edifício neoclássico destinado a albergar a Tate Gallery (Figura 21), inaugurada em 1897. Este projeto teve a intervenção de dois projetistas, Sidney R. Smith J.[24], no pórtico frontal e na cúpula traseira, e John Russell Pope[25] na galeria central. A sua fachada principal consta de um pórtico composto de colunas que suportam o entablamento e o frontão.



Figura 19
Vista do British Museum
Fonte:http://www.greatbuildings.com/buildings/The_British_Museum.html



Figura 20
Vista do Ashmolean Museum
Fonte:http://en.wikipedia.org/wiki/Ashmolean_Museum

[22] Arquiteto Inglês
[23] Arquiteto Inglês
[24] Arquiteto Inglês
[25] Arquiteto Inglês



Figura 21
Vista da Tate Gallery
Fonte:http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:034215_tate_draped.jpg

A conceção arquitetónica do Museu como Templo das Artes também se faz sentir na América do Norte nomeadamente aquando da construção da nova sede do Museu Metropolitano de Nova Iorque (Figura 6), cuja inauguração ocorreu em 1880, e no Museum of Fine Arts de Boston (Figura 22), projetado por Sturgis and Brigham[26], inspirado na imponência do Propileus de Atenas[27], cuja construção foi iniciada em 1876, e terminada em 1909.



Figura 22
Vista de The Museum of Fine Arts
Fonte:http://www.mfa.org/exhibitions/sub.asp?key=15&subkey=6211

Posteriormente, construíram-se ainda nos Estados Unidos da América, alguns Museus neoclássicos como o de Cleveland Museu of Art (Figura 23) em Ohio, projeto de Hubbell e Benes[28] e inaugurado em 1916; o Philadelphia Museum of Art (Figura 24) na Pensilvânia, projeto de Zantzinger, Borie e Medary[29], cuja primeira fase foi inaugurada em 1928; a criação da National Gallery of Art de Washington (Figura 25), projeto de John Russell[30], foi inaugurada em 1941. Todos estes edifícios eram de grandes dimensões, adotando a forma retangular com dois pórticos de colunas de estilo jónico a darem acesso a uma rotunda coberta por uma cúpula, foram inspirados no Panteon de Roma[31], construído

[26] Empresa Americana de projetos arquitetónicos
[27] Pórtico gigante de acesso a Acrópole em Atenas, concebido por Mnésicles, Arquiteto no Século V a.C.
[28] Hubbell e Benes foram dois arquitetos Americanos cuja empresa tinha o mesmo nome
[29] Empresa Americana especializada em grandes projetos arquitetónicos institucionais
[30] Arquiteto Americano
[31] Edifício construído como Templo Romano e mais tarde consagrado como igreja católica

entre os anos 118 e 126 e projetado por arquiteto desconhecido. Com estas construções encerrou-se o ciclo do culto da arte neoclássica nos edifícios destinado a Museus.

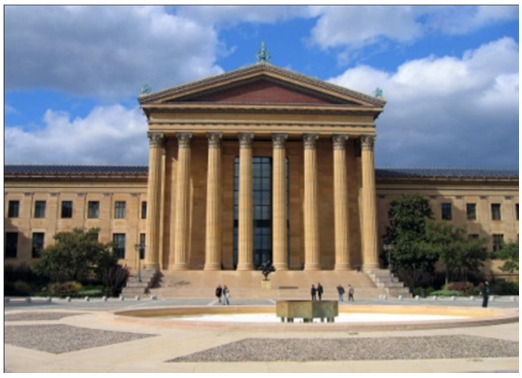


Figura 23
Vista de Cleveland Museu of Art
Fonte:http://www.clevelandart.org/Museu de Arte de Cleveland



Figura 24
Vista de Philadelphia Museum of Art
Fonte:http://en.wikipedia.org/wiki/Philadelphia_Museum_of_Art



Figura 25
Vista da National Gallery of Art, Washington, DC
http://en.wikipedia.org/wiki/National_Gallery_of_Art

Na Alemanha, Leo von Klenze[32] (Karl Franz Leopold von Klenze) optou por novas conceções arquitetónicas na construção da Alte Pinakothek (Figura 26), Antiga Pinacoteca de Munique erigida entre 1826 e 1836. Um novo estilo com claras referências ao cinquecento[33] italiano e uma grande originalidade no traçado da planta - de forma retangular com pequenas alas em ambas as extremidades - impõe-se no edifício. No entanto os danos provocados pela segunda guerra mundial determinaram uma intervenção do arquiteto Hans Döllgast[34] entre 1952 e 1957. Esta recuperação contemplou as ruínas do antigo edifício fazendo a

[32] Arquiteto Germânico Neoclássico
[33] Designação usada para o período do Renascimento no Século XVI
[34] Arquiteto da Universidade Técnica de Munique

reinterpretação da obra de Leo von Klenze. A nova feição da reconstrução foi dada pela construção de duas escadas simétricas que comunicam com o átrio do piso superior.



Figura 26
Vista da Alte-Pinakothek
Fonte:http://www.pinakothek.de/alte-pinakothek/museum/museum_index.ph

Na segunda metade do século XX, Richard Rogers[35] y Renzo Piano[36] conceberam, no Centre Pompidou (Figura 27), ou Centre Beauburg de Paris, uma arquitetura interior onde apenas se diferenciavam os espaços de exposição dos espaços de circulação, que relatava a museografia e tinha como único critério a datação de produção das obras. A necessidade de uma alteração do projeto face à ausência de resposta sobre as exigências museológicas e do público, obteve resposta em 1985 através do necessário projeto de alterações entregue a Gae Aulenti, arquiteta Italiana.



Figura 27
Vista do Centre Pompidou
Fonte:http://www.panoramio.com/photo/716728

Esta arquiteta também foi a responsável pela transformação em Museu da estação de comboios da gare D'Orsay, projetada por Victor Laloux[37], inaugurada no ano de 1900 e que foi considerada, na época, uma obra-prima da arquitetura industrial. Foi em 1979 que se deu início à referida obra de transformação da Gare D'Orsay no Musée d`Orsay (Figura 28), inaugurado, como tal no ano 1986. De destacar neste contexto de restauração que foram criados pequenos ambientes articulados em salas de modo a oferecer ao visitante uma ambiência favorável à contemplação da obra de arquitetura e das obras ali expostas. A

[35] Arquiteto Britânico partidário da arquitetura modernista
[36] Arquiteto Italiano partidário da arquitetura high-tech (uso de materiais tecnologicamente avançados)
[37] Arquiteto Francês

iluminação indireta e natural do espaço, proveniente do teto original envidraçado e o imenso pé-direito propiciaram a uma interpretação pessoal da obra recreada, no ambiente expositivo.



Figura 28
Vista do Musée d`Orsay
Fonte:http://destinationculture.files.wordpress.com/2008/06/orsay2.jpg

A construção do Museu Guggenheim em Nova Iorque (Figura 29), inaugurado em 1959, projeto da autoria de Frank Lloyd Wright[38], foi uma construção que se destacou no centro da cidade pelo seu forte contraste existente entre as suas linhas helicoidais desenvolvidas em altura e o traçado geométrico das ruas desta cidade. Tratou-se também de um projeto onde foi trabalhado o efeito plástico de planos flutuando sobre planos, o que originou alguma polémica por parte de conservadores e arquitetos com alguma experiência em projetos de Museus. As considerações negativas quanto ao edifício estavam baseadas nas suas paredes inclinadas, na ausência de escala e falta de linhas horizontais e verticais. Por outro lado, alguns autores de obras diversas veem na sua forma de desenvolvimento em espiral bem como na sua enorme cobertura, um regresso ao passado, que recuperava a ideia e um tipo de projeto de rotunda central trazida por Durand no princípio do século XIX.



Figura 29
Vista do Museu Guggenheim, Nova Yorque
Fonte: http://www.guggenheim.org

O que se pode considerar como tradição tipológica nos projetos de Museus foi retomada por Louis Isadore Kahn, arquiteto nascido da Estónia e ainda de tenra idade naturalizado Americano, que teve também outra grande preocupação, a de conseguir, obter através da projeção de abóbadas e janelas, uma luz natural adequada a todo o espaço arquitetónico, incluindo as obras de arte expostas.

[38] Arquiteto Americano



Figura 30
Vista da Nova Galeria Estatal de Stuttgart
Fonte:http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Staatsgalerie1.jpg

A ampliação da Galeria Estatal de Stuttgart (Figura 30), projetada por James Stirling[39] e inaugurada em 1984, é composta por uma rotunda central, sem que a cobertura tenha visibilidade acentuada. São evidentes as alusões ao Schinkel Museum de Berlim reaberto em 1987, depois de ter sido reparado dos danos sofridos durante a segunda grande guerra mundial. É de notar neste Museu os espaços expositivos ao seu redor, disposição esta que traduz outra referência histórica. Dispõe também de uma rampa de acesso à praça superior que confere ao espaço, de superfície circular, um dinamismo especial evidenciado também na fachada, onde se combinam paramentos curvos envidraçados, grandes cilhares amarelos e castanhos e alguns pormenores técnicos interessantes que no computo das suas complexas formas geométricas torna este edifício, um símbolo da cidade e da modernidade.

Assim, o caráter de Templo, ou melhor, de «Templo das Musas», foi ao longo dos anos, transformado em «Templo de Massas», evidenciando, de forma inequívoca o grande valor social e cultural que atualmente os Museus desempenham ou podem desempenhar na cultura formativa do Ser Humano. Por outro lado, as mudanças decorrentes do desenvolvimento social mundial, refletiram-se na necessidade de ampliação das funções e atividades que o Museu deve oferecer a todos quantos o visitam, o que, num primeiro impacto, originou importantes modificações e/ou ampliações nos edifícios onde estes foram instalados. A diversidade ou o tipo de acervos existentes em cada Museu, obriga por certo a que cada edifício seja dotado das condições apropriadas a recebê-los, ou seja, a adequar-se às suas características, abrindo deste modo uma via criativa no que diz respeito à arquitetura ou tipologia de Museus.

É bem visível a evolução recente das tipologias de Museus em termos arquitetónicos nos novos edifícios destinados a Museus, onde verificamos que a construção se vem integrando cada vez mais harmoniosamente no tecido urbano, independentemente da sua dimensão, como centros geradores de cultura e expressão de uma obra de arte total.

[39] Arquiteto Escocês

1.4.1 Alguns dos primeiros programas e projetos para Museus em Portugal

Na segunda metade do século XX começam a surgir os primeiros trabalhos dedicados exclusivamente à arquitetura dos edifícios destinados a Museus. Estes trabalhos, são o resultado de estudos e reflexões com alguma profundidade sobre as mais adequadas configurações de edifícios destinados aos diferentes tipos de Museus, bem como quanto à distribuição dos seus compartimentos interiores. Entre outros autores que se debruçaram sobre estes assuntos, podemos referir: Laurence Val Coleman em *Museum Buildings* publicado em 1950; Roberto Aloi em *Musei. Arquitectura - Técnica* publicado em 1962, Heinrich Koltz e Waltraud Krase em *Neue Museumsbauten in der Bundesrepublik Deutschland*, publicado em 1985 e Josep Maria Montaner em *Nuevos Museos. Espacios para el arte y la cultura*, publicado em 1990. Todos eles evidenciam um novo conceito para o Museu, superando-se assim, em definitivo, o pensamento do edifício antigo onde as limitações eram muitas, sobretudo no que se referia aos serviços que oferecia e à sua funcionalidade interna, ajustando o Museu aos acervos e à possibilidade de desenvolver e criar novos programas museográficos de acordo com o que venham a ser as exigências do Ser Humano, no século XXI.

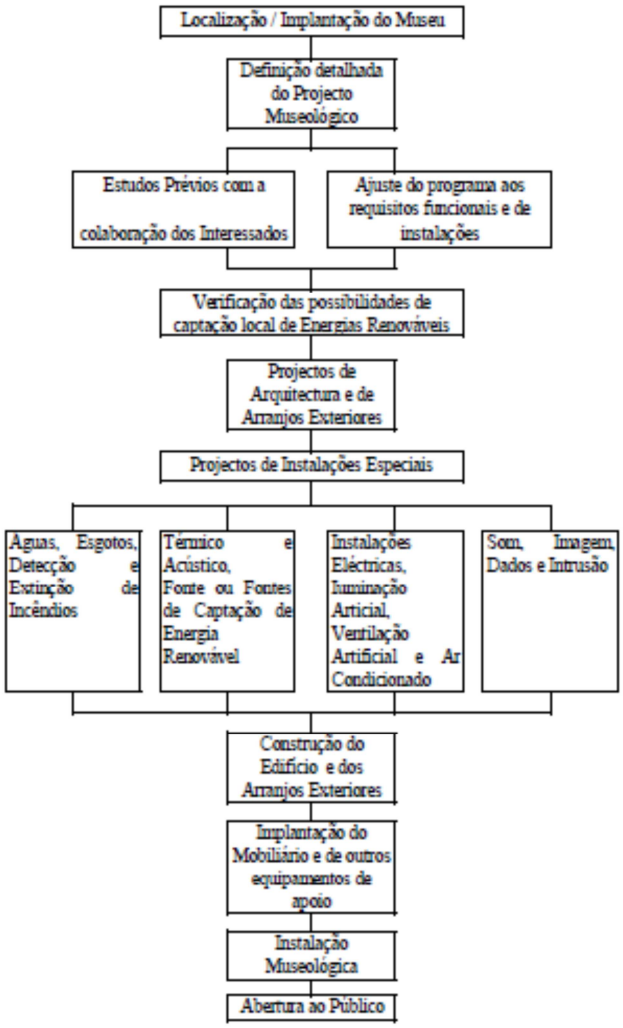


Figura 31
Processo de criação de um museu
Fonte: Execução própria (2010)

O processo de criação de um qualquer tipo de Museu (Figura 31), passa necessariamente por diferentes fases, desde a decisão da sua criação que poderá estar ligada a necessidades culturais de uma determinada zona, à escolha do local para a sua implantação, à definição detalhada do projeto museológico e à execução dos

estudos prévios a efetuar conjuntamente, por todos os interessados, onde se incluem os museólogos, as comunidades locais e os arquitetos e engenheiros que venham a interferir no projeto do edifício. Após a construção do Museu procede-se à colocação de todo o mobiliário e equipamentos necessários para que a instalação museológica se verifique, e a partir desse momento, o Museu está em condições de fazer a sua abertura ao público.
É claro que se parte do princípio que se tenha pensado no público a quem se destina o Museu sem o qual não poderá sobreviver. Outra preocupação que é determinante nos tempos atuais, é a exigência de novos espaços para a comunicação, educação e lazer.

Na programação para os Museus que já foi referida, deve ser considerada também a transformação de Museus existentes e edifícios onde se desenvolvam outro tipo de funções, onde seja necessário fazer obras de adaptação para as funções museológicas pretendidas.

1.4.2 Reabilitação, ampliação ou adaptação de edifícios para Museus

Quando se decide proceder à reestruturação de um Museu já existente, surgem por vezes algumas dificuldades, quer do ponto de vista técnico, quer económico, muitas das quais com soluções técnicas possíveis mas, de viabilidade económica desajustada. Podemos enumerar algumas como, por exemplo, a exiguidade de espaço existente, que possa colocar dificuldades nos percursos de visita ou, na inserção e localização de equipamentos técnicos destinados a obter uma adequada ventilação ou climatização, entre outras. É por isso necessário proceder-se antecipadamente, a um estudo rigoroso e profundo, de forma a que a solução daí resultante, seja viável e equilibrada.

Existem situações em que as reestruturações efetuadas passaram pela utilização de espaços em edifícios anexos ou, execução de alguns pisos subterrâneos, sendo a primeira solução mais simples e de fácil execução, uma vez que se pode realizar com maior rapidez e sem provocar grandes interferências no edifício principal, que assim poderá manter em funcionamento as suas atividades regulares e normais. No caso da execução de pisos subterrâneos, é uma solução que demora mais tempo e que requer um planeamento muito rigoroso, quer ao nível do desenvolvimento de todas as tarefas que integram a construção, quer ao nível da segurança e proteção das pessoas e bens. Ambas as soluções já foram implementadas com sucesso em algumas cidades nomeadamente na Galeria Estatal de Sttutgart, no Museu de Artes Decorativas de Frankfurt, na Galeria Tate de Londres e na Galeria Nacional de Arte de Washington. No que se refere a ampliações usando edifícios

contíguos ou anexos e a execução de pisos subterrâneos, encontramos o caso do Museu do Louvre em Paris. Estas reestruturações têm normalmente em vista dar resposta à crescente necessidade de adequação dos espaços de exposição aos novos conceitos museológicos e de oferecer melhores instalações para os utilizadores destas instituições. Face à complexidade deste tipo de trabalhos, decorrem sempre alguns anos entre o início dos estudos e a conclusão das obras, no entanto, o resultado final é normalmente compensador.

Uma outra forma usada para a instalação de Museus, é a utilização de edifícios existentes localmente cujas funções iniciais nada têm a ver com a Museologia. Em muitos países, e em vários edifícios, é frequentemente utilizada a "figura" das obras de adaptação para dotar esses edifícios das condições museológicas adequadas a cada situação em particular.

Alguns peritos e/ou especialistas nas áreas do património, da arquitetura e/ou engenharias são, por vezes, de opinião que a utilização de um edifício que já exista, pode não constituir a melhor solução, embora possa parecer à primeira vista recomendável, particularmente nos casos de construções com valor histórico, pois teoricamente estaríamos a protegê-lo e ao mesmo tempo a fazer ressaltar o seu valor arquitetónico. No entanto, esses especialistas, colocam a questão de nessas obras de adaptação poder ocorrer a distorção da sua imagem e/ou da traça inicial. Em nossa opinião, entendemos que sendo efetuado um bom projeto de adaptação, as questões levantadas não fazem qualquer sentido face às tecnologias e materiais atualmente usados na indústria da construção civil.

Em Itália por exemplo, foram efetuadas várias intervenções deste tipo, e podem constituir exemplos os casos dos projetos de Carlo Scarpa[40], no Palazzo Abatellis, em Palermo (Figura 32), em 1953, e Franco Albini[41], nos Palazzos Bianco e Rosso, em Génova (Figura 33), entre 1941 e 1962. Em ambos os projetos foi mantida a integridade do monumento inicial, tendo no final sido inclusivamente considerados como duas das melhores conceções de restauro em Itália. Contribuíram para este resultado o facto de terem sido considerados critérios museográficos de flexibilidade, comunicações horizontais e verticais adequadas, bem como a criação de um ambiente que possibilitou uma maior comunicação entre os visitantes com os acervos e com a obra arquitetónica.

[40] Arquiteto Italiano
[41] Arquiteto Italiano



Figura 32
Vista do Palazzo Abatellis em Palermo
Fonte:http://en.wikipedia.org/wiki/File:Palermo-Palazzo-Abatellis-bjs2007-01.jpg



Figura 33
Vista dos Palazzos Bianco e Rosso em Génova
Fonte:http://www.virtualtourist.com/travel/Europe/Italy/Liguria/Genoa-150508/Things_To_Do-Genoa

Como já referido, a tecnologia e os materiais atualmente disponíveis no mercado mundial são de fácil adaptação e utilização em soluções diversas nas obras de adaptação de edifícios históricos para Museus sem que haja lugar a qualquer indesejável destruição da sua traça original. Podemos referir o Museu Picasso, em Paris (Figura 34), inaugurado em 1985, num edifício construído no século XVII e considerado de interesse histórico, cujas funções foram variadas ao longo da sua existência e onde foi instalada uma coleção de Arte Moderna.



Figura 34
Vista do Musée Picasso em Paris
Fonte:http://www.musee-picasso.fr/homes/home_id23982_u1l2.htm

A obra de adaptação e renovação, deste edifício, foi considerada de muito boa qualidade, proporcionando sobretudo um espaço interior, distinto do que existia anteriormente, que evidencia uma certa dinâmica, e se integra e articula com a enorme escadaria a partir de onde o itinerário museológico se inicia com grande liberdade e fluidez. A

diversidade de dimensões das salas evita a monotonia da exposição; a iluminação escolhida, que dá destaque à exposição, foi feita de forma a compatibilizar a luz natural, regulada com a ajuda de estores aplicados nos envidraçados, com a luz artificial, resultando daí uma luz não direta, com intensidade constante, adequada à arquitetura do edifício; a climatização é conseguida com a ajuda da regulação, já referida dos estores. Desta forma, foi obtido um ambiente que proporciona a contextualização e recriação da obra museológica no espaço adequado.

Outra grande remodelação e adaptação que apresentámos como exemplo, foi a transformação de uma estação de comboios, classificada como monumento, num dos Museus mais importantes de Paris. Trata-se do Museu d'Orsay, contemplando três pisos principais para exposições, cuja obra foi projetada pelos arquitetos Franceses Renaud Bardon, Pierre Colboc e Jean-Paul Philippon, do grupo "ACT- Architecture"[42], empresa que ganhou o concurso aberto para esse efeito no ano de 1979. O seu interior foi objeto de outro estudo pormenorizado, adequado ao local e aos objetivos museológicos definidos. Este segundo projeto decorreu sob a direção da arquiteta Italiana Gae Aulenti e do historiador e museólogo Francês Michel Laclotte que lideravam uma vasta equipa com multifunções, desde o estudo das volumetrias interiores, tratamento de toda a iluminação natural e artificial, sinalização, definição e homogeneização de todos os materiais de revestimento a usar. Nestas condições foi possível o cumprimento de um programa interdisciplinar traçado para um Museu considerado "pós moderno" onde o continente se ajusta inteiramente ao conteúdo, produzindo-se por sua vez um processo que faz recordar, a cada momento, o uso anterior e original do edifício. A conceção espacial deste Museu, implicou uma nova maneira de ver e de contemplar a arte, onde o itinerário é livre e fragmentado, em vez de um itinerário linear, e onde o visitante se abre constantemente a novas sensações numa visão superada do Museu tradicional. Esta obra viria a ser inaugurada no final do ano de 1986.

1.4.3 Museus com projeto de raiz

Face ao que constatámos ao longo dos anos, podemos relacionar a criação de Museus com projetos de raiz com o aparecimento, em finais dos anos 50 do século XX, dos novos «movimentos artísticos»[43] nomeadamente, o Pop-Art, o Minimalismo, o Foto-Realismo e a

[42] Empresa Americana possuindo diferentes valências, entre elas os Projetos e Construção.
[43] Tendência ou estilo, em determinadas áreas da Arte implementada por alguém individual ou em grupo e, seguida por vários artistas durante um período de tempo indeterminado.

Arte-Conceptual, tendo sido apenas estes que tiveram impacto mais significativo nos Museus. Estas manifestações artísticas procuram um lugar apropriado onde se dê uma estreita relação entre objeto-espaço-público. Outros artistas existem, contudo, que em vez de exporem em Museus, procuram lugares que consideram mais adequados para a exposição das suas obras, quer seja no meio da natureza ou mesmo em naves industriais de grandes dimensões já arredados dos fins industriais a que se destinaram inicialmente.



Figura 35
Vista do Abteiberg Museum, em Mönchengladbach
Fonte:http://www.terminartors.com/museumprofile/Abteiberg_Museum-Monchengladbach-Germany

Um dos primeiros projetos considerados como referência dos novos projetos de arte contemporânea é o Museu Municipal de Abteiberg (Figura 35), na cidade de Mönchengladbach, projetado pelo Arquiteto Austríaco Hans Hollein e inaugurado em 1982. O Museu agrega um conjunto de edifícios ou "paisagem de edifícios" dentro de um ambiente urbano perfeitamente contextualizado e que permite aos utilizadores passearem-se através do grupo de construções e do seu parque aterraçado. O edifício mais alto está dedicado à administração e à biblioteca. À sua direita encontramos uma série de construções com coberturas em forma de «dentes de serra», normalmente muito usadas em coberturas de pavilhões industriais, dedicadas às exposições permanentes, apresentando diversas morfologias, que constituem um conjunto perfeitamente estruturado, e que se manifesta igualmente nos espaços internos, enquanto, à sua esquerda, se encontra outro edifício destinado a exposições temporárias e sala de conferências. Para Johannes Cladders e Hans Hollein (Director e Projetista do Museu, respetivamente), o Museu "torna-se um grande cenário, no qual cada uma das obras de arte está articulada na obra de arte total que constitui o Museu".



Figura 36
Vista do Museum of contemporary art Los Angeles
Fonte:http://en.wikipedia.org/wiki/Museum_of_Contemporary_Art,_Los_Angeles

Outro exemplo de Museu construído de raiz é o Museu de Arte Contemporânea de Los Angeles, em Los Angeles (Figura 36), projetado pelo Arquiteto Japonês Arata Isozaki, concluído em 1986, e se encontra situado na zona de Bunker Hill, tendo a estrutura do edifício sido condicionada pelo plano urbanístico local. O edifício do Museu é composto por quatro níveis: o da praça, que comunica diretamente com o Museu e onde se encontram os escritórios, a biblioteca e a livraria; no piso térreo situam-se as salas de exposição, iluminadas zenitalmente, e a cafetaria; na primeira cave encontra-se o auditório e todas as instalações de vídeo, enquanto na segunda cave estão instalados, os armazéns, as oficinas, os estúdios e os escritórios. Trata-se de um edifício onde foi posto em prática o que Montaner (1990:99) defende: "todo o edifício se estrutura à volta de um pátio sobre o qual se eleva a parte dedicada à administração.

Referimos ainda o Museu da Fundação Pilar e Joan Miró, em Palma de Maiorca (Figura 37), projetado pelo Arquiteto Espanhol, José Fafael Moneo Vallés, e inaugurado no final do ano de 1992. Situa-se próximo de outros projetos arquitetónicos que o Arquiteto Catalão, Josep Luís Sert já havia feito para Miró e tem uma configuração semelhante, nomeadamente um estúdio, um ateliê e uma habitação do ano de 1956. O novo espaço



Figura 37
Vista da Fundação Pilar e Joan Miró de Mallorca
Fonte:http://miro.palmademallorca.es/pagina.php?Cod_fam=4&Cod_sub=15

museológico, que se situa junto do mar, é circunscrito por um grande muro, também delineado pelo Arquiteto autor do projeto, e insere-se num conjunto de edifícios aí preexistentes. O projeto do novo edifício desenvolve-se em dois corpos compostos por três

pisos, onde se instalaram uma biblioteca-arquivo, salas de exposições, um auditório, uma loja-livraria, zonas de serviços e armazém. As salas de exposições têm a particularidade de possuírem paredes elevadas, proporcionando aos visitantes uma visão alargada através de diferentes níveis e é dotada de iluminação natural procedente de planos aleatoriamente dispostos mas devidamente estudados.

Ao longo das últimas décadas, têm sido construídos de raiz vários edifícios de grande envergadura e simbolismo nacional destinados a Museus, se bem que, a criação de um edifício ideal para Museu não tenha sido, na prática, uma tarefa fácil de implementar, uma vez que para que isso acontecesse fosse necessário estarem reunidos simultaneamente alguns fatores importantes, nomeadamente uma adequada integração da arquitetura ao local, quer pela monotonia quer pela extravagância das suas formas, a sua funcionalidade geral, a forma de apresentação dos seus acervos e as condições físicas para o bom acolhimento do público. Há também regras fundamentais a incluir na programação de projetos museológicos, sendo uma das principais, o profundo conhecimento dos acervos a musealizar em cada caso concreto porque isso influirá diretamente no modelo de arquitetura a utilizar.

Atualmente, existem múltiplas apreciações quanto às funcionalidades e ações desenvolvidas ou a desenvolver no Museu, uma vez que este se transformou num espaço de cultura e de reunião de públicos, impondo por isso maiores espaços dotados com as infraestruturas que possam dar ao visitante/utilizador a possibilidade de eleger o seu próprio itinerário, usufruir de boas comunicações e aceder às diferentes áreas públicas.

A conexão do objeto museológico com o espaço arquitetónico, traduzida num espaço expressivo e num espaço neutro deve ser uma realidade. Ainda sobre a elaboração do projeto para o Museu, há que referir que a iluminação natural ou artificial, a ventilação natural ou artificial e a humidade, entre outros, são elementos fundamentais a serem incorporados, pois o seu bom desempenho contribuirá para evitar danos nos acervos e prolongar a sua vida e bom estado de conservação.

Nalgumas situações tem-se assistido à construção de edifícios destinados a Museus cuja arquitetura se torna a atração principal e não, como naturalmente deveria ser, os acervos neles existentes e as ações aí desenvolvidas. Pensamos que uma boa reflexão do programa museológico deve determinar as características do edifício e a correta adequação entre o continente e o conteúdo, bem como a definição do caráter específico e singular de cada Museu. No entanto, perante as obras construídas que analisámos, notamos que a visão desta problemática diverge entre os arquitetos que apostam em sobrevalorizar o continente e, os

museólogos e/ou comunidade interessada que concebem o Museu em função das coleções e do discurso expositivo e da preservação do património.

1.4.4 O estado atual de alguns Museus

Analisando a situação Portuguesa, podemos afirmar, que foi na segunda metade do século XVIII que começaram a existir edifícios destinados à instalação de Museus, tendo alguns sido construídos com essa finalidade e outros adaptados às funções museológicas, nomeadamente o Real Museu de História Natural e o Jardim Botânico da Ajuda (1768); o Gabinete de História Natural e o Jardim botânico da Universidade de Coimbra (1772); o Museu da Academia Real das Ciências de Lisboa (1781) e o Gabinete de Medalhas e Antiguidades da Real Biblioteca Pública da Corte (1796). Como é referido num dos artigos do primeiro número da revista da APOM[44] "o reinado de D. João V representou, no campo museológico, tal como nos domínios da cultura e da ciência, uma tentativa de acerto com o passo europeu." (Brigola, Teixeira, Nabais, Pereira, 2003, 33). Face ao histórico bem visível, podemos afirmar que esta ideia, posta em prática, seria extraordinária mas, a realidade ficou sempre aquém das expectativas criadas.

Ao longo dos últimos anos, construíram-se em Portugal alguns novos edifícios destinados a Museus ou com funções diversificadas incluindo, entre eles: o Centro Cultural de Belém em Lisboa (ano de 1993), Museu de Arte Contemporânea de Serralves no Porto (ano de 1999), Museu de Santa Clara - a - Velha em Coimbra (ano de 2008) e o Museu do Oriente em Lisboa (ano de 2008).

Para o desenvolvimento da nossa tese, cujo tema está relacionado com o uso das energias renováveis em edifícios destinados a Museus, e em seguida efetuámos as respetivas visitas técnicas com o objetivo bem definido, de observarmos «in situ» o seu estado geral atual e analisar a eventual utilização das energias renováveis, para além de verificarmos as funcionalidades gerais relacionadas com os acervos e com o público em geral. O critério usado para a escolha destes edifícios foi o de obtermos os elementos correspondentes a edifícios datados de diferentes épocas, desde os mais antigos até aos de construção recente e com estilos arquitetónicos diversificados.

Assim, seguindo este critério, selecionámos para as visitas técnicas o Museu Nacional do Traje em Lisboa, (antigo Palácio de Angeja-Palmela), Museu Geológico de

[44] Associação Portuguesa de Museologia

Lisboa, Museu da História Natural em Lisboa, Museu Soares dos Reis no Porto, Museu da História Natural na Universidade de Coimbra, Museu do Oriente em Lisboa, Museu de Arte Contemporânea de Serralves no Porto, Museu de Santa Clara - a - Velha em Coimbra e Centro Cultural de Belém em Lisboa.

De seguida iremos descrever relativamente a cada um dos edifícios mencionados, os respetivos estados de conservação e o que neles encontrámos considerando os objetivos propostos.

1.4.4.1 Museu Nacional do Traje, em Lisboa

O Museu Nacional do Traje (Figura 38), instalado desde 1977 no antigo Palácio Angeja-Palmela, em Lisboa, mandado construir por D. Pedro José de Noronha, 3º Marquês de Angeja, no final do século XVIII, possui, ainda hoje, um valor histórico e arquitetónica de elevada importância, mantendo as características exteriores e interiores praticamente idênticas às que foram concebidas e instaladas aquando da sua construção.



Figura 38
Vista do Museu Nacional do Traje, Lisboa
Fonte: Foto do Autor (2010)

Assim, no que respeita a este Museu, podemos dizer que, do ponto de vista da conservação e exposição dos acervos, do conforto disponibilizado aos visitantes e das funcionalidades interiores, o edifício encontra-se muito aquém do ideal face à evolução tecnológica das últimas décadas.

Estamos perante um edifício antigo de dois pisos que foi adaptado à função de Museu, sem que as acessibilidades verticais possibilitem um acesso fácil às pessoas com dificuldades de mobilidade, visto não possuir qualquer elevador. Quanto às salas destinadas a servir o conjunto das funções que caracteriza o Museu, desde as destinadas às exposições de acervos e às reservas, até às salas para eventual serviço educativo, loja e zonas de circulação e serviços de apoio, podemos dizer que a sua distribuição no edifício, face à sua orientação e à exposição solar não é a adequada, uma vez que existe um desequilíbrio constante das

condições térmicas e de humidade entre salas com funções iguais. Embora a humidade seja controlada com equipamentos instalados apropriados, a questão das condições térmicas não é objeto de qualquer tratamento. Verificou-se também que toda a energia eléctrica consumida provém da rede geral de abastecimento público. Neste ponto podemos recordar que a energia eléctrica é proveniente predominantemente, de matérias-primas poluentes e finitas importadas na sua maioria. Estamos perante um edifício onde não se encontra instalado qualquer sistema de aquecimento e/ou arrefecimento, ventilação mecânica, extinção de incêndios e circuito de vídeo.

Constatámos também que não dispõe de um sistema geral de controlo dos poucos equipamentos existentes atrás descritos, quer do ponto de vista operacional global centralizado, quer do ponto de vista da minimização dos custos com todos os consumos energéticos. Não possui equipamento para a captação e produção de qualquer tipo de energias renováveis.

1.4.4.2 Museu Geológico de Lisboa

O Museu Geológico de Lisboa (Figura 39), foi instalado no início da segunda metade do século XIX, no 2º andar de um edifício pertencente ao antigo Convento de Nossa Senhora de Jesus da Ordem Terceira, no Bairro Alto, construído no reinado de D. Maria I, e ainda aí se encontra.



Figura 39
Vista do Museu Geológico de Lisboa
Fonte: Foto do Autor (2010)

Na visita técnica efetuada constatou-se que o espaço destinado ao Museu, se distribui por amplas salas retangulares localizadas num único piso, e onde estão expostos vastos e variados acervos, em mobiliário, ainda proveniente da data da sua instalação. Os acessos verticais são compostos apenas pela escada interior do edifício. Observa-se que se trata de um espaço museológico parado no tempo, que não tem beneficiado de remodelações ou adaptações por

forma a criar condições que o tornassem mais atrativo do ponto de vista da oferta de outros serviços que um Museu pode comportar e o público cada vez mais exige.

Também verificámos que não possui qualquer tipo de sistema de aquecimento e/ou arrefecimento, ventilação mecânica, intrusão, extinção de incêndios e circuitos de dados e de vídeo. A instalação eléctrica existente não possui características modernas e, as iluminarias instaladas são as tradicionais fluorescentes cuja eficiência energética é bastante baixa. Toda a energia consumida é fornecida através da rede geral de abastecimento público, proveniente maioritariamente de matérias-primas poluentes e finitas e, importada na maior quantidade.

Constatou-se também que não dispõe de qualquer sistema geral que faça o controlo dos seus reduzidos equipamentos e da iluminação existente, de forma a possibilitar a otimização dos custos com todos os consumos energéticos. Naturalmente, não encontrámos equipamentos destinados à captação e produção de qualquer tipo de energias renováveis.

1.4.4.3 Museu de História Natural, em Lisboa

O Museu da História Natural de Lisboa (Figura 40) reinstalado num edifício reconstruído na segunda metade do século XIX, depois do original ter sido parcialmente destruído por um incêndio ocorrido em Abril do ano de 1843 na rua da Escola Politécnica, é mais um dos edifícios com elevado valor arquitetónico. Os seus espaços destinados à exposição dos diferentes tipos de acervos, a serviços de apoio e a zonas de circulação, estão distribuídos por dois pisos bastante generosos. A orientação do edifício e o seu próprio tipo de projeto permitem uma incidência solar nos espaços expositivos bastante homogénea, obtendo-se assim condições térmicas e de humidade semelhantes e homogéneas em todos esses locais.



Figura 40
Vista do Museu de História Natural de Lisboa
Fonte: Foto do Autor (2010)

Os seus acessos verticais não contemplam a instalação de qualquer tipo de equipamento motorizado de forma a facilitar a circulação de pessoas com mobilidade física reduzida. Não há sinais de terem existido obras de remodelação ou de modernização no interior do edifício ao longo de muitos anos e, daí as suas características e funcionalidades

iniciais permanecerem sem alterações. Não dispõe de qualquer sistema de aquecimento ou arrefecimento, ventilação mecânica, extinção de incêndios, intrusão, redes de dados e de vídeo. A instalação elétrica existente é antiga e, os aparelhos de iluminação existentes de modo algum se incluem naqueles, atualmente disponíveis no mercado, cuja eficiência energética é melhorada. Salienta-se o facto de toda a energia elétrica consumida, provir da rede pública de distribuição, como sabemos, importada em grande parte, e proveniente maioritariamente de matérias-primas poluentes e finitas. Este edifício não dispõe de um sistema geral que controle os poucos e pontuais equipamentos instalados, quer do ponto de vista operacional global e centralizado, quer do ponto de vista da minimização dos custos com todos os consumos energéticos, nem tão pouco merecem a preocupação de o dotar de um sistema de captação e produção de qualquer tipo de energias renováveis.

1.4.4.4 Museu Soares dos Reis, no Porto

O Museu Soares dos Reis, no Porto (Figura 41) foi instalado no edifício do Convento de Santo António da Cidade, em Santo Ildefonso, detentor de um enorme valor arquitetónico, construído na primeira metade do século XIX. Ali funcionou o Museu Portuense, criado em 1833, por D. Pedro IV mas, no ano de 1911, o seu nome foi alterado para Museu Soares dos Reis. Em 1942, com projeto do Engenheiro português Fernandes Sá, foram feitas algumas obras de adaptação e transformação devido à junção a este edifício, por aquisição, do Palácio de Carrancas. Em 1992 é iniciado um projeto de remodelação geral da autoria do Arquiteto português Fernando Távora, cuja conclusão ocorreu no ano de 2001.



Figura 41
Vista do Museu Soares dos Reis, Porto
Fonte: Foto do Autor (2010)

Esta remodelação teve em vista melhorar os diversos circuitos expositivos, com a criação de novos espaços, nomeadamente um auditório, departamento para serviços educativos, novas salas para exposições temporárias, criação de condições para uma regular atividade de animação cultural, novas zonas para melhor acolhimento do público, cafetaria,

loja, serviços de apoio ao funcionamento do Museu, remodelação dos acessos ao nível do piso térreo com a inclusão de rampas conjuntamente com a inserção de elevadores, facilitando assim as acessibilidades horizontais e verticais às pessoas com dificuldades de mobilidade.

Embora as obras de remodelação não tenham sido concluídas há muito anos, já são visíveis fortes indícios de infiltrações com alguma gravidade, em muitos locais do Museu, o que poderá originar alguns problemas de humidade e do seu controlo. Este Museu dispõe de um sistema mecânico de aquecimento e arrefecimento, tem deteção de incêndio instalada e a sua ventilação é feita naturalmente.

A instalação elétrica, embora com poucos anos de existência, ainda não inclui aparelhagem que permita controlar e otimizar os períodos em que a iluminação deve estar ligada. Os diferentes tipos de iluminarias existentes não oferecem a melhor eficiência energética. Não existe qualquer sistema global e integrado de controlo dos equipamentos instalados, de forma a poderem otimizar-se os tempos de funcionamento e, consequentemente, os consumos energéticos. Toda a energia eléctrica consumida é fornecida através da rede geral de abastecimento, cuja sua proveniência, maioritariamente, é de fontes poluentes e finitas, sendo ainda uma grande parte importada. A remodelação efetuada não contemplou a instalação de equipamento que permitisse a captação e produção de qualquer tipo de energias renováveis

1.4.4.5 Museu de História Natural na Universidade de Coimbra

O Museu de História Natural na Universidade de Coimbra (Figura 42) projetado por Guilherme Elsden, Sargento-mor com funções de Engenheiro, encontra-se instalado num edifício Neoclássico de enorme valor histórico e arquitetónico, mandado construir pelo Marquês de Pombal, por ocasião da chamada reforma pombalina da Universidade, em finais do século XVIII. É o primeiro espaço museológico em Portugal cujo projeto de raiz foi executado com essa finalidade. A área ocupada por este Museu desenvolve-se ao nível do primeiro andar numa parte do edifício que o acolhe. Os circuitos e discursos expositivos para os diferentes acervos existentes, bem como o mobiliário de que dispõe têm-se mantido fiéis à sua origem.

Algumas zonas exteriores do edifício foram recentemente alvo de obras de conservação, contudo no seu interior, há muitos anos que não são executadas quaisquer obras de modernização, pelo que as salas, com enormes pés direitos e de grandes dimensões,

denotam inclusive a falta da sua simples manutenção. Os espaços que integram o Museu não contemplam muitas das áreas que hoje são de grande importância para o público que o usa ou visita, nomeadamente um espaço de acolhimento, animação cultural, loja, cafetaria, entre outros. Em termos de acessos verticais apenas existe a escada interior, o que é um fator bastante restritivo à entrada de pessoas com dificuldades de mobilidade física. Não dispõe de quaisquer sistemas mecânicos para o aquecimento e/ou arrefecimento, ventilação artificial,



Figura 42
Vista do Museu de História Natural na Univ. de Coimbra
Fonte: Foto do Autor (2010)

extinção de incêndios, redes de vídeo ou dados e intrusão. A utilização da iluminação natural é controlada manualmente através de portadas e cortinados.

A instalação elétrica é bastante antiga e não tem instalado qualquer tipo de equipamento de controlo que contribua para a otimização dos custos com os consumos de energia elétrica. Os aparelhos de iluminação, lâmpadas fluorescentes, também não têm uma boa eficiência energética. Não existe qualquer sistema global e integrado, a partir do qual possa ser efetuado um controlo e uma gestão simultânea da iluminação e dos poucos equipamentos existentes, de forma a otimizar os consumos de energia elétrica. Toda a energia eléctrica usada, provém da rede pública de distribuição, importada em grande parte, e com origem, maioritariamente, em matérias-primas poluentes e finitas. Quanto à utilização das energias renováveis não tem, nem está previsto a curto prazo, a instalação de qualquer equipamento para a captação e produção de qualquer tipo desta energia limpa.

1.4.4.6 Museu do Oriente, em Lisboa

O Museu do Oriente em Lisboa (Figura 43) foi instalado e inaugurado em Maio de 2008, dentro das paredes exteriores de um edifício localizado na Doca de Alcântara cuja construção inicial remonta aos anos 30 do século XX, tendo sido o seu projetista o arquiteto português João Simões Antunes. Já nos primeiros anos do século XXI foi iniciado o projeto de remodelação geral e adaptação do chamado “Armazém do Bacalhau” para Museu, da

autoria dos arquitetos portugueses João Luís Carrilho da Graça e Rui Francisco. Este projeto contemplou a demolição integral de todo o seu interior e, a partir daí, foi definido todo o espaço museológico disponível de cerca de 15.500,00m2 de área de construção, distribuída pelos seus sete pisos.



Figura 43
Vista do Museu do Oriente, Lisboa
Fonte: Foto do Autor (2010)

Trata-se de uma construção com características modernas, onde foram contemplados espaços para o acolhimento do público e espaços museológicos, para auditórios, para atividades recreativas, serviços educativos, serviços de apoio às atividades do museu, para restaurante, cafetaria, loja e zonas de circulação e boas acessibilidades quer verticais, quer horizontais que permitem um fácil acesso às pessoas com mobilidade reduzida. Face ao aproveitamento integral das paredes exteriores iniciais, a iluminação natural tem uma expressão muito reduzida, apenas está disponível na zona do restaurante e ao nível da entrada do edifício.

O edifício tem um bom tratamento acústico e está equipado com sistemas de aquecimento e arrefecimento, ventilação mecânica, deteção de incêndios e intrusão. A sua instalação elétrica tem características modernas, o que, associado aos aparelhos de iluminação usados, de baixo consumo e com reduzida luminosidade, garante uma otimização dos gastos energéticos que se reflete diretamente nos custos com a energia elétrica. Nota-se ter havido algum cuidado com a inclusão de modernos sistemas/equipamentos cuja função é a de proporcionar todo o tipo de conforto a todos quantos visitam e usam o Museu. No entanto, não foi tida em conta a inserção de qualquer sistema que pudesse captar e produzir, um ou mais tipos de energias renováveis. Quanto a nós, trata-se de uma falha, uma vez que, face ao desenvolvimento tecnológico já existente sobre algumas dessas energias, teria sido importante que alguma tivesse sido instalada na altura da sua construção, o que contribuiria para a sustentabilidade ambiental e económica do próprio Museu e do nosso planeta.

Como verificámos, toda a energia elétrica consumida neste Museu, provém da rede pública de distribuição, importada em grande parte, e com origem, maioritariamente, em matérias-primas poluentes e finitas.

1.4.4.7 Museu de Arte Contemporânea de Serralves, no Porto

O Museu de Arte Contemporânea de Serralves no Porto (Figura 44), com projeto de raiz do conceituado arquiteto português Siza Vieira, foi inaugurado no ano de 1999 e está implantado numa quinta conhecida por Serralves, praticamente no centro da cidade do Porto, onde a sua integração paisagística é perfeita, havendo mesmo uma relação muito vincada do edifício com o exterior através dos seus amplos envidraçados por onde se visualiza a vegetação que contrasta com a cor branca das paredes interiores do Museu.



Figura 44
Vista da entrada principal doMuseu de Serralves, Porto
Fonte: Foto do Autor (2010)

A arquitetura deste edifício tem uma linguagem muito simples e extremamente funcional que, com as suas linhas direitas e harmoniosamente conjugadas, utilizando materiais de construção simples mas com uma perfeita integração e minuciosa aplicação em todos os locais, proporciona, por certo, a que uma boa parte do público que o visita, possa sentir-se chamado por ele e não pelos acervos expostos no seu interior. É um edifício que se desenvolve em três pisos mas a sua visibilidade do exterior aparenta uma menor altura face ao declive natural do terreno onde foi implantado. Os seus acessos verticais são efetuados através de simples escadas ou pelos elevadores estrategicamente instalados, estando assim facilitada a entrada às pessoas com dificuldades de mobilidade física.

Neste projeto foram previstos os espaços necessários para o funcionamento de um Museu moderno contendo todas as valências que lhe estão associadas. Desde os amplos espaços expositivos, acolhimento do público, auditório, serviços educativos, espaço recreativo, serviços de apoio às diferentes atividades, cafetaria, livraria e amplas zonas de circulação.

As condições de conforto existentes no seu interior, quer para os acervos, quer para o público visitante ou usuário, são de elevada qualidade e de total integração na arquitetura interior. Os sistemas instalados para aquecimento e arrefecimento, ventilação mecânica, deteção de incêndios e intrusão estão incorporados de forma a, praticamente, não se dar conta da sua presença. A iluminação artificial instalada encontra-se muito bem integrada em cada um dos diferentes espaços, tendo sido utilizadas iluminarias com elevada eficiência energética. No entanto, toda a energia elétrica consumida neste Museu, provém da rede pública de distribuição, importada em grande parte, e com origem, maioritariamente, em fontes poluentes e finitas.

Por se tratar de um projeto construído de raiz e ao ano recente da sua construção, parece-nos ter sido descurado um aspeto de extrema importância, que tem a ver com a inserção de qualquer tipo de equipamento para a captação e produção de um ou mais tipos de energias renováveis que, por certo, iria contribuir diretamente para a sustentabilidade económica do Museu, bem como para a sustentabilidade ambiental do nosso planeta.

1.4.4.8 Museu do Mosteiro de Santa Clara - a - Velha, em Coimbra

O Museu do Mosteiro de Santa Clara - a - Velha, em Coimbra (Figura 45), localizado na margem esquerda do rio Mondego aos pés desta cidade, foi implantado num terreno que encerra o Mosteiro de Santa Clara - a - Velha, Monumento de elevado valor histórico cuja construção se terá iniciado depois do ano de 1283 após autorização da diocese, tendo ficado concluído em 1330. No entanto, existiram sempre graves problemas de inundações provenientes do nível freático face à proximidade a que se encontrava do rio. Mas, foi apenas no ano de 1677 que ficou devoluto devido à transferência dos seus ocupantes (Clarissas) depois de concluído um outro Mosteiro noutro local mais elevado da cidade. A partir daí, e durante alguns séculos ficou abandonado, o que originou a sua inundação total, degradação e assoreamento que se manteve por muitos anos.

Foi considerado Monumento Nacional no ano de 1930, altura em que foram feitas algumas obras de restauro mas, sem resolver o grave problema das inundações. No final do Século XX e início do Século XXI foram iniciados novas obras de preservação e consolidação do Mosteiro com a execução de uma ensecadeira periférica de modo a que finalmente as águas não entrassem no espaço do mosteiro, após o que se seguiram as escavações

arqueológicas e os trabalhos de conservação e restauro, por forma recuperar-se todo o seu valiosíssimo e extenso património.

Assim, em nossa opinião, terá sido uma ótima decisão ter implantado um Museu no enorme terreno disponível anexo ao Mosteiro com uma área de cerca de três hectares. Que, para além de poder exercer funções culturais variadas, é também um "Centro Interpretativo" dos espólios locais.



Figura 45
Vista do Museu do Mosteiro de Santa Clara a Velha, em Coimbra
Fonte: Foto do Autor (2010)

Este novo Museu/Centro Interpretativo, desfruta de um local privilegiado na sua implantação possuindo um ótimo enquadramento arquitetónico. Trata-se de um edifício de arquitetura contemporânea com um piso e de linhas simples e direitas, concluído no final de 2008, sendo o projeto da empresa portuguesa "Atelier 15 Arquitectura Lda." com uma equipa composta pelos Arquitetos Alexandre Alves Costa, Sérgio Fernandez e Luís Urbano. A sua generosa área de construção distribui-se por várias salas para exposições, espaço para guardar reservas técnicas, espaço para laboratório e restauro, auditório, biblioteca, espaços destinados à investigação, espaço destinado ao serviço educativo, loja e amplas zonas de circulação. A sua construção. Tratando-se de um edifício praticamente acabado de construir, dispõe da inserção de tecnologia e equipamentos que lhe permite obter as necessárias condições de conforto quer para os acervos, quer para os visitantes/utilizadores. No entanto, toda a sua extensa fachada virada a Norte é um painel contínuo envidraçado, o que é interessante do ponto de vista da visibilidade que daí permite para o Mosteiro bem como proporciona uma enorme luminosidade natural que, consoante os acervos expostos poderá ou não ter de ser regulada, já do ponto de vista do conforto térmico poderá acarretar algumas questões económicas com elevados consumos energéticos para que o conforto adequado a cada local se possa manter constante durante as distintas estações do ano.

Demos conta que este edifício praticamente acabado de construir possui instalados equipamentos e tecnologias recentes que possibilitam todo o tipo de conforto necessário quer aos seus acervos, quer aos utilizadores/visitantes, no entanto, funcionam consumindo energia eléctrica proveniente da rede de distribuição pública. Ora, em nossa opinião teria sido interessante, face às condições naturais do local onde este edifício se insere e face a ter sido um projeto executado de raiz, ter sido considerado a inserção de uma ou mais fontes energéticas de energia renovável por forma a poder-se contribuir para a sua sua sustentabilidade económica e sustentabilidade ambiental do nosso Planeta.

1.4.4.9 Centro Cultural de Belém, em Lisboa

O Centro Cultural de Belém em Lisboa (Figura 46), localizado em frente ao rio Tejo e junto do Palácio dos Jerónimos, foi projetado pelo consórcio criado entre os arquitetos italiano, Vittorio Gregoti e o português, Manuel Salgado, tendo a sua inauguração ocorrido no ano de 1992. Trata-se de um enorme espaço cultural implantado numa área de construção de cerca de 100.000,00m2, sendo composto por cinco grandes núcleos, Centro de Reuniões, Centro de Espetáculos, Centro de Exposições, Zona Hoteleira e de Equipamentos Complementares.

O Centro de Espetáculos onde é possível exibir ópera, ou qualquer tipo de musical, teatro e bailado, contém dois auditórios, sendo a capacidade do grande auditório de cerca de 1450 lugares, e a do pequeno de cerca de 350 lugares, e dispõe ainda de uma sala para ensaios com uma capacidade de cerca de 70 lugares. Nos restantes Centros existem várias salas de exposições, congressos e reuniões, centro de pedagogia e animação, centro de formação cultural nas áreas das artes e da cultura, serviços de apoio geral, Bares e Restaurantes, espaços comerciais, garagens públicas e espaços ajardinados com esplanadas e outros equipamentos no exterior. É por isso, o maior espaço disponível em Portugal onde as diversificadas ofertas de eventos culturais são de grande qualidade e ocorrem regularmente.



Figura 46
Vista do Centro Cultural de Belém, Lisboa
Fonte: Foto do Autor (2010)

A construção do Centro Cultural de Belém teve em consideração fatores relevantes, de interesse para o público que ali ocorre, como é o caso das zonas de circulação interiores e dos seus acessos verticais que dispõem de dimensões e características técnicas apropriadas para todas as pessoas, incluindo aquelas com mobilidade física reduzida.

Tratando-se de um espaço onde a necessidade de conforto e de bem-estar são fundamentais, foi importante dotá-lo de todos os meios técnicos modernos e necessários que garantissem essas exigências, e assim, podemos verificar que foram instalados sistemas para aquecimento, arrefecimento, ventilação mecânica, intrusão, sinalização, deteção e extinção de incêndios, controlo da humidade e da pressão, tratamento acústico e iluminação apropriada e integrada na maioria dos locais. Com este conjunto global e integrado de sistemas encontram-se garantidas as condições ótimas pretendidas.

Consideramos de lamentar que aquando da sua construção e mesmo posteriormente, não tenha sido instalado qualquer sistema para captação e produção de algum tipo de energia renovável. Pensamos que, do ponto vista da sua sustentabilidade económica e ambiental, teria sido importante considerar essa instalação, já que toda a energia elétrica aqui consumida, tal como verificámos nos outros edifícios mencionados, é fornecida pela rede pública de distribuição, que provem maioritariamente de fontes poluentes e finitas e, em grande parte importada.

CAPÍTULO 2

O conforto para os acervos e utilizadores dos Museus

As características construtivas dos edifícios onde forem instalados Museus, devem ter sempre em linha de conta todas as regras estabelecidas pelas diferentes entidades e/ou associações que neles interferem ou os tutelam. A aplicação e o cumprimento das regras definidas traduzem a obtenção de uma boa eficiência energética, o que se reflete diretamente na redução dos custos com os consumos de energia necessários para manter os níveis de conforto térmico e acústicos adequados e apropriados, quer para os acervos, quer para os vários tipos de utilizadores destes espaços.

Seguidamente no Quadro 2, apresentamos com a identificação e o resumo da legislação principal aplicável e em vigor, no que refere à eficiência energética e comportamento térmico dos edifícios:

Quadro 2
Relação da legislação sobre eficiência energética e comportamento térmico dos edifícios
Fontes: Diários da República; http://www.dgge.pt/ e http://www.dre.pt/ue/portugal.html
Quadro elaborado pelo próprio (2010)

Legislação sobre Eficiência Energética e Comportamento Térmico dos Edifícios		
Identificação do documento	**Origem do documento**	**Assunto/Objetivos**
Despacho n.º 14076/2010 de 2010-08-24	Direcção-Geral de Energia e Geologia	Procede, nos termos do n.º 2 do artigo 8.º do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril), à publicação dos fatores de conversão entre energia útil e energia primária
Directivo nº 2010/31/CE, de 2010-06-19	Conselho, Parlamento Europeu	Relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação). Vem revogar a directiva 2002/91/CE
Decreto-Lei nº 50/2010, de 2010-05-20	Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento	Cria o Fundo de Eficiência Energética (FEE) previsto no Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
Decreto-Lei nº 319/2009, de 2009-11-03	Ministério da Economia e da Inovação	Transpõe para a ordem jurídica interna a Directiva nº 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de Abril, relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos públicos e que revoga a Directiva nº 93/76/CE, do Conselho, e estabelece objectivos e instrumentos que devem ser utilizados para incrementar a relação custo-eficácia da melhoria da eficiência na utilização final de energia

Resolução do Conselho de Ministros nº 80/2008, de 2008-05-20	Presidência do Conselho de Ministros	A Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro, que aprovou a Estratégia Nacional para a Energia, prevê na sua linha de orientação para a eficiência energética a aprovação de um plano de acção para a eficiência energética
Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008 de 2008-05-20	Presidência do Conselho de Ministros	Aprova o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (2008-2015).
Despacho n.º 10250/2008 de 2008-04-08	ADENE - Agência para a Energia	O Despacho n.º 10250/2008 de 8 de Abril, define o Modelo dos Certificados de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior, emitidos no âmbito do SCE (D.L. 78/2006 de 4 de Abril).
Portaria n.º 835/2007 de 2007-08-07	Ministérios do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional e da Economia e Inovação	Este diploma define o valor das taxas de registo das Declarações de Conformidade Regulamentar e dos Certificados Energéticos na Agência para Energia (ADENE)
Portaria n.º 461/2007 de 2007-06-05	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, da Economia e Inovação e das Obras Públicas, Transportes e Comunicações	A Portaria n.º 461/2007 de 5 de Junho, define a calendarização da aplicação do Sistema de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE).
Decreto-Lei nº 80/2006, de 2006-0 4-04	Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações	O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 40/90, de 6 de Fevereiro, foi o primeiro instrumento legal que em Portugal impôs requisitos ao projecto de novos edifícios e de grandes remodelações por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia quer no Inverno quer no Verão
Decreto-Lei nº 79/2006, de 2006-04-04	Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações	É aprovado o Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios que faz parte integrante deste DL. O presente decreto-lei transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios
Decreto-Lei nº 78/2006, de 2006-04-	Ministério da Economia e Inovação	Aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade

04		do Ar Interior nos Edifícios e transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios
Directiva nº 2002/91/CE, de 2002-12-16	Conselho, Parlamento Europeu	Relativa ao desempenho energético dos edifícios. Foi transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 78/2006, de 4 de Abril, em conjunto com os Decreto-Lei n.º 79/2006 (RSECE) e Decreto-Lei n.º 80/2006 (RCCTE), também de 4 de Abril

A obtenção de uma boa eficiência energética em qualquer tipo de edifício está sempre associada a consumos muito reduzidos ou mesmo inexistentes de energia, proporcionadas pela utilização de sistemas mecânicos para obtenção dos níveis de conforto que proporcionem o bem-estar adequado em cada caso concreto. É por isso fundamental que os materiais aplicados na construção sejam os que melhor respondam, por possuírem características técnicas adequadas à obtenção dos melhores resultados. Caso contrário, é necessário consumir energia proveniente das fontes disponíveis, sempre com custos elevados. As poupanças nos consumos energéticos quaisquer que sejam as suas origens, vão cada vez mais tornar-se exigências vitais se quisermos contribuir para o equilíbrio ambiental que o nosso planeta tanto necessita.

Nesse sentido, o Parlamento Europeu, acaba de publicar uma nova Diretiva (nº 2010/31/CE, de 2010-06-19), cujo objetivo principal é que todos os edifícios a construir bem como os existentes, sejam dotados de características técnicas necessárias para que a sua eficiência energética proporcione um consumo energético zero, ou muito próximo deste valor, até ao ano de 2020.

É de extrema importância para o Ser Humano o passo que é dado para a obtenção destes valores, dentro de um prazo que poderá ser considerado razoável face às dificuldades económicas atuais que todo o mundo atravessa. Para a execução das obras necessárias à implementação desta diretiva, serão necessários muitos milhões de euros mas é preciso avançar, uma vez que estamos perante um grande investimento no nosso Planeta e não perante um custo.

2.1 As necessidades de conforto para os acervos, visitantes e/ou utilizadores

Em qualquer edifício onde funcionem ou venham a ser instalados Museus ou Centros de Cultura deve ter-se em consideração a instalação de requisitos técnicos fundamentais.

As acessibilidades horizontais deverão incluir rampas com inclinações suaves e dimensões adequadas sempre que existam diferenças de cotas a vencer e, nas acessibilidades verticais é fundamental a instalação de meios mecânicos, cumulativamente com as tradicionais escadas. Estas questões revestem-se da maior importância, porque não sendo contempladas, inviabilizam ou dificultam muito a visita de todos quantos tenham problemas físicos que afetem a sua mobilidade. É também importante dotar estes edifícios de zonas de circulação interiores com dimensões generosas.

No interior das salas, há outras questões a considerar que são de extrema importância, relacionadas com as necessidades de conforto que devem ser tidas em consideração e sem as quais não será garantida a estabilidade e preservação dos acervos patrimoniais, nem o bem-estar de todas as pessoas que as visitem ou usem a que pretexto for. Assim, para a obtenção de um bom conforto global é necessário dotar o edifício com características que respondam às exigências pretendidas de acordo com as funções que desempenha. Desde a importância do desempenho em termos de eficiência energética, passando pela instalação de sistemas que regulem a temperatura (aquecimento e arrefecimento), ventilação artificial e/ou natural, controlo das humidades, da poluição ambiental, biológico e químico tratamento acústico e uma iluminação natural e/ou artificial adequada às diferentes zonas e funções destes edifícios. Trata-se de necessidades que obrigatoriamente terão de ser tidas em conta dentro dos espaços museológicos para garantirem a possibilidade do cumprimento das funções museológicas e da disponibilidade do edifício e das coleções ao público.

2.1.1 A importância do estado dos edifícios para a sua gestão energética

Podemos afirmar que muitos dos edifícios onde funcionam Museus possuem um elevado valor histórico e patrimonial, sendo mesmo uma valiosa herança deixada por outras gerações e cuja preservação é da responsabilidade da geração atual. Trata-se, na grande maioria, de construções efetuadas em épocas distantes em que os materiais e as tecnologias usadas eram bem diferentes das que atualmente estão disponíveis, o que, naturalmente, provoca um desajuste face às necessidades e exigências atuais.

Para que as suas funcionalidades se ajustem à obtenção dos vários tipos de conforto (humano e com os acervos) que as novas tecnologias e alguns materiais de isolamento e/ou revestimento que caracterizam as atuais construções proporcionam, há que ir criando essas condições e executando as obras necessárias de acordo com o rigor que cada caso concreto exigir. Assim, conservar, remodelar e ampliar esses edifícios, são soluções naturais para que a cada momento da sua vida se introduzam as inovações que proporcionem as melhores condições de conforto, tendo também em vista a redução dos consumos energéticos o que diretamente contribuirá para uma boa eficiência energética.

Nos edifícios históricos ou antigos, a conservação periódica e as remodelações pontuais são soluções eficazes e necessárias para a resolução dos problemas decorrentes do seu envelhecimento, que se observam nas deteriorações de revestimentos ou mesmo em termos estruturais, nos sistemas técnicos instalados ou de infraestruturas que estejam obsoletos. Deste modo torna-se necessária a inserção de materiais novos compatíveis com os existentes e sistemas técnicos inovadores que contribuam, não só para a obtenção das funcionalidades e confortos adequados aos acervos e utilizadores/visitantes, mas também para a sua sustentabilidade ambiental e económica.

Muitos Museus têm quantidade de visitas que ascendem a centenas de milhares de pessoas anualmente, e por isso, por vezes, tornam-se símbolos e marcos para o desenvolvimento na área onde estão implantados, ou mesmo além desta, embora por vezes não tanto pelos acervos que possuem, mas sim pela arquitetura que exibem. Se aquando da execução dos seus projetos forem também tidos em conta as questões relacionadas com a sua eficiência energética e sustentabilidade, utilizando uma orientação solar adequada, localização em zonas verdes e/ou arborizadas, materiais de revestimento e isolamentos térmico ou acústicos apropriados, aberturas e ventilações naturais adequadas, iluminação natural apropriada e utilização de energias renováveis, transformam-se também num veículo publicitário e pedagógico para todos os que os visitam, aumentando assim ainda a divulgação das tecnologias que devem ser cada vez mais utilizadas, contribuindo para o equilíbrio ambiental no nosso planeta.

2.1.2 O comportamento térmico

O comportamento térmico dos edifícios destinados a Museus, quer para edifícios construídos de raiz, quer para edifícios históricos existentes, podem ser afetados

negativamente por alguns parâmetros que possam não ter sido contemplados antes da sua construção. Entre eles, o mais importante, é a obrigatoriedade de um bom projeto que responda em pleno às exigências necessárias para as funções a desempenhar pelo edifício, devendo a sua execução ser rigorosa. Outro parâmetro também importante é o climatológico local, cujas variações ambientais, não são por vezes sujeitas ao controlo humano. A insuficiente atenção a estes aspetos em fase de projeto e na execução da obra, conduzem a custos sobreelevados para garantir que o ambiente dentro destes edifícios seja confortável em cada momento da sua utilização.

Durante o Verão, especialmente em climas quentes, ou durante o Inverno em climas frios, os edifícios são expostos a altas intensidades de radiação solar e altas temperaturas e, a muito baixas temperaturas, respetivamente. Desta situação podem resultar condições de sobreaquecimento ou subarrefecimento excessivo, em qualquer das situações o limiar do conforto térmico interior e das necessidades térmicas para a conservação patrimonial. Nestas circunstâncias a proteção destes edifícios e dos artefactos e a influência ambiental direta, são de grande importância. A falta da proteção adequada conduz a que a energia necessária para manter o aquecimento ou arrefecimento nos valores estáveis aconselháveis, para cada necessidade concreta, tenham um peso económico muito elevado e, cumulativamente, não sendo consumida energia proveniente de fonte renovável, haverá mais uma contribuição para que o impacto seja negativo do ponto de vista ambiental.

Por isso, também um bom projeto «ambiental» deve ser cuidadosamente pensado de forma a ter em conta as condições de conforto no interior destes edifícios e as condições de conservação, reduzindo ao máximo as necessidades de uso de aparelhos mecânicos para aquecimento e arrefecimento que podem interferir e, pontualmente, vir a causar problemas na qualidade do ar que circula no interior das salas, e ainda, acarretar custos adicionais com a sua execução e posterior manutenção.

A utilização de materiais de revestimento e cores que não absorvam demasiado calor conjuntamente com espaços verdes nos próprios edifícios são questões que podem contribuir grandemente para, na altura do calor, reduzir a temperatura ambiente e deste modo minimizar as cargas de arrefecimento nos edifícios. Técnicas de design que direcionem o ar para onde ele é preciso, podem aumentar o potencial para a ventilação natural e noturna.

Espécies de vegetação adequadas e o seu correto posicionamento local podem ter também efeitos positivos quer no Inverno quer no Verão. Por exemplo, as árvores com folhagens colocadas a sul podem oferecer proteção natural para a radiação solar e

arrefecimento evaporativo no verão, enquanto permitem o acesso do sol aos espaços internos no inverno. Além disso absorvem grandes quantidades de radiação solar que ajudam a manter o ar e o pavimento térreo frescos, enquanto a evapotranspiração pode proporcionar uma maior diminuição das temperaturas.

A vegetação cria uma barreira para o vento, reduzindo assim diferenças de pressão do ar nas superfícies do edifício. Ao reduzir as velocidades do vento em torno do edifício, a vegetação pode modificar a interação entre a convecção da envolvente do edifício e do ar exterior.

A vegetação pode também ajudar a mitigar os efeitos de estufa, a filtrar as partículas poluentes, atenuar a poluição sonora, prevenir o edifício da erosão e criar uma agradável sensação de tranquilidade.

A sombra proveniente das árvores contribui para a redução do consumo de energia e para arrefecimento no interior do edifício de três maneiras:

- Prevenindo a radiação solar direta pelas janelas;
- Reduzindo a quantidade de calor que chega ao interior através da envolvente do edifício;
- Mantendo fresco o solo envolvente do edifício (efeito de dissipador de calor).

Havendo necessidade, é possível aumentar a velocidade do fluxo de ar na direção do interior do edifício ou por cima, construindo uma vedação ou uma sebe viva à volta deste, ou dividindo a corrente de vento, conduzindo parte dele através do edifício enquanto a outra parte passa por cima. A combinação de diferentes corta-ventos (paredes ou árvores) e a distância a que se localizam do edifício podem dar vários e diferentes resultados melhorando a ventilação cruzada e criando uma zona calma protegida.

Além do uso da vegetação e das técnicas para ajudar a definir a direção e a intensidade do vento, conforme se esquematiza na Figura 47, outras técnicas paisagísticas incluem o uso de lagoas, riachos e cascatas para um arrefecimento evaporativo. Estas técnicas podem ser implementadas em zonas de climas quentes e secos, produzindo efeitos consideráveis.

Uma «massa» de água à volta de um edifício vai originar diferentes comportamentos térmicos nas superfícies terrestres locais, sendo uma consequência de:

- diferenças na forma como a radiação solar é transmitida ou absorvida;

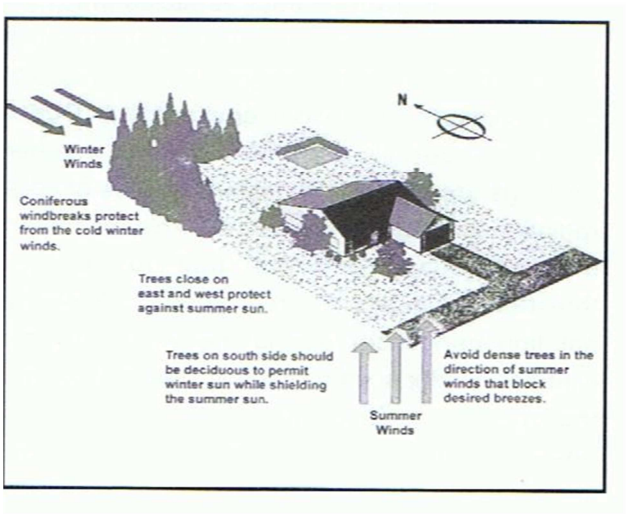


Figura 47
Esquema de orientação para plantação de arvoredo de proteção
Fonte: The Museums handbook (2004)

- mistura e convecção que permite a água armazenar calor, sendo mais eficiente consoante a maior profundidade da massa de água;
- perdas de calor devidas à evaporação.

A presença de uma grande «massa» de água provoca uma forte descida da temperatura do ar em função da quantidade de água e da velocidade do vento e sua direção. Lagos e chafarizes podem ser sistemas de ar condicionado eficientes usados em espaços abertos devido à sua capacidade para manter as temperaturas da água inferiores às temperaturas do ar, devido à sua baixa refletância.

É importante na construção dos edifícios que sejam usados materiais que tenham uma boa condutividade térmica e uma grande capacidade para armazenar a energia, ou seja, possuam elevada capacidade térmica. Estas condições reunidas vão permitir que o edifício funcione como um «banco» de armazenamento térmico, o que proporciona um significativo melhoramento na sua performance, tanto durante o Verão, como durante o Inverno.

A existência e o fornecimento de ventilação natural noturna, durante o período de Verão, ao edifício, são essenciais para a rejeição do calor armazenado por convecção durante o dia. Este método é dos melhores para o arrefecimento passivo durante a noite, no período diurno, a massa térmica que compõe o edifício absorve o calor resultante da incidência direta da radiação solar que, no período noturno o volta devolver ao espaço.

Assim, é importante ter-se em atenção aos isolamentos colocados nos elementos de toda a envolvente exterior do edifício, de forma a minimizar a influência das solicitações climáticas exteriores, podendo para isso serem utilizados os revestimentos que visem aumentar a refletância das superfícies para assim se evitarem as altas temperaturas nessas mesmas superfícies, incluindo plantações junto dos edifícios ou mesmo na sua cobertura.

Existem também materiais disponíveis para aplicação, em fachadas exteriores dos edifícios, bem como em pátios e pavimentos, que tanto absorvem como defletem a radiação solar incidente. O uso de materiais com grande albedo[45] podem reduzir a quantidade de radiação solar absorvida pela envolvência do edifício e pelas estruturas, mantendo deste modo frescas as suas superfícies. O uso de materiais apropriados podem conduzir a uma redução da temperatura na sua superfície e, assim, reduzir a indução de «carga» de ar condicionado. Relativamente aos materiais usados para as coberturas ou paredes, devem escolher-se os que apresentam um albedo elevado para uma boa radiação solar, (próximo de 70%), porquanto, as coberturas convencionais ou materiais, de acabamento, têm um albedo típico de cerca de 20%. Importantes poupanças de energia podem ser esperadas quando materiais refletantes do sol são usados nas superfícies exteriores dos edifícios.

Através das coberturas é possível reduzir a necessidade de energia uma vez que se obtém redução da radiação solar visto que é absorvida pela cobertura. Este método é particularmente aplicável em climas predominantemente frios onde a redução de calor absorvido pelas coberturas com materiais de cor escura pode reduzir significativamente a procura de refrigeração. A redução dos ganhos de calor solar através da utilização de cores claras é mais significativo em telhados com menores dimensões e maiores valores de raios ultravioletas (U.V.). Podem ainda obter-se melhores resultados através da utilização, nas coberturas de materiais com absorção solar baixa, de:

- materiais de acabamento do tipo refletores;
- adicionamento de seixo de cores claras, que produzem também um efeito de isolamento;
- revestimentos cerâmicos de cores claras.

Quando se utiliza o seixo no revestimento das coberturas é necessário ter em conta o reflexo do seu peso na estrutura e verificar, face à sua reduzida granulometria, que o sistema de drenagem das águas pluviais não corre risco de vir a ser entupido ou danificado.

É ainda importante ter presente como é o movimento do sol em relação ao edifício e as reduzidas horas de luz solar no Inverno, podem originar o aumento das cargas de aquecimento artificial.

[45] Relação entre a quantidade de luz refletida de uma maneira difusa por um corpo não luminoso e a quantidade de luz incidente

Assim, a avaliação dos resultados face à utilização de cores claras nas coberturas deve ter em conta a deterioração dos materiais usados, devido à sua natural sujidade e vetustez.

O estudo rigoroso para a implementação dum projeto ambiental quando se constrói qualquer edifício, é um processo multifacetado e multidisciplinar. As questões relacionadas com os métodos a adotar para aquecimento e arrefecimento não devem ser consideradas como fenómenos isolados, mas sim estritamente ligados à forma e tipo de construção em questão, seu padrão de ocupação, e fontes de ganho ou perda de calor sob as diferentes condições climáticas. A Figura 48 mostra, em esquema, as interferências do sol e da chuva nos edifícios, com reflexos diretos no seu conforto interior.

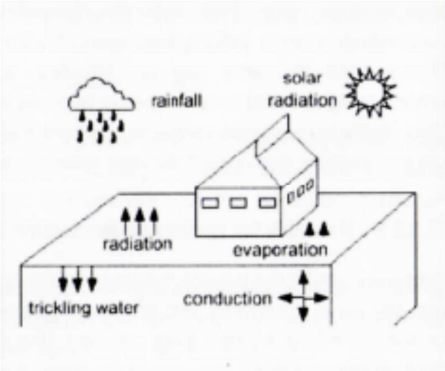


Figura 48
Esquema da interferência do clima nos edifícios
Fonte: The Museums handbook (2004)

A observação das políticas energéticas em vigor coloca aos projetistas constantes desafios que, para efetuarem a análise e o projeto de edifícios energeticamente eficientes, precisam de obter quais as condições térmicas adequadas e em simultâneo compreender a influência que os diversos espaços têm na obtenção dessas condições.

Assim, o comportamento térmico de qualquer tipo de edifício é de extrema importância, pelo que, se torna fundamental tomarem-se sempre as medidas adequadas para que o seu projeto e os materiais utilizados na sua construção ou reabilitação tenham em consideração um tratamento que proporcione, na prática, a obtenção do conforto apropriado com recurso a baixos consumos energéticos. A avaliação das melhores soluções construtivas sob o ponto de vista de uma análise térmica, assumem também uma enorme relevância.

2.1.3 Prevenção para a perda de calor

Para a otimização térmica da envolvente dos edifícios devem ser usados isolamentos térmicos exteriores, inseridos nos elementos opacos externos que se coloquem nas fachadas,

bem como nas coberturas, sendo estas das mais simples e mais eficientes medidas a serem consideradas, especialmente quando se trata de edifícios já existentes. Face à grande diversidade de materiais que se usam para este efeito, podem ser estudadas soluções que não interfiram muito com a sua arquitetura. A aplicação destes materiais nas fachadas com o objetivo principal de poupar energia, ocorre normalmente em conjunto com outro tipo de obras de remodelação que os edifícios necessitem. É teoricamente possível isolar uma parede tão eficazmente, que a perda de calor seja praticamente nula, sendo necessário ter tido em conta o tratamento de todas as pontes térmicas.

Nas coberturas devem ser usados materiais que aumentem a reflexão dos raios solares diminuindo a transmissão de calor através da área de telhado, que é geralmente grande, e vai reduzir problemas de alta temperatura no piso imediatamente abaixo da cobertura durante o período de Verão. Pode também, reduzir riscos de condensação quando as temperaturas exteriores são baixas.

Há no mercado vários materiais cujas características se adequam a um bom isolamento quer das fachadas quer das coberturas, de forma a que as trocas térmicas entre o interior e o exterior sejam reduzidas ao mínimo, obtendo-se assim o melhoramento da sua eficiência. Em Portugal existe regulamentação[46] aplicável que define, com algum rigor, os parâmetros térmicos a usar para cada tipo de ocupação.

Por vezes, para controlar as elevadas temperaturas interiores nos edifícios, é aconselhável a utilização de técnicas de arrefecimento passivo, tanto na perspetiva de beneficiação do ambiente térmico, em espaços não climatizados, como para a redução do consumo de energia em espaços climatizados. É uma forma eficaz de se atenuar o aumento da energia consumida, por sistemas mecânicos de ar condicionado, que se tem utilizado nos últimos anos em Portugal e nos demais países, especialmente do Sul da Europa. Estas técnicas contemplam a envolvente do edifício e medidas estruturais tais como, substituição de janelas ou adição de revestimentos refletores nas janelas existentes, utilização de sistemas solares de sombreamento com consequente aumento da «inércia térmica» de um edifício, isto é da sua capacidade de contrariar as variações de temperatura no interior devido à capacidade de acumular calor nos elementos que constituem a sua construção.

Constitui uma boa e frequente solução, a utilização de medidas mais «ativas» destinadas ao arrefecimento interior dos edifícios, tais como, ventilação natural e/ou noturna,

[46]Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edificios (RCCTE) - Dec. Lei 80/2006, de 4 de Abril

através do uso de ventiladores de teto e chaminés solares, e arrefecimento evaporativo indireto, conforme esquema da Figura 49. Além disso, medidas utilizadas em modo de aquecimento, tais como isolamento adicional e ajustes pontuais das temperaturas, podem também ser aplicáveis. Deve-se também ter presente que alguns problemas de iluminação, tais como o aumento do uso de luz solar, produzirá efeitos diretos para a procura de arrefecimento e, por isso, deve ter-se por isso ter-se em atenção o seguinte:

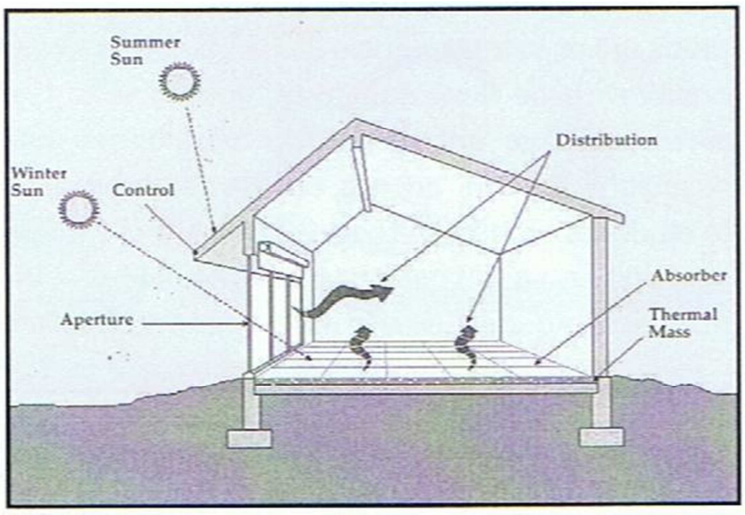


Figura 49
Esquema do arrefecimento evaporativo indireto num edifício
Fonte: The Museums handbook (2004)

- prevenção do ganho de calor.
- modelação do ganho de calor.
- dissipação de calor

As primeiras duas medidas apontam para a diminuição do ganho de calor e a temperatura do ar dentro do edifício, enquanto a terceira visa reduzir a temperatura de ar interior.

A prevenção do ganho de calor é o primeiro nível em direção ao melhoramento das condições de conforto térmico, no interior dos edifícios, e inclui todas as medidas que ajudam a minimizar o ganho de calor interior.

O ganho de calor no edifício pode ser classificado como externo e interno:

- ganho de calor externo, originado pela radiação solar transmitida para o interior através de vidros ou, absorvido por elementos opacos e consequentemente conduzidos para o interior e, o calor ambiente, conduzido através da estrutura do edifício ou transmitida por convecção através da ventilação e da infiltração de ar.

- ganho de calor interno, originado através de calor metabólico produzido pela ocupação de iluminação artificial (uma fonte de calor significante em edifícios de museu), de computadores e de outros variados equipamentos elétricos.

A contribuição de cada tipo de ganho de calor depende da estrutura envolvente e do uso do edifício ou zonas deste.

A proteção através do ganho de calor envolve as seguintes medidas estruturais:

- o paisagismo e utilização de espaços exteriores e semi-exteriores;
- formato do edifício, seu «layout» e acabamentos exteriores;
- controlo solar e sombreamento das superfícies do edifício;
- insolação térmica;
- controlo dos ganhos internos.

A modulação do ganho de calor é muito influenciada pela sua capacidade de armazenamento de calor na estrutura do edifício que pode ser alcançada através do uso de materiais de grande capacidade térmica (ou inércia térmica, como também é designada). Materiais de elevada inércia térmica tais como tijolo e betão, armazenam o calor e o frio assim como aquecem ou arrefecem relativamente devagar. Este atraso, ou «lag térmico», pode atenuar picos de arrefecimento e modular temperaturas internas permitindo que a descarga de calor seja feita mais tarde, nomeadamente à noite.

A inércia térmica pode também reduzir o fluxo de calor, atingindo o interior do edifício, porque como é sabido, parte do calor armazenado na envolvência é reirradiada e conveccionada novamente para o ambiente exterior durante a noite quando a inércia térmica atua como armazenamento de «frio», que se vai esgotando gradualmente durante o dia. Relativamente às grandes oscilações da temperatura exterior, o mais importante é o seu efeito sobre a inércia térmica. O papel deste elemento alcança a sua maior importância em edifícios que estão em uso contínuo, onde se incluem os Museus.

2.1.4 Alguns sistemas de ventilação

A utilização de uma ventilação natural ou híbrida, bem como estratégias para o seu processamento noturno podem, nalgumas situações, e tendo em conta o tipo de edifício, a sua construção e o local, ser uma alternativa muito importante ao uso de sistemas mecânicos para esse efeito. Assim, para este tipo de ventilação, é importante a utilização conjunta de grelhagens estrategicamente posicionadas nas fachadas, com design adequado a cada situação,

e devidamente protegidas por forma a não permitir a entrada de chuvas ou qualquer tipo de animal, e também de aberturas em coberturas e paredes exteriores cuja regulação, de zero até ao máximo projetado, é feita automaticamente, através de sistemas mecânicos instalados, conforme esquema que se apresenta na Figura 50.

A obtenção de ar aquecido no interior dos edifícios através de sistemas híbridos, nomeadamente com a utilização dos coletores solares e aproveitamento das condições naturais de humidade e de temperatura do terreno onde o edifício está implantado e ainda a sua ventilação natural devidamente estudada, oferecem uma possível alternativa a sistemas tradicionais de ar condicionado, não apenas na procura de calor, mas também de toda a refrigeração necessária.

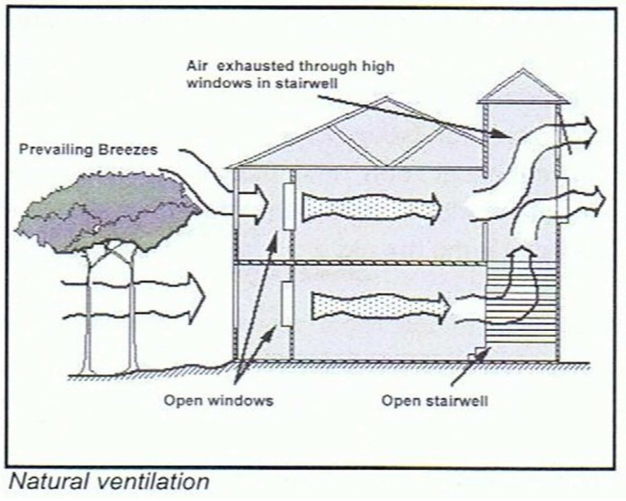


Figura 50
Esquema de ventilação híbrida num edifício
Fonte: Fonte: The Museums handbook (2004)

A ventilação é uma das boas técnicas para o arrefecimento dos edifícios em qualquer local onde este se localize. É baseada na convecção onde o fluxo de ar próximo da superfície, transporta o calor fornecido a uma temperatura mais baixa do que a da superfície. Quando este passa pelo corpo humano, aumenta a taxa de evaporação da pele, que faz aumentar a extração de calor.

Os movimentos de ar entre o exterior e o interior dos edifícios resultam das diferenças entre a pressão interior e exterior, que podem ser conseguidos por forças naturais, impostas por diferenças de pressão de ar induzido, ou gradientes térmicos, ou ainda, pela via de forças mecânicas (diferença de pressão induzida mecanicamente, utilizando por exemplo ventiladores).

A circulação do ar entre o exterior e o interior de edifícios durante a noite - quando a temperatura do ar é menor, influencia a temperatura do ar interior, que pode originar armazenamento de frio face à inércia térmica do edifício.

A ventilação diurna pode melhorar o conforto térmico através de fluxos de ar interiores, maiores, que podem fornecer um efeito de arrefecimento físico direto, mesmo a temperaturas da ordem dos 34ºC. Uma maior velocidade do ar aumenta a taxa de evaporação do suor da pele, minimizando também o desconforto da sensação de pele molhada. Deste modo, é especialmente benéfico quando a humidade relativa do ar é mais elevada.

Embora a ventilação diurna possa aumentar a temperatura de superfícies internas e do ar, o seu efeito global no conforto pode ser positivo, desde que as condições de conforto interior possam ser aceitáveis, prevalecendo a temperatura do ar exterior, e supondo-se uma velocidade de ar interior aceitável. Estima-se que um aumento da velocidade do ar de 0,15 m/s compensa o aumento de 1ºC na temperatura do ar a níveis de humidade relativa (HR) moderada, inferior a 70%.

É de grande importância que todos os edifícios possuam características arquitetónicas e estruturais, de origem ou sejam criadas, de forma a facilmente se alcançarem condições que possam permitir:

- obter um fluxo de ar contínuo em todos os locais do edifício;
- direcionar o fluxo de ar pelas zonas ocupadas;
- atingir velocidades de ar confortáveis, especialmente perto dos ocupantes.

Para que sejam atingidos estes objetivos com a ventilação natural diurna, os materiais usados, quer os estruturais ou os de enchimento em paramentos verticais ou horizontais, deverão ter características de baixa capacidade de retenção de calor.

Outra das questões térmicas importantes a considerar nos edifícios é o arrefecimento radiativo. É durante os períodos diurnos e noturnos que as perdas por radiação acontecem, uma vez que se trata de um processo contínuo. No entanto, em virtude da ausência de radiação solar direta, é durante a noite que os seus efeitos mais se fazem sentir. O arrefecimento do edifício pode ser feito pela emissão de radiação através dos seus elementos construtivos envolventes exteriores.

O arrefecimento radiativo é baseado na perda de calor através da emissão de ondas longas de radiação de um corpo em direção a um outro corpo de temperatura mais baixa, que desempenha a função chamada de «pele molhada». No caso de edifícios, o corpo frio é

representado pelo edifício, enquanto a «pele quente» corresponde à atmosfera, desde que a temperatura nesta seja menor que as temperaturas da maioria dos objetos na Terra.

A envolvente do edifício irradia, em direção à atmosfera, e fica mais frio, reforçando deste modo a perda de calor do interior do edifício. A cobertura absorve a maior parte da radiação solar durante o Verão, tornando-se deste modo num radiador efetivo. Num dia de Verão quente a cobertura de um edifício pode atingir cerca de 65ºC à tarde, o que é bastante significativo uma vez que corresponderia uma reirradiação de cerca de 750 Wm^{-2} em direção à atmosfera.

2.1.5 Benefícios ambientais e económicos

São evidentes e relevantes os benefícios ambientais e consequentemente económicos quando obtidos no início de um projeto quer de raiz, quer de remodelação/reabilitação, ou mesmo de ampliação, e se começa por ter em conta o local onde vai ser implantado, caso se trate de edifício novo e, ainda os materiais, quer estruturais, quer de enchimento, quer de revestimento que se vão usar em qualquer destes tipos de obras. Concretizadas estas premissas, de extrema importância, surgem naturalmente, entre outros, os seguintes benefícios:

- redução do uso permanente, ou quase permanente, do ar condicionado;
- redução das cargas de aquecimento e da contribuição da geração da energia elétrica, com a correspondente diminuição dos consumos e da dependência de combustíveis fósseis, contribuindo assim para a descida da poluição atmosférica e das alterações climáticas;
- contribuição para a diminuição dos níveis de CO_2 causados pela utilização de combustíveis fósseis, sempre que é usada a energia proveniente de fontes renováveis;
- redução dos sintomas de doença reportados em pessoas que trabalhavam em edifícios com ar condicionado (conhecida como «síndroma dos edifícios doentes»);
- condições de conforto térmico interior melhoradas.

Alcançados estes objetivos resultam daí benefícios económicos de extrema importância. Há por isso lugar à redução de custos energéticos significativos, pelo que essas poupanças podem ser canalizadas para outros investimentos com benefícios adicionais nomeadamente:

- instalação de unidades de aquecimento e refrigeração de menores capacidades, reduzindo assim os custos da construção global de um edifício;

- contribuição para a redução do défice comercial, uma vez que há necessidade de importar menos equipamentos e com menores capacidades para a produção de calor ou refrigeração;
- diminuição da dependência económica de países com recursos económicos limitados.

Assim, podemos afirmar que o comportamento térmico de qualquer edifício é vital para que se obtenha um conforto saudável e por isso, a sua construção ou reabilitação deve ser sempre efetuada de forma a obterem-se os melhores resultados em termos da sua eficiência.

2.2 A importância das acessibilidades, exteriores e interiores

Nos tempos atuais reconhece-se que os Museus, são lugar por excelência de cultura, à volta dos quais se desenvolvem atividades de índole cultural, que interessam aos diferentes públicos. Esta preocupação tida hoje pelos Museus para «cativarem» pessoas dos diferentes escalões etários e sociais, inclusivamente com diferentes níveis de conhecimentos, leva-nos a afirmar que qualquer pessoa deve e pode visitá-los. Não devemos esquecer que os Museus só existem com e para o público, e que este vai ali muitas vezes movido pelas coleções e outras vezes pelo próprio edifício ou espaços circundantes, quer sejam edifícios públicos ou de entidades privadas.

Nos acessos para entrada em Museu - quer se trate da entrada inserida no muro de vedação dos edifícios, quer seja uma entrada com acesso direito aos edifícios - não devem existir diferenças muito acentuadas nas cotas altimétricas entre o exterior e interior. No caso de existirem esses desníveis, devem os mesmos ser sempre superados pelo uso de escadas de inclinação suave e/ou rampas de declive ligeiro, cujas dimensões e características construtivas permitam a circulação fácil de cadeiras de rodas. Em Portugal existe legislação aplicável a estes casos que estabelece os requisitos mínimos a observar neste tipo de instalações.

Relativamente às circulações interiores, verticais e horizontais, é condição importante e fundamental que as larguras destas sejam generosas para que todos os ocupantes/utilizadores desses espaços, quer estejam de passagem quer estejam para observação, se deslocam pelos seus próprios meios ou em cadeiras de rodas, o possam fazer com prazer, de forma segura e confortável. Das circulações interiores, como já referido, fazem parte os acessos verticais, onde se incluem escadas fixas, escadas rolantes e elevadores. É de notar, no entanto, que as inclinações das escadas - quer sejam fixas ou rolantes - estão sujeitas

a restrições no seu desenvolvimento horizontal face às alturas a vencer num espaço limitado. Assim, as escadas deverão ter as dimensões mínimas que a legislação aplicável, em vigor obriga, e quanto aos elevadores - solução mais confortável para todos quantos utilizam o Museu - é fundamental que as suas dimensões, em largura e profundidade, bem como a dimensão da largura das suas portas, permitam a entrada e acomodação fácil de cadeiras de rodas.

2.3 Exigências ambientais na exposição e conservação de acervos

Todos os acervos, incluindo o património natural e o cultural, necessitam de estar integrados num ambiente adequado, sob o ponto de vista da sua preservação e durabilidade, para se manterem em bom estado de conservação. Como já atrás foi referido, existem muitos fatores que interferem direta ou indiretamente na sua degradação, que pode ser mais ou menos acelerada. Estes fatores estão sobejamente conhecidos, face à ampla informação disponível sobre os cuidados de prevenção a ter em conta. Em termos ambientais apenas será necessário criar as condições apropriadas em cada local e, para cada tipo de acervo. Procedendo-se desta forma, estamos a contribuir para o prolongamento da vida do património cultural que as gerações atuais e vindouras terão ao seu dispor, permitindo-lhes a partir desse património a obtenção de um amplo conhecimento da história da humanidade sem deturpações.

Iremos seguidamente abordar os diferentes fatores que influenciam na conservação e na vida dos acervos, bem como alguns parâmetros a respeitar.

2.3.1 A iluminação

A iluminação natural ou artificial dos espaços museológicos e especialmente os destinados às exposições dos acervos, é um fator de elevada importância que requer um estudo aprofundado face a cada espaço e tipo de acervo. Este estudo deverá ter em conta o tempo máximo de exposição que cada bem patrimonial suporta, bem como os Luxs e a radiação Ultra Violeta (U. V.) adequadas. Dado que para alguns acervos já existem valores devidamente estudados e, inclusivamente testados, mostramos no Quadro 3 os valores para alguns tipos de acervos, de acordo de acordo com as suas sensibilidades.

Quadro 3
Exposição à luz e à radiação U. V. recomendados para alguns materiais
Fontes: Instituto dos Museus e da Conservação e execução do próprio (2010)

Sensibilidade de Materiais	Lux (lm/m2)	U. V. (µW/lm)	Exposição diária máxima (horas)
Muito sensíveis: têxteis, aguarelas, guaches, obras de papel, pergaminho, fotografia a cores, couro pintado, maioria dos objectos de colecções etnográficas e de história natural.	<50	<30	7
Sensíveis: pintura a óleo e têmpera, couro não pintado, laca, mobiliário, osso, marfim, corno, fotografia a preto e branco.	<200	<75	7
Pouco sensíveis: metais, pedra, cerâmica, vidro	<300	<75	7

A luz é um dos fatores de degradação mais importante, num Museu, porque, é o único impossível de eliminar, uma vez que a exposição de um qualquer objeto à luz, mesmo que as condições de iluminação sejam as mais corretas, ela contribui sempre para a sua degradação. Embora este facto seja conhecido, na prática, por todos nós, ele foi comprovado através de várias experiências realizadas por alguns investigadores entre os quais podemos mencionar, David Stefan Michalski, do Canadian Conservation Institute no Canadá e Jurgen Kroochmann, da Universidade de Berlim na Alemanha.

Damos como exemplo uma das experiências de Jurgen Kroochmann demonstra que uma aguarela exposta, apresenta os primeiros sinais percetíveis de degradação ao fim de cerca de 8 anos de exposição. Ora, se pensarmos que os Museus estão abertos ao público pelo menos 6 dias por semana, 7 horas por dia, significa que o espaço de um ano corresponde a 4 anos de exposição museológica, partindo-se do princípio que não há nenhuma luz quando o Museu está fechado. Então isto significa dizer que os primeiros sinais de degradação ou alteração das condições físicas surgem ao fim de 32 anos.

A iluminação nos Museus tem como objetivo fundamental permitir uma visão correta, ou a valorização cénica dum objeto, dum texto ou dum local. É uma realidade que a nossa visão se adapta com relativa facilidade a níveis de iluminação muito diferentes; por isso, quando saímos de um local quase «às escuras» para outro com mais iluminação temos a

sensação de «claridade» se bem que na realidade, por vezes, a níveis de iluminação muito baixos.

Fundamentando-nos nesta capacidade da visão do Ser Humano, devemos avançar para uma redução dos níveis de iluminação das coleções, nos Museus, de forma a que os valores de 300 e 50 lux não sejam encarados como normas, mas como limites.

Para controlar a quantidade de luz que se pretende utilizar, há que definir essa grandeza, para cada caso concreto, sendo a unidade de medição utilizada o Lux, ou seja, a quantidade de luz que, uma fonte luminosa padrão, faz incidir numa área de $1m^{2,}$ a uma determinada distância da área a iluminar, havendo uma relação direta entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância. O equipamento de medição, o Luxímetro (Figura 51), é de custo reduzido e de muito fácil manuseamento.

Uma das características fundamentais da ação da luz é o seu efeito cumulativo, como acontece com alguns venenos que surtem efeito, mesmo em doses pequenas, desde que sejam absorvidas de forma contínua. Assim, conforme a chamada «lei de reciprocidade», 50 lux durante 100 horas, causam o mesmo efeito de 500 lux em 10 horas, ou 5000 lux, durante 1 hora. É por este aspeto de ação da luz que leva a recomendar que, sobretudo as espécies mais sensíveis, estejam em completa escuridão sempre que não estejam expostas ou não haja visitantes para elas.



Figura 51
Imagem de um Luxímetro
Fonte:http://www.impac.com.br/Pictures/YK 10LX.jpg



Figura 52
Imagem de um Medidor de raios UV
Fonte:http://www.dojapao.com.br/fotos/603-0415.jpg

Na iluminação há dois componentes muito importantes que representam duas formas essenciais de ação da luz: as radiações ultravioletas (UV), avaliadas por meio de um medidor apropriado (Figura 52) e os infravermelhos (IV)**.** As primeiras, de grande energia, penetram fundo nas estruturas orgânicas e podem desencadear fenómenos de degradação mesmo no interior da estrutura molecular; as segundas, são responsáveis pela transmissão de calor que contribui para acelerar processos de degradação, pelo aumento da temperatura que é provocada superficialmente.

A ação das primeiras pode combater-se através da utilização de filtros adequados, enquanto que, no segundo caso, deverão ser tidas em atenção a seleção cuidada dos pontos de luz e a distância a que se colocam relativamente ao objeto. Estas radiações são utilizadas também em medicina, pelos efeitos que a sua ação tem nos materiais orgânicos, que constituem, afinal o essencial das coleções dos Museus[47].

No mercado existem disponíveis filtros de U.V. sob a forma de películas que se podem aplicar diretamente nos vidros, nas placas translúcidas de acrílico ou nos tubos de proteção das lâmpadas fluorescentes.

Como boa alternativa a estes filtros de U.V. existe o simples pano-cru e sobretudo o linho. Também a luz refletida numa parede branca perde a maior parte dos seus U.V.

Quando se estudam as iluminações a colocar em cada local, põe-se sempre à partida a questão de qual o tipo ou tipos de luz utilizar, isto é, se natural, fluorescente, fluorescente compacta, incandescente ou LED (Light Emitting Diode). Para que a escolha produza os efeitos esperados devemos sobretudo:

- respeitar os níveis de iluminação adequados a cada local e circunstância;
- reduzir ao mínimo os tempos de exposição dos objetos;
- reduzir ao mínimo possível os U.V. e a ação dos I.V.

Cumpridos estes requisitos, a escolha do tipo de iluminação passa a ser feita em função da dimensão e configuração das salas, da natureza das coleções ou da encenação. A iluminação natural tem normalmente associados custos elevados, e o seu controlo, com ou sem automatização, é conseguida por meio de mecanismos mais ou menos complexos de instalações dispendiosas. Apesar de tudo é difícil conseguir-se a obscuridade total quando os espaços não estão a ser utilizados.

[47] Madeira, cera, tecidos, corantes, couros, peles em geral, penas, animais embalsamados, etc. Mesmo certas ligas metálicas e alguns vidros são afetados pela luz.

Deve existir uma iluminação adequada em todas as acessibilidades verticais, zonas de circulação e em todos os serviços de apoio, que são parte integrante do edifício, não descurando alguns fatores, nomeadamente o conforto visual. Isto é, que exista uma boa visibilidade para todos os visitantes/utilizadores, em cada local do edifício, de acordo com as exigências para a sua função específica, bem como para os eventuais percursos/circuitos estabelecidos paralelamente. A iluminação de emergência deve estar estrategicamente localizada, para o caso de uma falha de energia pontual no edifício, por forma a que a eventual necessidade de evacuação de emergência do público se processe por caminhos previamente definidos, implementados e bem identificados localmente.

O tipo, a cor[48] e as características de potência das diferentes iluminarias, tem sempre uma relação direta com o local em questão, consoante se trate de circulações interiores ou exteriores, locais destinados à investigação, serviços de apoio administrativo, locais das instalações de bares e/ou restaurantes, bem como instalações sanitárias, sendo importante obter-se, em qualquer destes locais, as condições confortáveis de iluminação, de forma a não prejudicar todos aqueles que frequentam estes espaços.

Para a obtenção dos valores adequados em cada local relativamente à quantidade de Lux e de radiação Ultra Violeta (U.V.), basta calcular as necessidades em função do que for necessário iluminar e consultar as informações técnicas disponíveis para cada um dos variados tipos de iluminarias existentes no mercado, podendo esses ser verificados e confirmados «in situ» através dos equipamentos apropriados referidos.

A arquitetura de Museus, começando pela implantação e orientação solar, conceção das fachadas, bem como a definição dos espaços interiores, representam questões essenciais para a solução de muitos problemas de iluminação, pelo que deve existir uma colaboração estreita, na fase do projeto, com os museólogos e conservadores a fim de que estes indiquem, com rigor, a utilização específica dos espaços, a definição dos percursos pretendidos e todos os imperativos das coleções ali instaladas.

2.3.2 A humidade relativa

Outra das situações que concorre para a degradação dos acervos, é a ocorrência de humidades relativas do ar com valores acima ou abaixo daqueles que forem suportáveis face à

[48] Trata-se da designação atribuída pelos fabricantes das iluminarias referindo-se às diferentes tonalidades de cor que estas emitem.

sensibilidade de cada tipo de acervo, quer estes se encontrem nas reservas técnicas ou expostos. O Quadro 4 dá-nos os parâmetros máximos e mínimos aconselháveis para os materiais aí mencionados.

Quadro 4
Níveis críticos da humidade relativa de alguns materiais
Fontes: Hernandez (1998) e execução do próprio (2010)

Materiais	**Sensibilidade à Humidade (%)**	
	Máxima	**Mínima**
Colecções de anatomia, exceptuando-se as espécies embalsamadas	60	40
Espécies arqueológicas (materiais higroscópicos)	60	40
Vestes etnográficas, tela, cestaria, máscaras	60	40
Espécies Botânicas	60	40
Insectos	60	40
Laca	60	50
Pinturas sobre tela ou madeira	60	45*
Leques orientais	60	45

* (50% é o valor considerado ótimo)

A leitura diária das humidades do ar, em todos os espaços museológicos, é um dos controlos e rotinas fundamentais. É obtida através de aparelhos simples e de leitura direta, que mais adiante faremos referência. Caso sejam verificadas oscilações que ultrapassem os limites, máximo ou mínimo, relativamente às sensibilidades dos diferentes materiais, devem ser postas em prática algumas soluções já testadas, e com bons resultados obtidos, como o recurso à sílica gel ou Art Sorb em cassete ou granulado.

A humidade relativa do ar é indicada em percentagem (%), uma vez que é o quociente entre a quantidade de humidade do ar e a quantidade máxima que ele pode conter à mesma temperatura e pressão, enquanto a humidade absoluta (massa de água contida em 1 Kg de ar seco) e os valores da saturação se expressam em gr/m3 ou Kg de água/Kg de ar seco. Trata-se no entanto de uma conexão entre duas grandezas: a porção de vapor de água que existe num volume de ar (humidade absoluta) e o máximo valor que ele pode conter, imediatamente antes do início da condensação, (saturação).

Existe no entanto uma estreita relação entre a temperatura e a humidade relativa dum espaço, pelo que, sempre que a temperatura desce, a humidade relativa sobe e, sempre que a temperatura aumenta, a humidade relativa diminui.

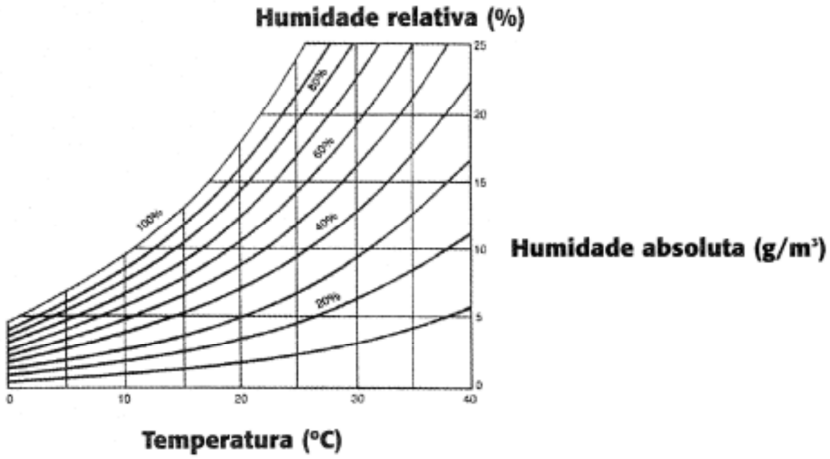


Figura 53
Diagrama de Mollier
Fonte: Instituto dos Museus e da Conservação (2010)

O diagrama de Mollier (Figura 53) mostra esta relação entre temperatura, humidade relativa, humidade absoluta e saturação.

A prática Museológica tem demonstrado que existem apenas dois valores que podem servir como referência mundial e que estabelecem que, o ambiente de humidade relativa inferior a 50% é bom para a instalação dos metais, enquanto os produtos orgânicos, cuja proveniência sejam as escavações subaquáticas, têm de ser conservados em ambientes saturados a 100%.

Há ainda mais uma referência a assinalar no comportamento de algumas espécies de acervos museológicos nomeadamente pinturas; os 60% de humidade relativa representam um limiar de grande importância. Acima deste valor a resistência estrutural diminui bastante e, se a temperatura descer abaixo dos 18ºC, amplia-se velozmente o perigo de geração de fungos, nomeadamente quando a humidade relativa média no exterior seja mais baixa.

Assim, a atuação do conservador será determinada pela observação das coleções, uma vez que existem unidades museológicas onde a humidade relativa média é mais baixa que 40% e onde as coleções estão em ótimo estado de conservação, e outros em que a humidade é superior a 60% e onde coleções, idênticas às primeiras, estão também num bom estado de conservação.

Especialistas como Robert Thomson Garry Howard são de opinião que a grande prioridade é a estabilidade da humidade relativa, e que esta não deve ter oscilações superiores a 10% nas 24 horas do dia, para não se correr o risco de reduzir seriamente a vida útil dos acervos.

Sabemos que a humidade relativa influência sobre diversas formas as substâncias orgânicas, pelo que, quando a humidade relativa desce abaixo dos 40% a sua estrutura contrai-se, torna-se mais rígida, ficando as substâncias orgânicas com tendência a partir e, no caso dos têxteis forma-se a chamada eletricidade estática; por outro lado, sempre que a humidade relativa seja superior a 60%, a estrutura amplia as suas dimensões, torna-se plástica, ganha flexibilidade e fica mais propensa à formação de fungos. Nos metais a corrosão ativa surge a partir de um nível de humidade de 50%. No entanto, devemos realçar, que é a oscilação da humidade relativa do ar que, se fôr brusca, pode acarretar avultados danos, modificando a estabilidade da dimensão das peças, surgindo deformações e fissuras, tornando opacos certos tipos de vidros e cristais, provocando a migração de sais na cerâmica.

Perante estes dados, o valor deve manter-se com o máximo rigor possível quando as coleções museológicas revelem boas condições de conservação a 40, 50 ou 60% de humidade relativa. Sobretudo, é importante ter a certeza que as coleções estão mesmo em boas condições e, para isso, há que ultrapassar a observação sensorial e efetuar a sua análise, recorrendo aos raios X e aos lasers.

A humidade relativa do ar nos museus mede-se habitualmente com um aparelho denominado psicrómetro de funda (Figura 54) que consta de dois termómetros, um seco e o outro designado por termómetro húmido ou de bolbo húmido, que tem o depósito de mercúrio envolvido numa gaze, que se molha com água destilada antes de iniciar a medição. Durante cerca de 2 a 3 minutos, gira-se o conjunto e lê-se a temperatura dos dois termómetros - a diferença, introduzida na tabela do fabricante, permite a determinação imediata da humidade relativa. O aparelho não precisa de afinação[49] e as suas medidas são de grande precisão: um operador com alguma experiência consegue erros inferiores a 2-3%.



Figura 54
Imagem de um Psicrómetro de Funda
Fonte:https://www.meteo.pt/pt/galeria/fotografia/equip_meteo_class.html?action=detail&image=5

[49] O único fator que pode afectar as leituras feitas com o psicrómetro de funda é a acumulação de pó na gaze (fica escura) ou a formação de calcário: daí a importância fundamental de só usar água destilada.

Podemos também utilizar os psicrómetros de aspiração, em que um pequeno ventilador faz passar o ar ambiente em torno dos dois termómetros. Além de ser mais cómodo de utilizar, é mais rigoroso e a sua precisão já não depende do operador.

Mas como o que mais nos interessa são os registos das oscilações, importa registar a sua evolução ao longo do tempo, o que se consegue por meio de termohigrógrafos (figura 55).

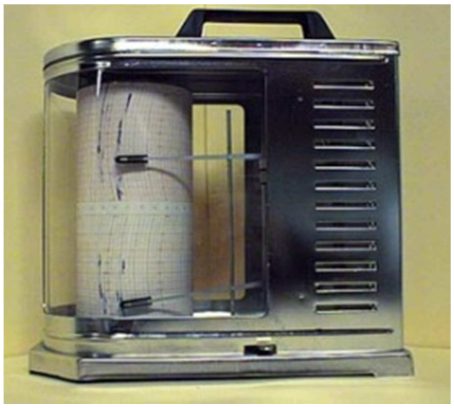


Figura 55
Imagem de umTermohigrógrafo
Fonte:http://www.meteo.pt/pt/areaeducativa/observar.o.tempo/emc/index.html?page=termo.higrografo.xml

Estes aparelhos dão-nos a conhecer a evolução do comportamento de uma sala ou de um imóvel e permitem a definição correta dos meios de intervenção a utilizar. De sublinhar que os termohigrógrafos mecânicos[50] exigem afinação periódica, pelo que devem ser aferidos pelo menos todos os meses com um psicrómetro de funda ou de aspiração.

O diagrama de Mollier fornece-nos muito claramente os valores que nos permitem atuar no sentido de podermos controlar a humidade relativa dos locais. Assim, para a reduzir devemos:

- diminuir o teor de vapor de água (humidade absoluta).
- aquecer o ambiente;

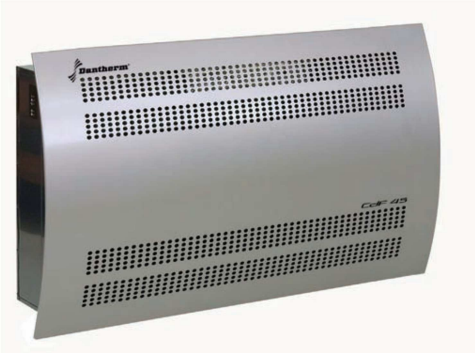


Figura 56
Imagem de um Desumidificador de Condensação
Fonte:http://www.caupel.pt/img_upload/produtos/81_3.pdf

[50] Existem no mercado termohigrógrafos computorizados que não exigem afinação periódica.

Este segundo processo designa-se por desumidificação e temos à nossa disposição dois tipos de equipamento: os desumidificadores de condensação (Figura 56) os mais conhecidos e utilizados, e os de absorção.

Os primeiros atuam obrigando o vapor de água existente a condensar numa superfície tubular fria, os segundos absorvendo-a. Com o primeiro conseguimos valores de humidade relativa mínimos de 45-50%, com o segundo atinge-se 15-20%.

Para aumentar a humidade relativa do ar devemos arrefecer o ambiente ou aumentar o teor de vapor de água. Este último processo designa-se por humidificação e os equipamentos mais usados são os humidificadores de pulverização mecânica (Figura 57). Qualquer dos processos deve ser controlado por meio de um aparelho chamado higrostato (Figura 58) ou humidistato que, regulado para o valor pretendido, comanda o arranque e a paragem do equipamento.



Figura 57
Imagem de um Humidificador de pulverização
Fonte:http://www.weko-urban.com.br/folder/pt/umidificador-ldf.pdf

Previamente a um processo de desumidificação há que averiguar o motivo da humidade. Na verdade, em muitas situações, o aumento da humidade relativa ambiente advém de algumas deficiências da construção, que devem ser corrigidas, tais como infiltrações de diversa origem e humidades estruturais com origem nas paredes ou no solo. Caso não se faça essa correção desse problema, pode agravar-se a situação, obrigando a um permanente recurso a aparelhos de desumidificação, o que é totalmente desaconselhável, por razões de segurança e de consumo de energia.



Figura 58
Imagemde um Higrostato
Fonte:http://www.koboldmessring.com/pt/bg/analise/prid/239/index.html

Sendo a humidade uma das principais causas de deterioração dos edifícios e consequentemente de todos os objetos que nele se encontrarem, é fundamental que as

impermeabilizações e isolamentos sejam regularmente vigiados. Como é de calcular, a humidade é mais elevada nas épocas do ano em que chove com alguma regularidade, e menos elevada nas alturas do ano em que o sol é abundante. A sua origem, como já foi dito, pode ser as infiltrações pontuais provenientes das águas das chuvas ou rotura de alguma canalização do edifício. No entanto, em muitas situações, é essencialmente proveniente de uma ventilação dos espaços menos cuidada, quer natural, quer artificial. Assim, para evitar todos os problemas que a humidade acarreta, para além dos cuidados a ter com a construção, no que se refere à ventilação, impermeabilizações e isolamentos, as condições ambientais no interior dos Museus devem ser mantidas, naturalmente ou artificialmente, de forma a obter-se uma estabilidade constante nas diferentes épocas do ano, sendo para isso necessária a existência de bons projetos, quer de arquitetura, quer das diversas especialidades.

2.3.3 A Ventilação

A necessidade de ventilar os espaços está diretamente associada ao conforto higrotérmico dos seus ocupantes e objetos existentes. Situações como o metabolismo dos ocupantes, as atividades desenvolvidas, os equipamentos instalados, os objetos existentes, degradam a qualidade do ar interior. Esta degradação pode ser manifestada por cheiros, irritações, alergias, saturação, humidades e condensações etc. A ausência de ventilação origina, para além do desconforto descrito, o aparecimento de diversas patologias no interior dos edifícios, formação de bolores e fungos, e a própria degradação dos materiais que aí se encontram.

A ventilação interior dos Museus, em todos os compartimentos ou zonas de circulação, (quer esta se faça naturalmente através de aberturas para o exterior do edifício, devidamente estudadas, no que se refere às suas dimensões e localização, quer seja forçada, através de meios mecânicos devidamente estudados), é fundamental e de enorme importância para a renovação permanente do ar viciado que se encontra dentro de todos os espaços interiores destes edifícios.

Não é de modo algum saudável nem agradável para quem visita e utiliza os Museus, nem tão pouco para os acervos expostos ou desprotegidos, que o ar circulante esteja misturado com poluentes químicos e biológicos ou ainda com eventuais maus cheiros. Por isso, a renovação constante e total do ar em todos os locais referidos é de importância vital e por isso indiscutivelmente exigível. Caso isso não seja feito ou, a periodicidade da renovação do ar

não seja adequada, correm-se sérios riscos de as pessoas poderem contrair algum tipo de doença proveniente da poluição do ar e, no que respeita aos acervos que estes sofram alterações mais ou menos significativas caso a poluição desse ar esteja contaminada com agentes químicos mais ou menos corrosivos.

Todos os edifícios estão sujeitos a trocas de massa de ar entre o interior e o exterior ficando os processos de ventilação natural dependentes dessas diferenças de temperatura. Nalguns edifícios, a ventilação é forçada de forma regulada e controlada por equipamentos mecânicos. O vento - terceira ação - poderá também ter influência de forma significativa no desempenho energético, contribuindo para a ventilação natural.

No caso de haver trocas de massas de ar entre o interior e o exterior, o processo ocorre através das frinchas das portas e janelas, situação que deve ser contrariada através de uma boa vedação, uma vez que podem desempenhar uma carga considerável de arrefecimento no Inverno.

Para proteção dos ventos, que provocam efeitos desconfortáveis, e para os casos em que é preciso recorrer-se à existência de sistemas de indução de correntes de circulação de ar para arrefecimento, deve ser feita uma boa avaliação no sentido de que a vegetação local e contígua seja a mais adequada ao clima do local. Estes processos são na maioria dos casos os únicos que permitem a renovação do ar interior, situação necessária para que o mesmo possa manter a salubridade e um estado higrométrico que evite a ocorrência de condensações interiores.

De salientar o importante papel da ventilação natural. Trata-se de um processo pelo qual é possível arrefecer os edifícios tirando partido da diferença de temperatura existente entre o interior e o exterior, em determinados períodos. O nosso clima caracteriza-se por importantes amplitudes diárias no período de Verão, que poderão atingir cerca de 20 ºC (dia-noite). Assim, é possível e desejável implementar a ventilação noturna como uma estratégia eficaz de evacuação dos ganhos diurnos no interior dos edifícios. Também é possível utilizar a ventilação natural durante o dia, nos períodos em que a temperatura exterior é inferior à temperatura do edifício, como por exemplo, durante a manhã.

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

Torna-se pois muito importante o correto posicionamento e dimensionamento das áreas das aberturas, que podem ter inúmeras configurações de acordo o enquadramento

pretendido para cada situação em concreto.

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.

A ventilação natural tem portanto um papel extremamente importante na remoção do calor do interior do edifício e no estabelecimento das condições de conforto térmico, não só por diminuir a temperatura no interior mas ainda por acelerar as trocas evaporativas à superfície do corpo dos ocupantes.

A ventilação mecânica, processo de renovação do ar em ambientes fechados através de meios mecânicos, com o objetivo de controlar a pureza, temperatura, humidade, distribuição, movimentação e odor do ar, deve existir sempre que a ventilação natural não seja suficiente. Trata-se de um sistema composto basicamente por um sistema de condutas de dimensões variáveis, grelhas de distribuição com registos e ventiladores com potências adequadas para cada caso concreto. Este tipo de ventilação, necessário em muitas situações, necessita de uma manutenção cuidada, regular e muito rigorosa uma vez que ele próprio, no seu circuito, transporta poluentes existentes no ar. Emissões cuja origem se desconhece, instaladas numa determinada zona do edifício, podem deste modo dar lugar à contaminação de todas as zonas onde a rede de ar condicionado atue.

Algumas fontes de poluição do ar em edifícios de serviços incluem carpetes, móveis, roupas e tapetes que não libertam apenas fibras e substâncias químicas, mas também originam um ambiente propício à proliferação de agentes biológicos, tais como bactérias, fungos e ácaros. Estas situações podem mesmo causar problemas de saúde ao visitante/utilizador dando origem à ingestão e deposição de partículas no aparelho respiratório, pulmões e brônquios. Sem uma manutenção adequada do sistema de ventilação mecânico, ou com o envelhecimento deste, pode ainda acontecer a ocorrência do denominado “síndrome dos edifícios doentes” que implica, um local desagradável, com consequências graves para a saúde de todos quantos utilizem o edifício.

2.3.4 As temperaturas

Nos edifícios destinados a Museus, a temperatura considerada ideal, durante muito tempo, foi fixada, conjuntamente com a humidade relativa, em $20^{o,}$ 21^{o} ou 22^{o}, tendo-se nas

últimas décadas, segundo Gary Thompson (1994), assumido que a temperatura não é só por si um elemento de grande significado desde que oscilasse entre 20ºC a 26ºC.

Afirmava-se nessa altura convictamente, que o limite superior era mais importante e que poderia originar o acréscimo de rapidez das reações químicas de deterioração, propiciando ainda a ocorrência e a reprodução de fungos. Sabe-se no entanto atualmente, que o limite inferior é tão importante ou ainda mais e que as temperaturas abaixo de 16ºC são um fator de deterioração importante, principalmente para a pintura em madeira e em tela.

Quadro 5
Relação da temperatura com as humidades no Verão e no Inverno
Fontes: Rico (1999) e execução do próprio (2010)

Temperaturas e Humidades					
Temperatura exterior	Inverno	Verão			
	Menos de 20ºC	20ºC	25ºC	30ºC	32ºC
Temperatura interior	22ºC	22ºC	23ºC	25ºC	26ºC
Humidade relativa: Mínimo Máximo	 35% 65%	 65%	 65%	 60%	 55%

As temperaturas não podem ser dissociadas das humidades. Assim, o Quadro 5 mostra pares destes valores que devem ser observados para as diferentes épocas estivais cujo resultado prático tem sido testado ao longo dos anos.

As variações das humidades e das temperaturas, além dos valores aconselhados a usar quando pretendemos expor e/ou conservar os diferentes acervos, pode causar problemas de extrema gravidade, desde a ocorrência de vários tipos de ataques biológicos até à quebra ou fissuramento dos acervos. O Quadro 6 indica os níveis de humidades a observar para os diferentes materiais, bem como a sensibilidade a esta e ao bolor.

Reafirma-se assim a enorme importância da estabilidade das temperaturas e humidades com os níveis adequados em todos os espaços museológicos e para os diferentes acervos.

Quadro 6
Humidade relativa adequada a alguns materiais,
efeitos sobre as dimensões e sensibilidade ao bolor
Fontes: Hernandez (1998) e execução do próprio (2010)

Materiais	**Sensibilidade à humidade (%)**		**Efeitos sobre as dimensões**	**Sensibilidade ao Bolor**
	Máx	**Mín**		
Papel *	60	45	Secagens e arrefecimentos bruscos originam uma perda de flexibilidade.	Máxima
Papel tenso **	60	45	Telas, desenhos a pastel tensos nas molduras, contraem-se e rasgam-se com a atmosfera seca.	Máxima
Fotografia, filmes	45	30	Rápidos. Uma humidade relativa excessiva, diminui a gelatina. Submetidos a uma humidade relativa, demasiado seca, o papel e a gelatina fissuram.	Máxima
Pergaminho, vitela	Estabilidade 55%)		Extremamente rápidos. A secura leva a uma perda de flexibilidade.	Moderada. Alcalina. Inerente.
Couro	60	45	Variáveis de acordo com o processo de curtimento. O couro é muito sensível ao encolhimento quando molhado.	Variável. Alta para os couros finos.
Tecidos, fibras naturais	60	45	Invertidos. Na torção das fibras, os tecidos encolhem quando as fibras incham e abrandam, quando as fibras encolhem. A seda e a lã são mais sensíveis aos danos da humidade do que o algodão e tecido. Os panos pintados são muito sensíveis às mudanças de humidade.	Elevada.
Osso, marfim	60	45	Muito lentos, excepto para folhas finas. O marfim é mais sensível aos danos da humidade do que os ossos ou objectos esculpidos em osso de baleia. Para a sua iluminação artificial, deve evitar-se lâmpadas cuja sua luminosidade produza muito calor.	Insignificante, salvo em caso de humidade do ar muito elevada.
Plásticos			Normalmente não são sensíveis às mudanças de humidade. No entanto, a dimensão de alguns plásticos trocam a vontade das diferenças de temperatura	Nalguns plásticos aparecem fungos em caso de humidade relativa do ar elevada

Metais (polidos)	Preferencialmente inferior a 30%	Nenhuma influência sobre a dimensão em caso de alteração da humidade. As dimensões dos metais podem proporcionar mudanças extremas de temperatura. Experiências realizadas pelo Departamento da Marinha do E.U.A. mostram que não há nenhum sinal de corrosão em superfícies de aço a 15% ou menos de humidade relativa do ar. A corrosão manifesta-se 9 meses depois de humidade relativa a 30%. A corrosão está presente ao fim de um dia a 90% de humidade relativa do ar. O cobre e o bronze não se mancham a uma humidade relativa do ar a 15% ou inferior.	
Pedra, arenito, porcelana, chumbo, estanho		Geralmente muito resistentes às mudanças de humidade relativa e de temperaturas normais. No entanto, é possível a sua deterioração em caso de calor, frio e humidades extremas.	
Vidro/cristal	60 45	Normalmente resistentes às mudanças atmosféricas normais. Deve evitar-se mudanças rápidas de humidade e temperatura. Alguns vidros correm o risco de se danificarem em condições de humidade muito elevadas ou muito baixas.	
Objectos arqueológicos em bronze, pedra, cerâmica, gesso, terracota, olaria cozida a baixa temperatura	O mais seco possível	Os objectos arqueológicos que tenham estado muito tempo enterrados, podem estar contaminados ou ser atacados por sais higroscópios. A doença do bronze pode manifestar-se em estado latente numa atmosfera seca.	
Madeira	60 45	Lentos, variam segundo o corpo e vernizes anti-humidade. Afectados pelos ciclos semanais, e especialmente pelos sazonais.	Insignificante, salvo em caso de humidade relativa no ar muito forte.
Madeira Pintada	60 45	A secura, causa de encolhimento, leva a uma deterioração particularmente grave dos objectos em que a madeira é o suporte intrínseco de outros materiais, por exemplo uma placa de madeira pintada.	Insignificante, salvo em caso de humidade relativa no ar muito forte.

Anilhas, pita, penas.	60 45	Nos casos de humidade inferior a 30% e de humidade relativa do ar inferior a 15%, estas matérias vão endurecer e quebrar. Transformam-se em pó quando se lhes mexe. Se não se lhes mexer até que se volte às condições normais, reabsorvem a sua humidade normal e voltam as ter as suas características físicas normais	Moderada.

* (45% ótimo)
** (Limite mínimo crítico)
*** (Crítico)

Até há bem pouco tempo o aquecimento era visto como necessidade de conforto. Mas hoje consideramo-lo como um fator determinante de conservação, sem no entanto esquecermos o que aprendemos nos últimos 50 anos e, condensados na expressão de Madeleine Hours (1987), conservadora chefe do Museu do Louvre em Paris: "o aquecimento central é responsável por mais estragos do que a guerra, no domínio da conservação de pinturas", sendo por isso necessário garantir a estabilidade do valor da humidade relativa do ar.

A vitrina quando pode ser usada, dependendo das dimensões e tipo de acervo, é um meio auxiliar essencial no controle de condições ambiente de um Museu. Com efeito, com meios relativamente simples e em alguns casos sem consumo de qualquer quantidade de energia, consegue manter-se, num espaço que pode ter alguns metros cúbicos (m^3) de capacidade, as condições exigidas por qualquer objeto, independentemente das condições do espaço envolvente. Para tal, a vitrina deve ser construída de forma a garantir absoluta estanquicidade para reduzir a interferência com o ambiente exterior, podendo depois conseguir-se o valor da humidade relativa pretendido com o recurso a estabilizadores como sejam a sílica-gel, art-sorb, ou mesmo desumidificadores de absorção.

A temperatura interior agradável é um requisito importante, todos os acervos devem estar em locais onde as variações de temperatura não se façam sentir de forma acentuada, sendo por isso, aconselhável e fundamental, mantê-los sempre num ambiente que se assemelhe àquele onde estiveram desde a sua criação ou origem. Sem dúvida da maior importância, que todos quantos visitam os Museus encontrem aí condições ambientais agradáveis, em qualquer altura do ano. Assim, deve ser estudado e implementado um sistema de aquecimento e arrefecimento compatível e adequado a cada edifício em concreto. O mercado dispõe de uma imensa diversidade de possibilidades de sistemas com diferentes tecnologias, que têm provado ser bastante eficazes.

Para o aquecimento e arrefecimento, existem atualmente muitas formas de aplicação do Ar Condicionado, que vão desde os tradicionais equipamentos com circulação de gás apropriado, fixados nas paredes interiores junto dos pavimentos ou tetos, e ligados a um outro aparelho exterior; sistemas de refrigeração e aquecimento a água com chiller; sistema de condutas e grelhas aplicados nos pavimentos, paredes ou tetos. Apenas para o aquecimento, existem sistemas que vão desde os tradicionais convectores aquecidos a água, passando pelo aquecimento com circulação em tubagem distribuída nos pavimentos ou paredes, com água aquecida, até aos sistemas compostos por cabos elétricos aplicados de forma radiante em pavimentos ou paredes.

A temperatura ambiente pode interferir diretamente na existência de uma fauna indesejada e prejudicial para todos os acervos, por isso, é também importante o controlo dos insetos, parasitas, roedores ou «Pest-control». Como nas outras áreas da prevenção, passa por uma cuidada definição dos meios e dos objetivos e implica o conhecimento exato da espécie a extinguir, a que se segue a fase de seleção dos produtos a usar, uma vez que se pretende desinfestar sem danificar as coleções. Aconselha-se sempre o estudo da origem do aparecimento dos parasitas, insetos ou roedores, não devendo escolher-se o produto a utilizar apenas em função da espécie a eliminar, mas tendo em atenção, sobretudo, as coleções que importa preservar.

Assim, hoje em dia, as possibilidades de manter todos os compartimentos num estado de temperatura adequado e em consonância com as exigências específicas, são muito diversificadas quer em relação ao tipo, quer ao seu custo, sendo necessário um estudo rigoroso que conduza à escolha da solução que proporcione uma boa relação qualidade preço.

2.3.5 A poluição sonora

A forma afetiva como normalmente percecionamos o som, com ou sem prazer, não estará associado a maior ou menor capacidade lesiva pelo que, na definição de ruído, entra-se fundamentalmente com as variáveis da intensidade e duração deste. Assim, um som mesmo que desagradável, se for pouco intenso e/ou pouco duradouro, não afetará a saúde de ninguém. No entanto, o hábito de ouvir música por exemplo a 110 ou mais decibéis (dB) (elevada intensidade) durante algumas horas seguidas, poderá provocar lesões auditivas irreversíveis.

Em espaços fechados a propagação do som está relacionada com as características geométricas daqueles, o tipo de revestimentos usados e mobiliários existentes; tem a ver com a estanqueidade conseguida através das paredes que separem os espaços e com a percussão proveniente de batimentos mecânicos ou outros dentro ou fora dos espaços do edifício.

Assim, todos os tipos de ruídos, especialmente quando exagerados são desagradáveis e mesmo desconfortáveis. O índice de isolamento acústico (dB)[51] permitido, quer para aos sons aéreos ou de percussão, está devidamente regulamentado através do Decreto-Lei nº 96/2008, de 9 de Junho, para os diferentes espaços e sua utilização específica. A Figura 59 ilustra alguns dos diferentes tipos de ruídos e os decibéis (dB) que produzem.

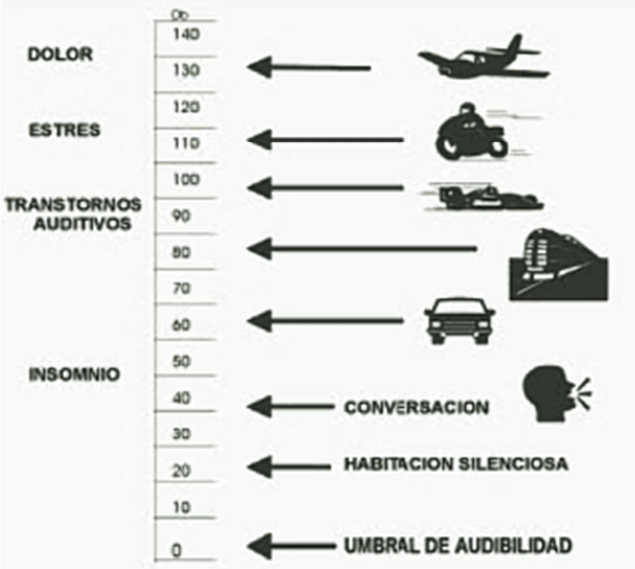


Figura 59
Alguns valores de referência de diferentes tipos de ruídos
Fonte:http://www.google.pt/imgres?imgurl

Em Museus o seu índice de isolamento acústico deve permitir que o ruído ou a poluição sonora, que naturalmente variará entre os distintos espaços e suas funções específicas, não provoque qualquer mal-estar entre todos quantos os visitem ou utilizem. O índice de isolamento acústico deve corresponder sempre àquele em que o Ser Humano não sente desconforto auditivo e, consequentemente, consegue suportar sem que lhe crie qualquer lesão auditiva. Neste sentido, todos os edifícios destinados a Museus, devem incorporar, em todos os seus compartimentos materiais e formas construtivas corretas e apropriadas, cujo resultado daí obtido conduza a um isolamento acústico adequado e confortável, tendo como único objetivo a privacidade e o bem-estar do Ser Humano.

A Organização Mundial de Saúde, entende que o limite máximo confortável para o ruído sem que este provoque qualquer tipo de efeito negativo no Ser Humano é até 50 dB,

[51] (dB) é a unidade de medida da intensidade dos Sons (Decibel).

entre os 55 e os 65 dB provoca um estado de alerta que não permite relaxar, entre os 65 e os 70 dB o organismo reage para se tentar integrar ao ambiente destruindo as suas defesas e acima dos 70 dB o organismo fica sujeito ao stress degenerativo com reflexos na sua saúde mental. A medição dos níveis da poluição sonora é feita através de um Sonómetro cuja Figura 60 ilustra.



Figura 60
Imagem de um Sonómetro
Fonte: http://esec.pt /sonometros.html

A exagerada poluição sonora pode assim acarretar sérios problemas de saúde para a espécie humana e exposição frequente a sons de intensidade alta pode provocar lesões auditivas graves, indo no limite até à surdez.

Trata-se, no entanto, de um problema reversível, ou seja, através da utilização de medidas de prevenção é possível evitá-lo. Eis algumas formas de o fazer: sensibilizar as pessoas não só no sentido destas evitarem a exposição à poluição sonora, através de longas exposições aos sons demasiado altos, mas também utilizarem isolamentos adequados que garantam os índices de isolamento ao ruído para valores cujo nível de conforto seja o ideal.

A questão da poluição sonora é hoje um problema muito preocupante cabendo a todos fazer algo para o evitar, pois as suas consequências irão ser cada vez mais nefastas e intensas se não houver um empenhamento ativo na sua prevenção, pelo que, também os espaços museológicos devem possuir as características acústicas confortáveis e apropriadas.

2.3.6 A poluição do ambiente

Esta poluição foi um dos primeiros agentes de degradação a ser objeto de análise científica, uma vez que os efeitos negativos visíveis dos fumos e dos gases produziram

estragos nas pinturas expostas na National Gallery em Londres. Daí, no ano de 1850, o cientista Inglês Michael Faraday procedeu ao estudo da poluição atmosférica na zona envolvente deste Museu que estava relacionada com a poluição existente no ambiente interior.

Salientamos que os fatores mais preocupantes e que interferem diretamente na poluição ambiental são os gases dos escapes dos motores de explosão, os produtos que resultam da combustão de combustíveis líquidos, o ozono e, a poluição turística. Podemos considerar que existem dois tipos fundamentais de poluidores - exteriores e interiores -, sublinhando, no entanto, que esta classificação é puramente formal, uma vez que, dentro do espaço museológico, o combate à poluição tem que ser feita de uma forma global.

As características e consequências da poluição externa são factualmente semelhantes em qualquer Museu mesmo não estando situado dentro de uma zona urbana, podendo no entanto sofrer alguma variação conforme a localização específica.

Assim, os níveis de poluição medidos por exemplo no Museu Nacional dos Coches estarão certamente acima dos que observamos no Museu Nacional do Teatro, existindo, no entanto, os mesmos poluentes, que são os provenientes dos gases dos escapes SO_2 e NO_2 e, muitas vezes, o Ozono. Esta relação tem a ver diretamente com o facto de o primeiro estar numa zona muito mais movimentada, em termos de trânsito automóvel, do que o segundo.

São produtos que se visualizam como uma espécie de cinzas fixados sobre qualquer superfície que se detetam no interior dos Museus e cuja ação se revela através de alterações químicas e estruturais irreversíveis, nomeadamente a oxidação das cores, a destruição dos suportes, o enegrecer da prata e a degradação de têxteis e papéis.

Temos ainda outras substâncias presentes, sob forma de partículas, de que são exemplo a fuligem que provêm diretamente dos escapes de automóveis desafinados, dos resíduos de tabaco e do pó.

Devemos considerar, na poluição de origem interna, não só os poluentes provenientes do exterior como o fumo de tabaco, o pó e o Ozono originado possivelmente dentro do Museu e, principalmente, os poluentes que saem dos objetos museológicos, nomeadamente o dióxido de carbono, proveniente da deterioração de matérias celulares, e os ácidos voláteis libertados pela madeira, os aglomerados, alguns tipos de cartão, etc. Acrescentemos ainda a poluição com origem no público, pois sabemos que no verão cada Ser Humano expele cerca de 56 gramas de água e 100 kcal por hora, para além de pó e anidrido carbónico resultante da respiração.

Não é fácil determinar a quantidade da existência dos diversos poluentes, estas medições implicam o recurso a equipamentos altamente sofisticados cuja utilização exige um elevado grau de especialização, pelo que, haverá muito poucos Museus em todo o mundo disponham de tal tipo de aparelhos. Entre nós é possível conseguir leituras periódicas recorrendo a alguns organismos públicos, ou semi públicos nomeadamente o INETI[52], ou eventualmente empresas privadas certificadas para o efeito.

Para combater esta poluição temos, como única forma, impedir que os poluentes entrem, fazendo uma calafetagem de forma eficaz que se complete com a pressurização com ar limpo, sendo certo que a eficácia da primeira só se verifica se for utilizada conjuntamente com a pressurização das salas.

Designa-se por pressurização um sistema de ventilação em que a quantidade de ar introduzida é superior à retirada, criando portanto uma pressão interior superior à pressão atmosférica, o que impede o ar exterior de penetrar facilmente no local, se as frinchas estiverem bem calafetadas. Para que o ar introduzido para pressurizar e ventilar corrija a concentração de poluentes, temos de o filtrar para ficar limpo.

Atualmente, é possível eliminar, virtualmente, todos os poluentes, através deste processo, recorrendo-se a dois tipos de filtragem, os filtros mecânicos para as partículas e os de carvão ativado para as substâncias gasosas, incluindo o Ozono. Há ainda no mercado unidades de filtragem para limpar o ar de um local fazendo-o passar por um ventilador através de um conjunto de filtros apropriados.

O controlo da poluição no interior de um Museu obriga a uma análise prévia e cuidada da situação. Antes de qualquer atividade deve-se conhecer a situação, não só pela observação direta, mas recorrendo sempre que possível a uma análise do teor dos poluentes principais, procurando detetar a natureza e sobretudo a origem do poluente, para assim se poder chegar à solução do problema. O passo seguinte será dado pelos especialistas em ventilação que poderão definir o equipamento a utilizar tendo em atenção que se devem manter estáveis os restantes parâmetros das condições ambientais.

No entanto, nenhuma solução deve ser adotada sem se proceder a uma análise global e rigorosa da arquitetura, tendo em conta as suas aberturas, os materiais que compõem o edifício e ainda outras condicionantes que se relacionem com a sua localização.

[52] Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial, em Lisboa

2.4 Parâmetros importantes a considerar para novos edifícios destinados a Museus, na fase de projeto

Quando é tomada a decisão de construir um novo edifico destinado a Museu, devem ser tidas em consideração algumas questões para que estes edifícios se possam enquadrar dentro de parâmetros eco sustentáveis, originando assim a redução dos seus custos operacionais. Estes parâmetros relacionam-se com a implementação de características técnicas que permitam a redução do consumo de energia seja qual for a sua origem, a redução do consumo de água, a redução da produção de lixo e, só depois o incremento do número de visitantes/utilizadores com a oferta de eventos culturais atrativos e de elevada qualidade.

Normalmente, o local para a construção de um novo Museu está sujeito às disponibilidades de terrenos com as dimensões adequadas ao que se pretende construir. Daí resultar, por vezes, que a sua localização no que se refere à exposição solar, luminosidade natural, arejamento, poluição ambiental, existência de zonas verdes e boas acessibilidades, possa não ser a ideal para se garantir à partida, não só a obtenção de um bom desempenho energético sem custos muito elevados, mas também, de todas as condições que irão permitir a atração de visitantes/utilizadores destes espaços. A atratividade do Museu certamente não terá a ver apenas com os seus conteúdos/acervos mas também com toda a sua envolvência natural.

Estes dois fatores têm uma enorme importância e, por isso, devem ser usados em simultâneo para assim se obter um bom resultado global. Ou seja, um Museu deve estar num local naturalmente atraente e com boas acessibilidades, quer através de transportes públicos, quer por transporte privado. Deve garantir-se uma ligação entre a natureza envolvente, o edifício e os conteúdos do edifício que, no seu conjunto, atraiam público de todas as idades para que desta forma, a cultura possa ser divulgada e apreendida por todos.

Quanto ao edifício em si, deve ter-se em conta o fim específico a que se destina. Se este se destina apenas a Museu, ou se é para nele funcionarem outras atividades culturais e sendo este caso, devem observar-se as diversas valências, a capacidade pretendida em termos de áreas expositivas, auditórios e serviços de apoio, o seu «lay-out»[53] interior e toda a sua envolvência e enquadramento com o exterior.

A construção, do edifício quer se trate da estrutura, materiais de enchimento ou de revestimento, deve contemplar a existência de uma adequada resistência ao fogo, tratamento térmico e acústico de todos os seus compartimentos e, iluminação e ventilação naturais.

[53] Termo utilizado para designar a compartimentação interior num edifício ou numa parte deste

Também deve ter em conta a inclusão dos equipamentos necessários para a captação e produção de energia solar, quer para o aquecimento de águas, quer para a produção de energia elétrica, que poderá ser utilizada em todos os equipamentos elétricos com as diversas funções que os projetos, das diferentes especialidades, contemplem.

Assim, havendo a preocupação de efetuar a construção incluindo os parâmetros atrás referidos, o edifício torna-se detentor de uma eficiência energética elevada e o seu consumo energético descerá substancialmente. Podemos referir para consulta uma recente e interessante «publicação»[54], que trata com profundidade e rigor as diferentes e fundamentais fases que antecedem a construção e durante esta, instalação e funcionamento de Museus, incluindo alguns estudos económicos. Achamos que deste modo, estamos sem dúvida, a contribuir para uma sustentabilidade ambiental e económica cujos reflexos positivos se vão fazer sentir na melhor qualidade de vida do Ser Humano.

[54] Trata-se do livro: "PLANNING SUCCESSFUL museum building PROJECTS" de Walter L Crimm, Martha Morris, and L. Carole Wharton, editado no ano de 2009 pela AltaMira Press, USA.

CAPÍTULO 3
As energias renováveis e limpas em edifícios destinados a Museus

Energias renováveis são todas as formas de energia cuja utilização é inferior à sua renovação sem que o ambiente se deteriore com a exploração mais ou menos intensiva. Têm diferentes origens como sendo: da crosta terrestre (a energia geotérmica), gravitacional (energia das ondas e marés), da radiação solar (energia solar térmica e fotovoltaica), da precipitação e nascentes (energia hídrica), energia cinética do vento (energia eólica) e obtida a partir dos resíduos agrícolas, urbanos e industriais (a biomassa).

Todas estas energias renováveis embora captadas em locais e condições distintas, são passíveis de utilização em qualquer lugar e tipo de edifício, sendo apenas necessário para algumas delas a existência de uma rede de transporte e distribuição a partir do local da sua produção.

É um facto que alguma da energia atualmente consumida oriunda da rede pública de distribuição já contempla uma ainda pequena parcela proveniente de diferentes fontes renováveis. No entanto, muito há ainda por fazer nesta área pois, existem nomeadamente as energias geotérmica de superfície, a solar térmica, a eólica e a fotovoltaica que devem e podem, em nossa opinião, ser massivamente colocadas em todos os tipos de edifícios, uma vez que os equipamentos disponíveis para a sua captação respondem com grandes vantagens às exigências ambientais, funcionais e económicas.

Em Portugal e mesmo no estrangeiro, a implementação de qualquer um destes tipos de energias em edifícios onde funcionam Museus não tem tido qualquer relevância. Por isso, pretendemos com este trabalho dar a conhecer um pouco mais destas energias por forma a sensibilizar todos quantos interfiram nas tomadas de decisão para que os Museus existentes ou a construir possam contribuir para a sustentabilidade do património ambiental implementando neles uma ou mais fontes de energia renovável. De acordo com a International Energy Agency (IEA), prevê-se que até ao ano de 2030 o crescimento da procura de energia elétrica cresça 119% no setor residencial, 97% nos serviços e 86% na indústria. Trata-se portanto de uma perspetiva de crescimento positiva o que significa a enorme importância mundial atribuída a estas fontes para a sustentabilidade ambiental e económica do nosso Planeta.

A integração de energias renováveis nos edifícios destinados a Museus, quer estes sejam a construir ou já existam, é um desafio que tem por objetivo conceber as condições que permitam a incorporação de um sistema que capte energia e a transforme numa fonte que seja útil para estes equipamentos culturais. Na realidade a colocação de painéis solares, por exemplo, não é por si só uma medida eficiente para a obtenção de condições de conforto, pois

se não tivermos em conta a eficiência proveniente da construção do edifício, esta pode não chegar a ser suficiente para comportar as necessidades de energia, por exemplo, nem relativamente à iluminação, nem aos sistemas que tenham sido instalados. Daí a importância da integração dos sistemas de energias renováveis em edifícios eficientemente energéticos que neste ponto esgotaram todas as possíveis estratégias de design passivo na sua conceção ou que, na sua reabilitação, foram objeto de medidas de reabilitação energética e de eficiência energética.

Todas as fontes de captação e produção de energia, incluindo as de energias renováveis e limpas, são regulamentadas por legislação detalhada de origem nacional e proveniente da União Europeia. Esse detalhe abrange áreas como as relacionadas com a sua exploração, o seu transporte, a sua instalação, segurança no transporte e na utilização, preços de venda, incentivos fiscais e alguma comparticipação direta nos custos de aquisição de alguns equipamentos necessários para a produção de algumas energias. Assim, encontram-se à disposição de todos, incluindo a pessoas singulares (uma vez que a microprodução de energia é uma das vertentes fortemente incentivada), toda uma vasta legislação bastante específica, sobretudo quanto se refere à implementação destas energias.

Iremos seguidamente apresentar a principal legislação em vigor, não só a de origem portuguesa mas também a proveniente da União Europeia. Assim, o Quadro. 7. apresenta a legislação geral sobre as diferentes energias, o Quadro 8 a referente à Biomassa, o Quadro 9 à das Ondas, o Quadro 10 à Eólica, o Quadro 11 à Hídrica e o Quadro 12 à Solar.

Quadro 7
Relação da legislação geral sobre as diferentes energias
Fontes: Diários da República; http://www.dgge.pt/ e http://www.dre.pt/ue/portugal.html
O quadro foi elaborado pelo próprio (2010)

Legislação geral sobre as diferentes Energias		
Identificação do documento	**Origem do documento**	**Assunto/Objetivos**
Decreto-Lei nº 34/2011, de 2011-03-08	Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolviment	Estabelece o regime jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de miniprodução
Decreto-Lei n.º 141/2010, de 2010 12-31	Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento e do Trabalho e da Solidariedade Social	Estabelece as metas nacionais de utilização de energia renovável no consumo final bruto de energia e para a quota de energia proveniente de fontes renováveis

Decreto-Lei nº 118-A/2010, de 2010-10-25	Mininistério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento	Cria condições para produzir mais electricidade em baixa tensão, de forma mais simples, mais transparente e em condições mais favoráveis
Resolução do Conselho de Ministros nº 29/2010, de 2010-04-15	Presidência do Conselho de Ministros	Aprova a Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte 2020 (ENE 2020)
Directiva 2009/28/CE, de 2009-04-23	Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia	É relativa à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis que altera e subsequentemente revoga as Directivas 2001/77/CE e 2003/30/CE (biocombustíveis)
Decreto-Lei n.º 206/2008, de 2008-10-23	Ministério da Economia e da Inovação	Procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 62/2006, de 21 de Março, que transpôs para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 2003/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de Maio de 2003, relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes
Portaria n.º 201/2008 de 2008-02-22	Ministério da Economia e da Inovação	Fixa as taxas a cobrar pelos serviços previstos no n.º 1 do artigo 23.º do Decreto-Lei n.º 363/2007,de 2 de Novembro, que estabelece o regime jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de unidades de microprodução
Decreto-Lei nº 363/2007, de 2007-11-02	Ministério da Economia e da Inovação	Estabelece o regime jurídico para a produção de energia eléctrica mediante pequenas instalações (microprodução)
Decreto-Lei n.º 225/2007, 2007-05-31	Ministério da Economia e da Inovação	Procede à concretização de um conjunto de medidas ligadas às energias renováveis previstas na estratégia nacional para a energia
Portaria n.º 3-A/2007, de 2007-01-02	Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Ministério da Economia e da Inovação, Ministério das Finanças e da Administração Pública, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional	Regulamenta o n.º 4 do artigo 71.º-A aditado ao Código dos Impostos Especiais de Consumo (CIEC) pelo Decreto-Lei n.º 66/2006, de 22 de Março, fixando o valor da isenção do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos para os biocombustíveis, e regula o processo de reconhecimento da isenção para operadores económicos de maior dimensão e pequenos produtores dedicados
Lei n.º 53-A/2006, de 2006-12-29	Assembleia da República	Orçamento do Estado para 2007. Dedução em sede de IRS, n.º 2 art.º 85 - Secção I, Cap. VI
Portaria n.º 1391-	Ministério da Agricultura, do	Fixa as regras relativas à concessão de

A/2006, de 2006-12-12	Desenvolvimento Rural e das Pescas, Ministério da Economia e da Inovação, Ministério das Finanças e da Administração Pública, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional	isenção do imposto sobre os produtos petrolíferos energéticos relativamente aos biocombustíveis.
Despacho conjunto n.º 324/2006, de 2006-04-10	Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Ministério da Defesa Nacional, Ministério da Economia e da Inovação, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional	Cria um grupo de trabalho, designado "grupo de trabalho para a energia das ondas do mar", ao qual é atribuída a missão de propor a criação de uma zona piloto destinada à instalação de parques de dispositivos de aproveitamento de energias renováveis.
Directiva n.º 2006/32/CE, de 2006-04-05	Conselho, Parlamento Europeu	Relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos e que revoga a Directiva 93/76/CEE do Conselho
Decreto-Lei n.º 66/2006, de 2006-03-22	Ministério da Economia e da Inovação	Altera o Código dos Impostos Especiais de Consumo, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 566/99, de 22 de Dezembro, consagrando isenção parcial e total do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP) aos biocombustíveis, quando incorporados na gasolina e no gasóleo, utilizados nos transportes.
Decreto-Lei n.º 62/2006, de 2006-03-21	Ministério da Economia e da Inovação	Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2003/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8 de Maio, relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes
Directiva n.º 2005/89/CE, de 2006-01-18	Conselho, Parlamento Europeu	Relativa a medidas destinadas a garantir a segurança do fornecimento de electricidade e o investimento em infra-estruturas
Resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005, de 2005-10- 24	Presidência do Conselho de Ministros	O Governo estabelece uma estratégia nacional para a energia cujo objectivo é garantir a adequação ambiental de todo o processo energético, reduzindo os impactes ambientais à escala local, regional e global, nomeadamente no que respeita à intensidade carbónica do PIB
Despacho n.º 11377/2005 , de 2005-	Ministério da Economia e da Inovação Direcção-Geral de	Alarga-se a 2008, inclusive, a capacidade disponível na rede do SEP

05-20	Geologia e Energia	para os pedidos de informação prévia relativos a biogás apresentados em Janeiro de 2005
Declaração de Rectificação n.º 29/2005, de 2005-04-15	Presidência do Conselho de Ministros	De ter sido rectificado o Decreto-Lei n.º 33-A/2005, do Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho, que altera o Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de Maio, revendo os factores para cálculo do valor da remuneração pelo fornecimento da energia produzida em centrais renováveis entregue à rede do sistema eléctrico português (SEP) e definindo procedimentos para atribuição de potência disponível na mesma rede e prazos para obtenção da licença de estabelecimento para centrais renováveis, publicado no Diário da República, 1.ª série, n.º 33 (suplemento), de 16 de Fevereiro de 2005
Decreto-Lei n.º 33-A/2005, de 2005-02-16	Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho	Altera o Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de Maio, revendo os factores para cálculo do valor da remuneração pelo fornecimento da energia produzida em centrais renováveis entregue à rede do Sistema Eléctrico Português (SEP) e definindo procedimentos para atribuição de potência disponível na mesma rede e prazos para obtenção da licença de estabelecimento para centrais renováveis
Despacho conjunto n.º 51/2004, de 2004-01-31	Ministério da Economia, Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente	Considerando a adopção da Directiva n.º 2001/77/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Setembro, relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis (FER) no mercado interno da electricidade, que veio consagrar o reconhecimento da prioridade atribuída pela União Europeia e pelos Estados membros à promoção do aumento da contribuição deste tipo de fontes para a produção de energia eléctrica. O presente despacho aplica-se, salvo disposição em contrário, à produção de electricidade a partir das seguintes FER: **eólica**, hídrica, biomassa, biogás, ondas e fotovoltaica, sendo que no caso dos aproveitamentos hidroeléctricos com potência instalada até 10MW (pequenas centrais hidroeléctricas ou PCH) se aplica apenas a tudo o que não contradiga a Portaria n.º 295/2002, de 19 de Março. São revogados os seguintes despachos: Despacho n.º 11 091/2001,e

		4 de Maio; Despacho n.º 12 006/2001, de 4 de Maio; Despacho conjunto n.º 583/2001, de 11 de Junho
Aviso n.º 12806/2003, de 2003-11-29	Ministério da Economia, Direcção-Geral de Energia	Faz-se público que, por despacho do director-geral da Energia de 29 de Outubro de 2003, foram definidas as normas técnicas e de segurança e os procedimentos de licenciamento das instalações de produção com injecção na rede pública de baixa tensão superior a 16 A por fase e potência máxima não superior a 150 kW
Directiva n.º 2003/54/CE, de 2003-06-26	Conselho, Parlamento Europeu	Estabelece regras comuns para o mercado interno da electricidade e revoga a Directiva 96/92/CE. Foi transposta para o direito nacional pelos Decreto-Lei n.º 29/2006, de 15 de Fevereiro, e Decreto-Lei n.º 172/2006, de 23 de Agosto
Portaria nº 764/2002, de 2002-07-01	Ministério da Economia	A presente portaria tem por finalidade estabelecer o tarifário aplicável às instalações de produção de energia eléctrica em baixa tensão, licenciadas ao abrigo do Decreto-Lei n.º 68/2002, de 25 de Março, bem como estabelecer as disposições relativas ao período de vigência das modalidades do mesmo tarifário
Decreto-Lei nº 68/2002, de 2002-03-25	Ministério da Economia	O presente diploma regula a actividade de produção de energia eléctrica em baixa tensão (BT) destinada predominantemente a consumo próprio, sem prejuízo de poder entregar a produção excedente a terceiros ou à rede pública
Decreto-Lei n.º 339-C/2001, de 2001-12-29	Ministério da Economia, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território	Altera o Decreto-Lei n.º 168/99, de 18 de Maio, que revê o regime aplicável à actividade de produção de energia eléctrica, no âmbito do sistema eléctrico independente
Directiva n.º 2001/77/CE, de 2001-09-27	Conselho, Parlamento Europeu	Relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno da electricidade

Temos assim ao dispor uma vasta e detalhada legislação sobre as diferentes energias renováveis abrangendo os aspetos passíveis de regulamentar, quer em termos de captação, produção, exploração, incentivos económicos e fiscais e segurança.

Quadro 8
Relação da legislação sobre a biomassa
Fontes: Diários da República; http://www.dgge.pt/ e http://www.dre.pt/ue/portugal.html
O quadro foi elaborado pelo próprio (2010)

Legislação sobre a Biomassa		
Identificação do documento	**Origem do documento**	**Assunto/Objetivos**
Decreto-Lei n.º 5/2010, de 2011-01-10	Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento	Estabelece medidas destinadas a promover a produção e o aproveitamento da biomassa florestal, designadamente através do aumento da tarifa de venda à rede pública da energia produzida pelas centrais produtoras de energia a partir de biomassa florestal
Resolução do Conselho de Ministros nº 81/2010, 2010-11-03	Presidência do Conselho de Ministros	Estabelece, no âmbito da Estratégia Nacional da Energia 2020, medidas de concretização dos projectos de centrais dedicadas a biomassa florestal relativos a concursos realizados em 2006
Portaria n.º 3-A/2007, de 2007-01-02	Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Ministério da Economia e da Inovação, Ministério das Finanças e da Administração Pública, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional	Regulamenta o n.º 4 do artigo 71.º-A aditado ao Código dos Impostos Especiais de Consumo (CIEC) pelo Decreto-Lei n.º 66/2006, de 22 de Março, fixando o valor da isenção do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos para os biocombustíveis, e regula o processo de reconhecimento da isenção para operadores económicos de maior dimensão e pequenos produtores dedicados
Portaria n.º 1391-A/2006, de 2006-12-12	Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Ministério da Economia e da Inovação, Ministério das Finanças e da Administração Pública, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional	Fixa as regras relativas à concessão de isenção do imposto sobre os produtos petrolíferos energéticos relativamente aos biocombustíveis
Decreto-Lei n.º 66/2006, de 2006-03-22	Ministério da Economia e da Inovação	Altera o Código dos Impostos Especiais de Consumo, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 566/99, de 22 de Dezembro, consagrando isenção parcial e total do imposto sobre os produtos petrolíferos e energéticos (ISP) aos biocombustíveis, quando incorporados na gasolina e no gasóleo, utilizados nos transportes
Decreto-Lei n.º 62/2006, de 2006-03-21	Ministério da Economia e da Inovação	Transpõe para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2003/30/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 8

		de Maio, relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes
Despacho n.º 11377/2005, de 2005-05-20	Ministério da Economia e da Inovação Direcção-Geral de Geologia e Energia	Alarga-se a 2008, inclusive, a capacidade disponível na rede do SEP para os pedidos de informação prévia relativos a biogás apresentados em Janeiro de 2005
Directiva n.º 2003/30/CE, de 2003-05-08	Conselho, Parlamento Europeu	Relativa à promoção da utilização de biocombustíveis ou de outros combustíveis renováveis nos transportes. Foi transposta para o direito nacional pelo Decreto-Lei n.º 62/2006, de 21 de Março.

A Biomassa, com elevada relevância ao nível mundial tem também em Portugal um lugar de destaque face às condições florestais existentes, seu potencial de desenvolvimento e o forte empenho dos nossos governantes em apoiar esta área, que vai desde o ordenamento florestal até à produção e distribuição da energia, o que justifica a existência de importante legislação própria e a transcrição de diretivas aplicáveis provenientes da União Europeia que aqui fazemos referência.

Quadro 9
Relação da legislação sobre a energia das ondas
Fontes: Diários da República; http://www.dgge.pt/ e http://www.dre.pt/ue/portugal.html
O quadro foi elaborado pelo próprio (2010)

Legislação sobre a Energia das Ondas		
Identificação do documento	**Origem do documento**	**Assunto/Objetivos**
Resolução do Conselho de Ministros n.º 49/2010, de 2010-07-01	Presidência do Conselho de Ministros	Aprova a minuta do contrato de concessão de exploração, em regime de serviço público, da zona piloto identificada no Decreto-Lei n.º 5/2008, de 8 de Janeiro, e da utilização privativa dos recursos hídricos do domínio público, para a produção de energia eléctrica a partir da energia das ondas do mar
Decreto-Lei n.º 5/2008, de 2008-01-08	Ministério da Defesa Nacional	No uso da autorização legislativa concedida pela Lei n.º 57/2007, de 31 de Agosto, estabelece o regime jurídico de acesso e exercício da actividade de produção de electricidade a partir da energia das ondas
Lei n.º 57/2007, de 2007-08-31	Assembleia da República	Autoriza o Governo a aprovar o regime jurídico de acesso e exercício das

		actividades de produção de energia eléctrica a partir da energia das ondas
Despacho conjunto n.º 324/2006,de 2006-04-10	Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas, Ministério da Defesa Nacional, Ministério da Economia e da Inovação, Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional	Cria um grupo de trabalho, designado "grupo de trabalho para a energia das ondas do mar", ao qual é atribuída a missão de propor a criação de uma zona piloto destinada à instalação de parques de dispositivos de aproveitamento de energias renováveis

A energia das Ondas com algum desenvolvimento nalguns países do Norte da Europa, ainda está numa fase de implementação de zonas piloto em Portugal, pelo que a sua produção no nosso país é atualmente diminuta, sendo a legislação disponível a que aqui se apresenta.

Quadro 10
Relação da legislação sobre a energia eólica
Fontes: Diários da República; http://www.dgge.pt/ e http://www.dre.pt/ue/portugal.html
O quadro foi elaborado pelo próprio (2010)

Legislação sobre a Energia Eólica		
Identificação do documento	**Origem do documento**	**Assunto/Objetivos**
Decreto-Lei n.º 51/2010, de 2010-05-20	Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento	Procede à alteração do Decreto-Lei n.º 225/2007, de 31 de Maio, estabelecendo um novo enquadramento jurídico para o sobreequipamento em centrais eólicas
Declaração de Rectificação n.º 71/2007, de 2007-07-24	Presidência do Conselho de Ministros - Centro Jurídico	Procede à concretização de um conjunto de medidas ligadas às energias renováveis previstas na estratégia nacional para a energia, estabelecida através da Resolução doDe ter sido rectificado o Decreto-Lei n.º 225/2007, de 31 de Maio
Decreto-Lei n.º 225/2007, 2007-05-31	Ministério da Economia e da Inovação	Altera o anexo II do Decreto-Lei nº 189/88, de 27 de Maio, que regula a actividade de produção de energia eléctrica por pessoas singulares ou por pessoas colectivas de direito público ou privado
Declaração de Rectificação n.º 29/2005, de 2005-04-15	Presidência do Conselho de Ministros	De ter sido rectificado o Decreto-Lei n.º 33-A/2005, do Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho, que altera o Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de Maio, revendo os factores para cálculo do valor da remuneração pelo

		fornecimento da energia produzida em centrais renováveis entregue à rede do sistema eléctrico português (SEP) e definindo procedimentos para atribuição de potência disponível na mesma rede e prazos para obtenção da licença de estabelecimento para centrais renováveis, publicado no Diário da República, 1.ª série, n.º 33 (suplemento), de 16 de Fevereiro de 2005. Produção de electricidade a partir da energia das ondas
Anúncio n.º 3.ª série, de 2005-03-04	Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho Direcção-Geral de Geologia e Energia	Concurso destinado à atribuição de potência a disponibilizar na rede SEP (Sistema Eléctrico de Serviço Público) para electricidade produzida em centrais eólicas, e à atribuição dos pontos de recepção associados
Decreto-Lei n.º 33-A/2005, de 2005-02-16	Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho	Altera o Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de Maio, revendo os factores para cálculo do valor da remuneração pelo fornecimento da energia produzida em centrais renováveis entregue à rede do Sistema Eléctrico Português (SEP) e definindo procedimentos para atribuição de potência disponível na mesma rede e prazos para obtenção da licença de estabelecimento para centrais renováveis
Decreto-Lei n.º 339-C/2001, de 2001-12-29	Ministério da Economia, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território	Altera o Decreto-Lei n.º 168/99, de 18 de Maio, que revê o regime aplicável à actividade de produção de energia eléctrica, no âmbito do sistema eléctrico independente
Decreto-Lei n.º 168/99, de 1999-05-18	Ministério da Economia	Revê o regime aplicável à actividade de produção de energia eléctrica, no âmbito do Sistema Eléctrico Independente, que se baseie na utilização de recursos renováveis ou resíduos industriais, agrícolas ou urbanos.
Decreto-Lei n.º 189/88, de 1988-05-27	Ministério da Indústria e Energia	Estabelece normas relativas à actividade de produção de energia eléctrica por pessoas singulares ou por pessoas colectivas de direito público ou privado

A energia Eólica com uma grande implementação mundial, tem tido em Portugal um forte crescimento nos últimos anos, justificando-se assim toda esta vasta e importante legislação aplicável às diferentes atividades inerentes, desde a sua captação até ao consumidor.

Quadro 11
Relação da legislação sobre a energia hídrica
Fontes: Diários da República; http://www.dgge.pt/ e http://www.dre.pt/ue/portugal.html
O quadro foi elaborado pelo próprio (2010)

Legislação sobre a Energia Hídrica		
Identificação do documento	**Origem do documento**	**Assunto/Objetivos**
Decreto-Lei nº 129/2010, de 2010-11-23	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento	Estabelece o regime de implementação das centrais mini-hídricas a que se refere a Resolução de Conselho de Ministros n.º 72/2010, de 10 de Setembro, as quais se destinam à captação de água para produção de energia eléctrica com capacidade instalada até 20 MW.
Resolução do Conselho de Ministros nº 72/2010, de 2010-09-10	Governo	Prevê o lançamento, durante os anos de 2010 e 2011, de procedimentos concursais de iniciativa pública, em várias regiões do País, para a adjudicação de centrais mini-hídricas, tendo em vista alcançar a meta de atribuição de potência estabelecida na Estratégia Nacional para a Energia 2020.
Decreto-Lei nº 245/2009, de 2009-09-22	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional	Altera o regime de utilização dos recursos hídricos, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio
Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 2007-05-31	Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional	Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos, criando um novo quadro de relacionamento entre o Estado e os utilizadores dos referidos recursos, no sentido de permitir um maior incentivo às actividades económicas relacionadas com a água
Declaração de Rectificação n.º 29/2005, de 2005-04-15	Presidência do Conselho de Ministros	De ter sido rectificado o Decreto-Lei n.º 33-A/2005, do Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho, que altera o Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de Maio, revendo os factores para cálculo do valor da remuneração pelo fornecimento da energia produzida em centrais renováveis entregue à rede do sistema eléctrico português (SEP) e definindo procedimentos para atribuição de potência disponível na mesma rede e prazos para obtenção da licença de estabelecimento para centrais renováveis, publicado no Diário da República, 1.ª série, n.º 33 (suplemento), de 16 de Fevereiro de 2005
Decreto-Lei n.º 33-A/2005, de 2005-02-	Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho	Altera o Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de Maio, revendo os factores para

16		cálculo do valor da remuneração pelo fornecimento da energia produzida em centrais renováveis entregue à rede do Sistema Eléctrico Português (SEP) e definindo procedimentos para atribuição de potência disponível na mesma rede e prazos para obtenção da licença de estabelecimento para centrais renováveis
Decreto-Lei n.º 339-C/2001, de 2001-12-29	Ministério da Economia, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território	Altera o Decreto-Lei n.º 168/99, de 18 de Maio, que revê o regime aplicável à actividade de produção de energia eléctrica, no âmbito do sistema eléctrico independente

A energia Hídrica ainda é aquela que tem mais peso percentual no consumo em Portugal. A legislação aplicável aqui referida compreende o que está relacionado com a sua produção, distribuição e venda.

Quadro 12
Relação da legislação sobre a energia solar
Fontes: Diários da República; http://www.dgge.pt/ e http://www.dre.pt/ue/portugal.html
O quadro foi elaborado pelo próprio (2010)

Legislação sobre a Energia Solar		
Identificação do documento	**Origem do documento**	**Assunto/Objetivos**
Decreto-Lei n.º 132-A/2010, de 2010-12-21	Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento	Estabelece o regime para a atribuição de 150 MVA de capacidade de recepção de potência na Rede Eléctrica de Serviço Público (RESP) para energia eléctrica produzida a partir de centrais solares fotovoltaicas, incluindo a tecnologia solar fotovoltaica de concentração, e pontos de recepção associados, mediante iniciativa pública
Portaria n.º 561/2006, de 2006-06-12	Ministério da Economia e da Inovação, Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social	Altera a Portaria n.º 1451/2004 , de 26 de Novembro, que estabelece normas relativas às condições de emissão de certificado de aptidão profissional (CAP) e de homologação dos respectivos cursos de formação profissional relativas ao perfil profissional de técnico(a) instalador(a) de sistemas solares térmicos
Portaria n.º 1451/2004 de 2004-11-26	Ministério das Actividades Económicas e do Trabalho	Estabelece normas relativas às condições de emissão de certificado de aptidão profissional (CAP) e de homologação dos respectivos cursos de formação profissional relativas ao perfil profissional de técnico(a) instalador(a) de sistemas solares térmicos

Referimos aqui a legislação existente em Portugal sobre a certificação dos profissionais ligados à montagem de sistemas solares, o que demonstra a grande importância que é atribuída à captação deste tipo de energia e da necessidade dos profissionais terem de estar devidamente preparados para executarem com rigor essas funções.

Como podemos verificar nos quadros apresentados, é muito abrangente e vasta a legislação sobre energias, donde se conclui da importância que os governos dos países lhe atribuem atualmente. Este facto relaciona-se com a crescente preocupação com a preservação ambiental mas também com a preocupação sobre um próximo esgotamento das fontes petrolíferas e carboníferas.

3.1 Tipos de energias renováveis disponíveis, científica e tecnologicamente desenvolvidas

Fundamentalmente, cientistas, engenheiros e arquitetos têm, sido ao longo dos séculos, alguns dos grandes responsáveis pelo crescimento dos padrões tecnológicos da vida humana e contribuído para os avanços de toda a tecnologia que atualmente dispomos. Apesar de se olhar como enorme sucesso o facto do Ser Humano ter conseguido ir à na Lua, ignoraram-se contudo, os seus efeitos colaterais devastadores para a ecologia mundial. No processo da criação da melhoria do conforto de vida, temos aproveitado os mais preciosos recursos energéticos não renováveis, existentes no nosso Planeta e temos vindo a usá-los para satisfazer as nossas necessidades de energia, mesmo as mais rudimentares, de uma forma em que a sua utilidade é questionável.

Antes que seja tarde demais, como cidadãos responsáveis pela vida global, está na altura de assumirmos a nossa responsabilidade individual e coletiva a fim de resolver os problemas ambientais de hoje e assegurar que a vida futura da Terra possa continuar a existir.

A chamada Revolução Industrial, ocorrida na parte final do século XVIII[55], originou um importante desenvolvimento tecnológico mas, foi também a partir daí, com o uso do petróleo e a queima do carvão mineral e vegetal, que se iniciou a transformação do meio ambiente originado pela poluição constante da atmosfera, que hoje nos vai acarretar problemas graves de sobrevivência a curto prazo.

[55] A Revolução Industrial ocorrida em finais do séc. XVIII foi um marco histórico para os desenvolvimentos tecnológico, económico e cultural, entre outros, que influenciaram e marcaram toda a sociedade mundial desde aí.

A principal causa da acumulação de gás carbónico (CO_2) na atmosfera, provém da elevada industrialização existente nalguns países do nosso Planeta, que já alcançou níveis alarmantes de produção de poluentes que se escoam para a atmosfera. Assim, face a esta realidade torna-se urgente a substituição do petróleo e do carvão, como fontes principais de produção de energia, por serem os maiores responsáveis pelas emissões de gases que têm provocado a alteração do clima e o aquecimento global da terra.

Esta desagradável realidade tem forçado a discussão e implementação de novas fontes de energia de origem limpa e renovável. Os estudos e os desenvolvimentos tecnológicos existentes já conduziram à implementação de novas formas de produção de energias limpas e renováveis como a Energia Mini-Hídrica; Energia das Marés; Energia das Ondas; Energia Geotérmica; Energia Eólica; Biomassa e Energia Solar, representadas em esquema na Figura 61. São estas as fontes produtoras de energia que terão a função de assegurar de modo especial, o bem-estar de todos quantos habitam este Planeta, e o desenvolvimento tecnológico possível e, em simultâneo, reduzir drasticamente as emissões de gases de efeito estufa[56].

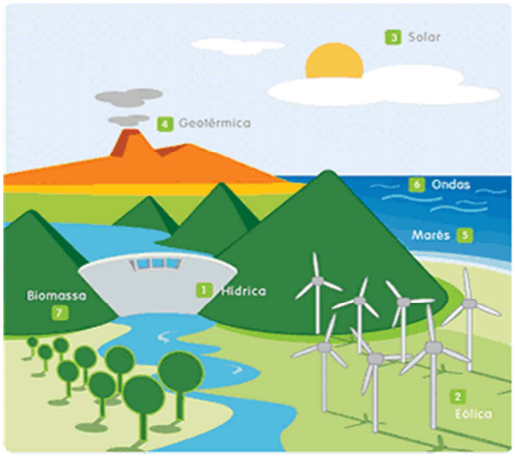


Figura 61
Esquema ilustrativo dos tipos de energias renováveis
Fonte: http://www.portal-energia.com/fontes-de-energia

No século. XXI, em que vivemos, vai ser um grande desafio para a humanidade desenvolver a tecnologia que permita a obtenção das energias através das fontes renováveis, já conhecidas, ou mesmo de outras que se venham a descobrir e desenvolver, a custos suportáveis por todos os consumidores, tanto mais que, para além dos graves problemas para a sustentabilidade ambiental do Planeta, as principais fontes de energia (petróleo, gás natural,

[56] Segundo o Protocolo de Quioto os gases que provocam o aquecimento global são: Dióxido de Carbono (CO_2); Metano (CH_4); Óxido Nitroso (N_2O); e as famílias dos perfluorcarbono (composto completamente fluorado), em especial Hidrofluorcarbonos (HFCs); Perfluoretano (C_6F_6); Hexafluoreta de Enxofre (SF_6).

carvões e combustíveis fósseis) até agora utilizadas pelo Ser Humano, são finitas e, com tendência a extinguir-se rapidamente face à sua intensa exploração.

3.1.1 Energia hídrica

A energia hídrica tem sido usada pelo Ser Humano desde há séculos, tendo começado por ser utilizada na produção de energia mecânica, para a moagem de cereais e para elevação da água. A produção de energia hidroelétrica surgiu durante o final do século XIX e início do século XX, após a invenção do gerador elétrico e do aperfeiçoamento de turbinas que fossem eficazes. Tais processos possibilitaram a produção de energia elétrica em Centrais de pequena e média dimensão que alimentavam redes elétricas locais e regionais. Durante a primeira metade do século XX ocorreu outra mudança, consubstanciada na expansão da rede elétrica e construção de redes de alta tensão para transportar energia a distâncias mais longas. Apareceram então as Centrais hidroelétricas de grande dimensão, com várias centenas de MegaWatts (MW) de potência instalada, construídas em cursos de água com elevado potencial hídrico.

3.1.1.1 D**iferentes formas e tipos de centrais hídricas na geração de energia elétrica**

A disponibilidade anual deste recurso energético depende da quantidade de água disponível para turbinar. A energia de origem hídrica ainda é uma das maiores fontes de eletricidade no mundo.

Em Portugal, cerca de 30% da eletricidade consumida tem origem hídrica, sendo que o potencial de aproveitamento desta energia está distribuído por todo o território nacional, com maior concentração no Norte e Centro do país.

O ciclo natural da água está na proveniência da energia hídrica, porquanto a precipitação libertada como chuva ou neve nas zonas mais altas (montanhosas) dá origem a esvaziamentos subterrâneos e de superfície que alimentam os diversos cursos de água. Assim os rios são energia hídrica cujo potencial resulta do seu caudal e da variação de altitude (queda) durante o seu caminho até chegar ao Mar.

A potência é tanto mais elevada quanto maior for o caudal e/ou a diferença de cotas entre o nível máximo do reservatório da água e a turbina. Mas o caudal dos rios não é constante ao longo de todo o ano, variando em função da precipitação na bacia hidrográfica,

tornando-se assim necessário consultar históricos disponíveis para se saber qual o caudal médio diário e prever o caudal esperado para os próximos anos.

A figura 62 ilustra o esquema geral de geração da energia hídrica, onde o volume de água no reservatório (albufeira), e a altura deste para a turbina, são os dois elementos fundamentais para a geração de maior ou menor quantidade de energia. Durante épocas de seca, a potência gerada pode diminuir pois há menos água no reservatório. Durante as estações chuvosas, a potência gerada aumenta à medida que mais água é drenada para nascentes e rios que também vão encher as barragens. As instalações das centrais que geram a energia hídrica devem ser concebidas para equilibrar os fluxos de água através de geradores de energia elétrica.

Em relação à construção da central hidroelétrica, podemos assinalar dois tipos:

i) Centrais de albufeira, onde a água é armazenada num reservatório (albufeira) sendo depois levada até à turbina[57] através da conduta forçada, caracterizando-se por médias e altas quedas úteis;

ii) Centrais de fio-de-água, em que a Central é construída no próprio leito do rio não têm possibilidade de armazenar água em grande quantidade e a principal característica é terem baixas e médias quedas úteis e elevados caudais.

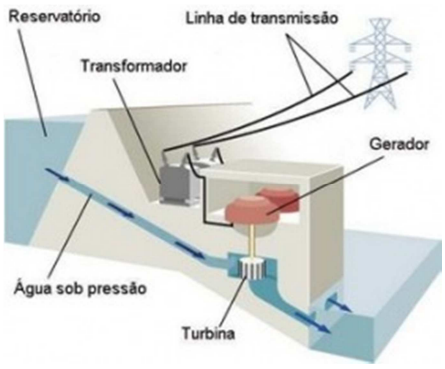


Figura 62
Esquema da geração de energia hídrica
Fonte:http://reciclapah.weebly.com/energia-hiacutedrica.html

Estas centrais de fio-de-água estão geralmente ligadas a empreendimentos de média dimensão em locais com elevado potencial hídrico, com a grande vantagem da sua implantação não necessitar de obras com eventual impacto ambiental seja relevante, uma vez que basta existir pequenos açudes instalados nos cursos de água existentes. A Figura 63 apresenta dois modelos de turbinas aplicáveis nestas centrais, que funcionam com quedas de água muito baixas, entre 1,4 a 2,8 m.

[57] Equipamento mecânico que transforma a energia hidráulica de um fluxo de água, em energia mecânica e que, acoplada a geradores ou alternadores origina a produção de energia elétrica.



Figura 63
Imagens de turbinas de muito baixa queda de água
Fonte: http://www.nsolartek.pt/produtos/mini-hidricas.html

A construção de centrais com dimensões reduzidas, com potências instaladas inferiores a cerca de 20 MW e denominadas de Mini-Hídricas, foi impulsionada pela crise energética da década de 70 do século passado, uma vez que os espaços disponíveis com grandes bacias hidrográficas foram ficando inutilizados com a implantação das grandes barragens.

A designação de centrais mini-hídricas generalizou-se em Portugal para utilizar os aproveitamentos hidroelétricos de potência inferior a 10 MW. Esta fronteira é geralmente usada internacionalmente como ponto de separação entre as pequenas e as grandes centrais hidroelétricas.

As primeiras, devido ao seu impacto ambiental reduzido, são normalmente consideradas centrais renováveis enquanto as segundas, embora usando um recurso renovável, produzem efeitos não desprezáveis sobre o ambiente, uma vez que podem interferir diretamente com o bem-estar das populações locais, flora e fauna, provocando por vezes danos irreparáveis, pelo que, a sua classificação como centrais renováveis se torna um pouco problemática sob esse ponto de vista.

3.1.1.2 Potências instaladas em Portugal

O aproveitamento hidroelétrico concentra-se no norte e centro do País, fruto da orografia e pluviosidade daquelas regiões, sobressaindo somente a Central do Alqueva na região a sul do Tejo. Atualmente, em Portugal Continental, de acordo com as estatísticas da Direção Geral de Energia e Geologia, até Maio de 2010, a potência instalada na grande hídrica, ronda os 4.234 MW, com uma produção anual de 12.719 GWh. Em termos de mini-hídrica, existem cerca de 98 centrais, com um total de 590 MW de potência instalada e uma

produção média anual de 1.780 GWh. Perfazendo uma potência total de cerca de 4.824MW para uma produção de 14.499 GWh. Resumindo, isto significa cerca de 52% de potência instalada em Portugal, no que se refere a energias renováveis, que suportaram um custo médio de 87,5€/MWh, no ano de 2009.

Existem ainda as chamadas Centrais Microhídricas com uma produção ainda muito reduzida, cuja definição varia entre os diferentes países e pode incluir sistemas desde baixa potência até alguns megawatts. No entanto, a definição mais comum consiste na produção hidroelétrica até 300 kW (Microhydropower, 2009). Em Portugal, faz mais sentido definir estas instalações, com potências até 100 kW, segundo o D.L. nº 312/2001, ou até 150 kW de acordo com o D.L. nº 68/2002.

Constata-se assim que a produção deste tipo de energia tem um peso acentuado no nosso país, devendo-se esse facto à existência de condições naturais apropriadas que permitem uma produção a custos relativamente baixos com uma tecnologia muito desenvolvida e testada há muitos anos, face a outras tecnologias usadas noutras fontes energéticas.

3.1.1.3 Algumas vantagens e desvantagens

A existência de grandes centrais hidroelétricas apresentam significativas vantagens para a sua utilização, quer no presente quer mesmo no futuro, em que destacamos:

- é a própria água que gera a energia elétrica sem que seja necessário o uso de qualquer tipo de combustível;
- o seu custo de produção torna-se mais ou menos constante após a central se encontrar em pleno funcionamento;
- não contribui para a poluição da atmosfera, uma vez que não há emissão de qualquer tipo de gás;
- têm normalmente uma vida longa; existem muitas a funcionar com algumas dezenas de anos sem terem ainda demonstrado qualquer problema ou deficiência;
- a sua produção não tem de ser contínua, pode variar consoante a necessidade de consumo ao longo do dia;
- a sua albufeira pode ser utilizada para abastecimento de água às populações, regas e desportos náuticos.

No entanto, há também que considerar e ter em conta, antes de avançar com a sua construção, algumas desvantagens, nomeadamente:

- a sua construção é um investimento extremamente elevado e, durante a sua execução, existe uma poluição sonora acentuada que poderá interferir na continuidade de muitas espécies animais que habitam a região;
- vai obrigar a que toda a zona até onde a cota máxima da água chegar, seja inundada, destruindo assim toda a flora e fauna que ali habitava;
- também todas as aldeias que se situem dentro dessa área ficarão submersas, obrigando as pessoas que ali vivam a deslocarem-se para outro local;
- a paisagem inicial é completamente alterada após a albufeira construída;
- provoca impacto negativo no património construído ao ficar submerso.

Relativamente às centrais Mini-Hídricas, são uma forma de geração de energia e pode ser considerada uma fonte de produção de eletricidade eficiente e segura. No entanto, apresenta algumas desvantagens que devem ser ponderadas antes da sua construção, tais como:

- fraca capacidade de resposta às necessidades energéticas da população;
- impossibilidade de se poder aumentar a sua potência, visto que está confinada a um determinado caudal;
- fraca produção elétrica nos meses de verão, habitualmente mais secos que os restantes;
- impactes ambientais mínimos que devem ser tidos em conta antes da construção, pois o caudal do rio deve ser assegurado para que não ocorram impactes negativos na ecologia local e infraestruturas.
- a energia produzida, por esta tecnologia, está dependente de dois grandes fatores: o caudal do rio e a altura da queda da água.

Existem também algumas vantagens que justificam a sua utilização, nomeadamente:

- aproveitamento de estruturas localmente existentes, como sendo barragens ou açudes, para aí produzir a energia elétrica;
- outro potencial de aplicação é em estruturas de condução de água junto de saídas das Estações de Tratamento de Esgotos (ETAR) de médias ou grandes dimensões.

Muitas das tecnologias usadas nas centrais Mini-hídricas (Figura 64) necessitam apenas duma pequena albufeira ou até de nenhuma para produzirem eletricidade. Pode uma

parte do caudal da linha de água, ou rio, ser desviado para a turbina, sendo posteriormente devolvido ao curso do rio natural, produzindo deste modo, um impacto mínimo no ambiente, devendo ser garantida a não ocorrência de efeitos negativos na população piscícola e vida aquática.

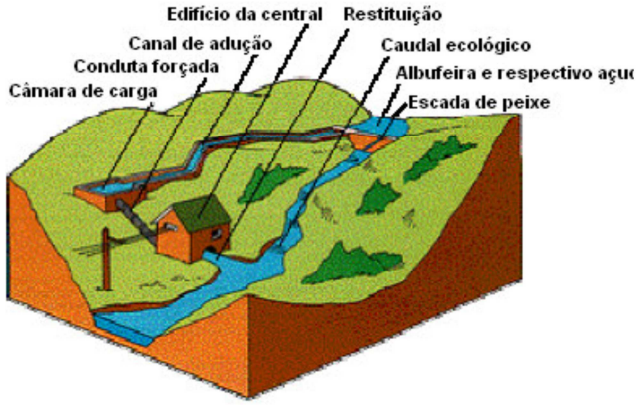


Figura 64
Esquema de funcionamento das centrais Minihídricas
Fonte: http://www.portal-energia.com/fontes-de-energia

Há ainda que referir a microgeração, cujo funcionamento através de centrais microhídricas, é semelhante ao de uma central hidroelétrica, numa escala menor. Estas pequenas centrais hidroelétricas podem funcionar acima de 6.000 horas por ano, com níveis de rentabilidade elevados, tendo-se confirmado que um baixo valor de potência instalada equivale ao dobro da potência numa central "standard" equivalente com o mesmo custo.

Devido às economias de escala e ao diferente número de equipamentos existentes em cada instalação, o custo por unidade de potência instalada aumenta conforme diminui a dimensão da central.

A aplicação destas tecnologias, em Portugal, com um máximo de potência de ligação à rede de 3,68 kW, de acordo com o regime bonificado do D.L. nº 363/2007, é bastante limitada.

Estas tecnologias apresentam um maior potencial na sua utilização em localidades rurais, no entanto, o estudo de viabilidade da sua aplicação deve ser analisado individualmente para cada caso, sempre que se pretenda a sua implementação.

3.1.1.4 Custos associados à instalação de centrais mini-hídricas

Estimamos que os custos associados à instalação de Centrais Mini-hídricas, é uma tarefa complexa, que depende, entre outros fatores, da potência instalada, da altura de queda e da ligação à rede recetora. Os dados conhecidos permitem situar o investimento total numa gama de variação entre 1000 €/kW e 3000 €/kW, sendo o limite inferior correspondente a

médias e altas quedas e potências superiores a 1000 kW e o limite superior correspondente a baixas quedas e potências inferiores a 250 kW.O custo médio anual atualizado (€/kWh) é obtido através da seguinte expressão algébrica:

$$C = (i + Cd)Cp/ha$$

em que:

i - inverso do factor presente da anuidade, dado por $i = (1+a)^n a/(1+a)^n$-1, sendo a a taxa de atualização e n o número de anos de vida útil da instalação;

Cp - custo de investimento por kW instalado (€/kW)

ha - utilização anual da potência instalada (h)

Cd - custos diversos, onde se incluem, como parcela dominante, os encargos de manutenção em percentagem do investimento total.

No Gráfico 1 ilustra-se a curva de variação do custo médio anual da unidade de energia produzida em função da utilização anual da potência instalada, parametrizada em função do investimento por unidade de potência instalada. O período de vida útil da instalação considerada foi de 30 anos. Para os encargos de Manutenção utilizou-se o valor de 1% do investimento total. A taxa de atualização que se considerou foi de 7%.

De acordo com a legislação em vigor (D. L. nº 339-C/2001 e D. L. nº 225/2007) que estabelece a fórmula de cálculo e seus coeficientes para a remuneração da energia introduzida na rede pública pelos Produtores de Energia Renováveis (PER) que usam recursos renováveis, pode estimar-se, para o ano de 2010 em curso, que cada unidade de energia, com origem em Centrais Mini-hídricas, injetada na rede pública, é paga a um valor que se situará na casa dos 6 a 7 cêntimos por cada KWh.

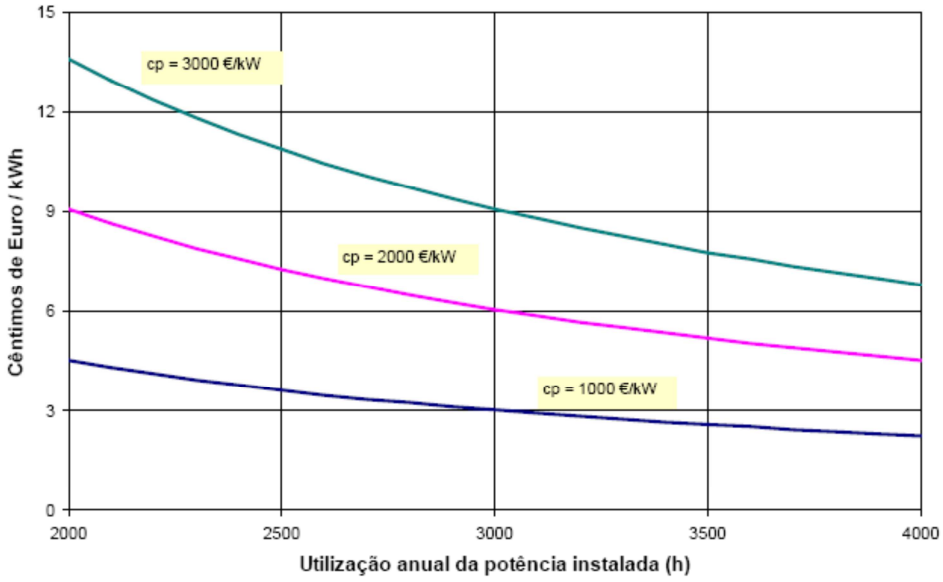


Gráfico 1
Custo médio anual da unidade de energia em função da utilização anual da potência instalada, parametrizado em função do investimento por kW instalado; a = 7%, n = 30 anos, cd = 1%cp.
Fonte: Castro (2008)

De forma a garantir a adequada rentabilidade económica, a experiência mostra que as Centrais Mini-hídricas, em operação, apresentam valores de utilização anual da potência instalada que se situam, tipicamente, entre as 2000 a 2500 horas (cenários secos) e entre as 3500 a 4000 horas (cenários húmidos); razão pela qual é aceitável tomar 3000 horas como valor médio.

O Gráfico 1 permite concluir que, em primeira aproximação e para as condições médias enunciadas, a viabilidade económica da instalação só será assegurada se o investimento unitário se situar abaixo de 2000 €/kW, o que afasta a hipótese das instalações com quedas e potências baixas.

3.1.1.5 O uso desta energia em Museus

Entre todas as energias disponíveis, incluindo as renováveis, a energia Hídrica, proveniente maioritariamente das grandes barragens, tem um peso de cerca de 52% na produção total, sendo portanto aquela que tem mais consumo, em qualquer tipo de utilização. A sua produção a partir de centrais Mini-hídricas embora ainda não tenha uma representatividade suficientemente expressiva, apenas cerca de 14%, a curto ou médio prazo vai ser uma boa alternativa à energia proveniente das grandes barragens. Claro que a energia

hídrica mesmo proveniente das grandes barragens é considerada uma energia de fonte renovável, visto que tem origem no aproveitamento das águas da chuva e eventuais nascentes.

Geralmente, em todos os tipos de edifícios incluindo também nos Museus, sempre que não disponham de sistemas próprios de captação e produção da sua própria energia renovável, é obtida na rede geral de distribuição comercial.

Nesta rede, quem comercializa esta energia é obrigado, ao abrigo da Lei nº 51/2008, de 27 de Agosto, a informar aos respetivos consumidores, as fontes de energia primária utilizada, em termos de percentagem, bem como, as emissões de CO2 e de outros gases com efeito de estufa associadas ao consumo correspondente a cada fatura. Trata-se de uma medida interessante porque permite sensibilizar o consumidor para os recursos que estão a ser usados.

Como já dissemos, a energia hídrica, face à sua exploração massiva e otimização dos custos, é aquela que maior consumo tem; no entanto, verifica-se que os consumos energéticos de uma simples habitação unifamiliar ou de qualquer edifício maior, independentemente da sua utilização, provêm das várias fontes energéticas disponíveis e suportam custos finais bem diferentes não são refletidos individualmente em cada fonte. O que faz sentido, uma vez que se estabelece um certo equilíbrio entre todas de modo a obter resultados mais positivos que podem ser aplicados no desenvolvimento de outras fontes que se manifestem mais aceitáveis e, conjuntamente contribuam para uma definitiva sustentabilidade ambiental do nosso planeta.

Qualquer Museu, para poder instalar todos os equipamentos que lhe forneçam o conforto e funcionalidades, terá necessidade de possuir uma potência de baixa tensão superior a 20,7 kVA. No entanto, poderão haver alguns que não necessitem de instalar uma potência tão elevada. Nos Quadros 13 e 14, apresentam-se as tarifas a aplicar consoante o tipo de consumo que seja adequado, com valores unitários atualizados a 2010. Para se obter o valor do custo total mensal a pagar, basta dispor dos consumos unitários de todos os equipamentos existentes, incluindo as iluminarias, obter o tempo de funcionamento diário de cada um e somar todas estas potências consumidas, e depois, multiplicar a potência consumida ou prevista a consumir, pelos preços unitários da energia. Obtém-se assim, finalmente, o valor total da fatura mensal.

TARIFA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM BTN (>20,7 kVA)			PREÇOS	
Potência		**(kVA)**	**(EUR/mês)**	**(EUR/dia)***
	Tarifa de médias utilizações	27,6	38,19	1,2555
		34,5	47,59	1,5648
		41,4	57,00	1,8740
	Tarifa de longas utilizações	27,6	171,49	5,6381
		34,5	214,31	7,0459
		41,4	257,12	8,4533
Energia activa			**(EUR/kWh)**	
	Tarifa de médias utilizações	Horas de ponta	0,2572	
		Horas cheias	0,1218	
		Horas de vazio	0,0665	
	Tarifa de longas utilizações	Horas de ponta	0,1622	
		Horas cheias	0,0927	
		Horas de vazio	0,0601	

* RRC art. 184.º, n.º 3

Quadro 13
Preços de venda de energia a clientes finais com uma potência instalada> 20,7kVA
Fonte:http://www.erse.pt/pt/eletricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasem2010/Paginas/TVCF2010.aspx

TARIFA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM BTN (<=20,7 kVA e >2,3 kVA)			PREÇOS	
Potência		**(kVA)**	**(EUR/mês)**	**(EUR/dia)***
	Tarifa simples, bi-horária e tri-horária	3,45	5,26	0,1730
		4,6	6,83	0,2245
		5,75	8,40	0,2761
		6,9	9,97	0,3276
		10,35	14,67	0,4823
		13,8	19,37	0,6369
		17,25	24,08	0,7915
		20,7	28,78	0,9462
Energia activa			**(EUR/kWh)**	
	Tarifa simples		0,1285	
	Tarifa bi-horária	Horas fora de vazio	0,1382	
		Horas de vazio	0,0742	
	Tarifa tri-horária	Horas de ponta	0,1520	
		Horas de cheias	0,1332	
		Horas de vazio	0,0742	

* RRC art. 184.º, n.º 3

Quadro 14
Preços de venda de energia a clientes finais com potências instaladas <= 20,7kVA e > 2,3kVA
Fonte:http://www.erse.pt/pt/eletricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasem2010/Paginas/TVCF2010.aspx

Podemos assim afirmar que a energia de origem hídrica é a mais utilizada em Museus porque são alimentados a partir da rede pública de abastecimento e esta transporta maioritariamente este tipo de energia. No entanto, seria interessante e importante que, pelo menos a médio prazo, a instalação de fontes de energia renováveis nestes edifícios pudesse contribuir definitivamente para a sua massificação. Seria uma decisão fundamental e extremamente positiva para a contribuição da preservação do meio ambiente e do património ambiental.

3.1.2 Energia das Marés

Trata-se do aproveitamento das oscilações constantes dos níveis das águas dos Oceanos para gerar eletricidade através da utilização da energia contida no movimento dessas massas de água devido às marés. Podem assim ser obtidos dois tipos de energia maré-motriz: a cinética das correntes, devido às marés e, a potencial, pela diferença de altura entre as marés alta e baixa. Os oceanos são uma enorme e inesgotável fonte energética. As marés são o resultado da interação entre as forças produzidas pela atração do Sol e da Lua e do movimento de rotação da Terra e, as forças gravitacionais, que originam a subida e descida dos níveis das águas, isto é, que se designa de marés. Os movimentos verticais das águas associados às subidas e descidas das marés são acompanhados de movimentos horizontais chamados correntes das marés. A energia proveniente do aproveitamento das marés pode ser obtida através da energia associada ao movimento da água que passa quando a maré sobe ou desce e, através de comportas ou diques que retêm a água da maré cheia e são abertas quando o desnível for suficiente, fazendo com que a água, ao passar, faça rodar o mecanismo que a vai produzir.

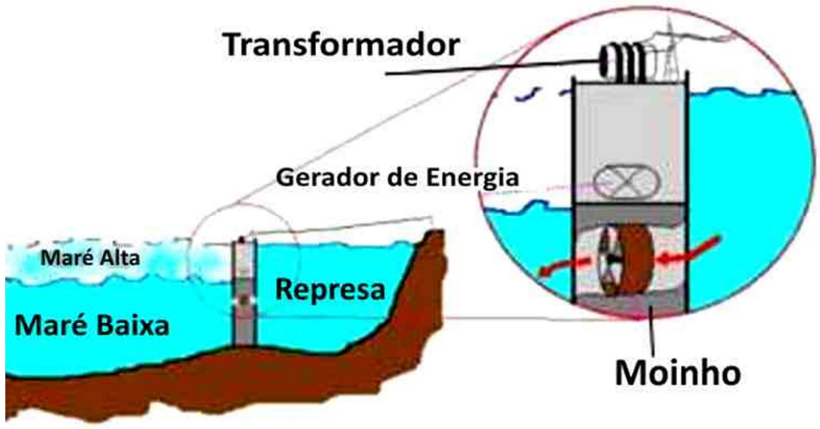


Figura 65
Esquema para a sua obtenção da energia das Marés
Fonte: http://www.google.pt/imgres?imgurl

A ideia de extrair a energia que os oceanos acumulam, utilizando as diferenças das marés alta e baixa, não é nova. Já por volta do século XII na Europa, se utilizavam moinhos colocados nalgumas baías ou estuários de rios, nos locais mais estreitos para que os seus fluxos e refluxos originassem a rotação das pedras de moer. No entanto, foi na localidade de nome Husum, situada no norte da Alemanha, junto do mar do Norte que no ano de 1915 alguns dos seus habitantes construíram tanques, para o cultivo de Ostras, que ligavam ao mar por um canal, onde também instalaram turbinas que faziam mover geradores elétricos de

pequena dimensão, durante a passagem da água, produzindo assim a quantidade suficiente de energia eléctrica para alimentação do referido povoado. A Figura 65 ilustra o princípio usado para a obtenção de energia elétrica a partir das marés, que é extremamente simples, construindo uma represa que guarde uma determinada quantidade de água consoante a sua capacidade, que vai encher sempre que a altura das marés sobe a um nível superior às suas paredes. Quando a maré desce, a água, com o seu movimento horizontal aciona as pás de um moinho instalado a um nível inferior da sua parede, produzindo um movimento circular que proporciona a produção de energia elétrica a partir de geradores e transformadores interligados a este.

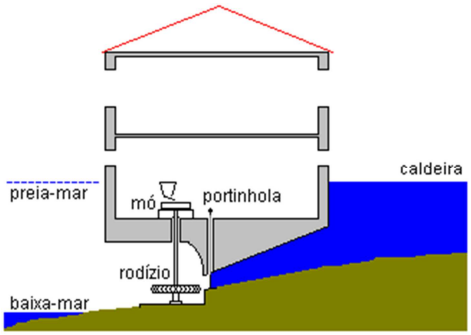


Figura 66
Esquema de funcionamento de um Moinho de maré
Fonte:http://amateriadotempo.blogspot.com/2007/05/moinhos-de-mar.html

As marés, naturalmente, também se fazem sentir nos caudais dos rios que desaguam no mar até uma determinada distância deste, podendo por isso ser aproveitadas para daí captar energia. Em Portugal há notícias do aparecimento do primeiro moinho de maré, em Castro Marim, no final do século XIII. Posteriormente foram construídos muitos por todo o país que são utilizados na moagem dos cereais. O seu funcionamento verifica-se apenas durante o período em que a maré está baixa, o que acontece duas vezes por dia. Esquematicamente o seu funcionamento é representado na Figura 66, ou seja, durante a enchente os rodízios não funcionam e a portinhola/comporta da caldeira abre automaticamente com a pressão da água. Quando a maré começa a vazar a comporta fecha com a pressão contrária da água. A água da caldeira mantém-se estável até que a diferença de cotas durante o abaixamento da maré, ponha o rodízio a descoberto. Nesse momento abre-se a comporta e a água direcionada ao rodízio dá início ao movimento da mó que está ligada àquele, começando assim a moagem, acontecendo isto até ao início do próximo enchimento da caldeira. Uma vez que os horários das marés não são fixos, era necessário trabalhar durante períodos noturnos para aproveitar todo o potencial disponível.

É possível também fazer o aproveitamento hidroelétrico baseado neste princípio de funcionamento dos moinhos de maré, bastando para tal colocar uma turbina onde o rodízio se encontra e ligá-lo a um gerador localizado, por exemplo, onde a está a mó. A quantidade de energia produzida, tal como a moagem, estará dependente do funcionamento intermitente do rodízio.

3.1.2.1 Algumas centrais maré motriz, turbinas, vantagens e desvantagens associadas e custo desta energia

Com o propósito de obter uma capacidade de produção elevada de energia a partir das marés, os franceses construíram, em 1967, a primeira central maré motriz, ou maré-elétrica, ligada à rede nacional de distribuição. Uma barragem de maré, instalada na foz do rio Rance, na Bretanha, noroeste da França, com cerca de 750 metros de comprimento, passou a ligar duas povoações que antes estavam "distanciadas" cerca de duas dezenas de quilômetros Encontra-se equipada com 24 turbinas de 10 megawatts (MW) cada, tem uma potência total de 240 megawatts (MW), obtém uma produção anual de cerca de 550 Gigawatts hora por ano (GWh/ano), equivalente à energia elétrica suficiente para o consumo de uma cidade com cerca de 300 mil habitações. A Central elétrica de Rance é uma das poucas no mundo que consegue, partir das marés, produzir eletricidade em quantidade industrial (Figura 67).



Figura 67
Vista da Central de Rance
Fonte: http://www.google.pt/imgres?imgurl

Este exemplo Francês deu origem a que, em 1968, os soviéticos ficassem sensibilizados e instalassem uma Central elétrica piloto de 20 megawatts (MW), funcionando como teste para um projeto de grande dimensão, capaz de gerar 100.000 megawatts (MW), tendo esta Central sido construída perto de Murmansk, no mar de Barents, Círculo Polar Ártico. No entanto, a referida Central, para responder à produção estabelecida, obrigava à construção de um dique com mais de 100 quilômetros de comprimento, o que tornava o

projeto economicamente inviável, pelo que acabou por ser arquivado. Entretanto, o aparecimento de um novo tipo de turbina, no ano de 1984, denominada de Straflo (do inglês, straight flow, fluxo direto), desenvolvida pela empresa Suiça « Sulzer- Escher Wyss», veio originar uma redução nos custos de construção das centrais maré-motriz em cerca de um terço, uma vez que se tratava duma turbina de escoamento retilíneo com um volume reduzido.

Os Canadianos foram os primeiros a empregá-la. Em 1984, puseram a funcionar uma Central experimental que é das maiores do mundo com uma potência de 20 megawatts (MW), construída na Baía de Fundy, na região fronteiriça com os Estados Unidos, onde a diferença de cotas entre as marés chega a atingir cerca de 20 metros. Na Central de Rance, por exemplo, a diferença entre as marés é de cerca de 13,5 metros. Nesta Baía as potencialidades de instalação de novas centrais são enormes face às condições naturais existentes.

Se todas as marés que diariamente se fazem sentir em todos os litorais do nosso planeta, pudessem ser aproveitadas para a produção de energia elétrica resolveria, certamente, todas as necessidades existentes, uma vez que podemos considerar, de modo aproximado, que, com uma diferença de cotas de 3 metros entre marés e por cada metro linear de frente litoral, se pode produzir cerca de 25 kilowatts (kW). Para além da produção de energia deve ainda ter-se em conta o rendimento dos dispositivos de transformação, que é inferior à unidade.

A captação deste tipo de energia em quantidades industriais é restrita a poucas localidades, pois para haver rentabilidade do investimento a diferença de cotas entre as marés, deve ser superior a 7 metros. Alguns dos locais conhecidos mais propícios para a instalação de centrais de energia das marés são: Baía de Fundy (Canadá) e baía Mont-Saint-Michel (França), ambas com mais de 15 metros de desnível entre as marés. No Brasil, os locais mais favoráveis à construção de estações para o aproveitamento dessa fonte de energia são o estuário do rio Bacanga, em São Luís, com marés de até 7 metros, e, principalmente, a ilha de Macapá, com marés de 11 metros.

O princípio de funcionamento destas barragens de marés para a captação de energia é muito simples, uma vez que, com a subida das marés o reservatório enche. Assim que a maré desce, as comportas são abertas e a água sai originado o movimento das turbinas instaladas que por sua vez, ligadas a geradores originam a produção da energia elétrica.

A captação deste tipo de energia embora renovável e limpa tem consigo associadas vantagens e desvantagens. Passamos a assinalar as vantagens encontradas:

- as marés são recursos naturais que têm uma periodicidade regular;

- sempre que o local escolhido para a construção de centrais tenha em conta as cotas adequadas entre as marés, a captação é consistente;
- não há lugar à produção de CO2 ou de quaisquer resíduos contaminantes ou perigosos;
- pode haver aproveitamento da barragem para por alí ser feita a ligação rodoviária das localidades vizinhas;
- a barragem pode também ser aproveitada para exploração turística;
- a manutenção do sistema é fácil e a duração das turbinas é cerca de 30 anos;
- as turbinas são colocadas a uma profundidade em que, normalmente, não causam qualquer perturbação às espécies marinhas.

Existem também algumas desvantagens que assinalamos:

- o seu custo de construção corresponde a um investimento bastante elevado;
- podem surgir dificuldades na instalação das turbinas em profundidade;
- embora raramente, mas podem, por vezes, ocorrer avarias provocadas por peixes de maiores dimensões.

A energia das marés pode ser captada através das barragens maré-motriz e das turbinas subaquáticas de vários feitios, (uma delas mostrada na Figura 68), relativamente recentes, uma vez que a primeira se encontra em funcionamento apenas desde Julho de 2008. O seu custo aproximado foi de cerca de 11 milhões de euros, tendo sido denominada SeaGen e está localizada no Norte da Irlanda. Quando totalmente operacional deverá gerar 1,2 megawatts (MGW) de energia elétrica, fornecendo assim o suficiente para abastecer cerca de mil residências unifamiliares.

Esta turbina funciona como um gerador eólico subaquático possuindo dois rotores que são acionados por um dos fluxos de maré mais rápidos do mundo, com velocidade de cerca de 8 nós, e está localizada em Strangford Lough.

Encontra-se posicionada a uma distância de cerca de 400m da costa e funciona durante cerca de 20 horas por dia. No entanto, durante as mudanças das marés a produção de energia elétrica é muito baixa uma vez que a velocidade desce para apenas dois nós.



Figura 68
Vista de uma Turbina subaquática de energia das marés
Fonte:http://www.seageneration.co.uk/

O custo da energia elétrica proveniente da captação através deste tipo de turbina subaquática situa-se aproximadamente em 0,30€ por Watt (W), o que se torna num valor bastante aceitável visto ser a primeira utilização deste tipo de equipamento. A industrialização da produção destes equipamentos irá traduzir-se a curto prazo numa diminuição do custo da energia produzida por esta via o que é extremamente importante e, nesta medida, traduz-se em mais uma contribuição, que é sempre desejável, no que respeita ao consumo das energias renováveis e limpas. Já nas barragens de maré-motriz os custos de produção da energia descem substancialmente em virtude das turbinas aí usadas estarem mais desenvolvida e implementadas no mercado e, também, face às multifunções que uma barragem pode ter, como já atrás foi referido.

3.1.2.2 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em Museus

A energia elétrica de origem renovável proveniente destes tipos de fontes ainda não tem qualquer expressão no nosso país. Nos países onde já foram feitos investimentos para a sua captação tornou-se numa forte e importante alternativa para utilização em todo o tipo de consumos, uma vez que, após a sua captação e produção, é lançada na rede pública de distribuição de energia e assim pode chegar a qualquer local onde exista abastecimento público.

É de grande importância que a sua produção aumente significativamente em todos os países que disponham das condições necessárias, de forma a que a sua rentabilidade seja minimamente viável. Isto porque, no início das captações, terá de haver um grande investimento de que só mais tarde, consoante a massificação destes investimentos, se vai obter o retorno poderá tornar-se mais econômica, de forma a encontrar-se um maior equilíbrio que permita obter-se custos que, mesmo superiores aos das fontes poluentes, se tornem aceitáveis do ponto de vista da defesa e preservação do Planeta.

Portugal, face às frentes marítimas que possui e, em muitos locais com marés de características suficientes, é um dos países com condições naturais para que um forte investimento neste tipo de captação de energia se traduza em resultados bastante positivos, e assim tornar-se cada vez mais independente dos consumos energéticos de origem poluente indesejável, não só para qualquer edifício em geral, mas também para os Museus.

Sempre que os Museus se localizem próximo de um local onde as marés se façam sentir, quer se trate de uma baía ou de estuários de rios que deséguem no mar, é possível e vantajosa a instalação de moinhos de maré. Trata-se de uma construção composta por caldeira, comporta, turbina e gerador. Com esta instalação pode ser fornecida toda, ou pelo menos uma grande parte, da energia elétrica necessária para o seu normal funcionamento. É no entanto importante haver um estudo econômico antecipado pois os custos associados à sua construção terão alguma relevância, em função do que há necessidade de decidir para cada caso concreto qual é a melhor poção para a captação desta energia renovável.

Em todos os edifícios existentes quer se trate ou não de edifícios históricos ou, outros a construir de raiz, é possível instalar um sistema de captação deste tipo de energia, dependendo apenas de a sua localização estar próxima de uma zona em que as marés se façam sentir.

3.1.3 Energia das Ondas

As ondas são um abundante recurso renovável a cada momento, que começa a ser explorado por alguns países Europeus. Ao longo da última década verificaram-se consideráveis progressos na investigação e desenvolvimento de tecnologias associadas ao aproveitamento da energia das ondas na Europa, resultando daí a comercialização em quantidades razoáveis de algumas destas tecnologias. O apoio financeiro para a investigação e desenvolvimento destas tecnologias tem surgido através de programas nacionais e programas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico provenientes da União Europeia, que têm estimulado, nesta área, um trabalho coordenado entre alguns países europeus, e tem contribuído decisivamente para o progresso e aumento da captação e utilização, na Europa, da energia proveniente das ondas.

Face à quantidade de recursos mundialmente disponíveis, as estimativas mundiais apontam para um aumento significativo no consumo da energia daqui proveniente, para as próximas décadas. No entanto, prevê-se que as necessidades de consumo de energia na União

Europeia, nessa altura, devam aumentar significativamente. Por esse motivo, consideramos enveredar por uma pesquisa intensa na área desta tecnologia, para que possa ser facilmente utilizada e a preços cada vez mais baixos.

Todos os governos dos estados membros da União Europeia têm sido constantemente alertados no sentido de que os métodos tradicionais utilizados na produção de energia estão a contribuir para sérios e graves problemas ambientais e, o facto é que todos eles já tomaram medidas urgentes para cumprirem as medidas apontadas relativamente à captação e utilização de energias não poluentes, tendo mesmo havido renovação forçada nos setores energéticos com opção pelas fontes renováveis.

Na evolução dinâmica que se tem verificado nas indústrias de energias renováveis, a proveniente das ondas está francamente a emergir. A tecnologia utilizada é relativamente nova e atualmente ainda não é economicamente competitiva com outras tecnologias consideradas mais maduras como é o caso da energia eólica. No entanto, o interesse por parte dos governos e da indústria está a crescer a um ritmo bastante elevado, sendo preponderante o facto de as ondas possuírem elevada densidade energética, considerada mesmo a maior de entre os recursos renováveis disponíveis.

3.1.3.1 A conversão da energia das ondas em energia elétrica

A proposta para converter a energia das ondas superficiais noutras formas de energia não é recente, foi apresentada pela primeira vez no ano de 1799, pela empresa Francesa Girard & Son. No entanto, a intensa investigação e desenvolvimento de tecnologias para a conversão da energia das ondas começou depois da dramática subida dos preços do petróleo ocorrida no ano de 1973. Nesta altura, diferentes países europeus, com boas potencialidades naturais de exploração deste recurso, começaram a observá-la como uma possível fonte de energia e introduziram medidas e programas financeiros de apoio para o seu desenvolvimento. Assim, começaram a surgir importantes programas de investigação, com apoios governamental e privado, que possibilitaram o desenvolvimento das tecnologias de conversão industrial da energia das ondas, a médio longo prazo, nomeadamente na Dinamarca, Irlanda, Noruega, Portugal, Suécia e no Reino Unido.

Ao longo dos anos foi-se constatando que a extração da energia do mar é uma tarefa com algumas dificuldades, porque as experiências realizadas por todo o mundo têm demonstrado isso mesmo. A União Europeia, como já referimos, considerou importante

ajudar o desenvolvimento dessas tecnologias financiando projetos, que permitiram que se desse grandes passos com o objetivo de facilitar a obtenção dos meios físicos que facilitem a praticabilidade da extração desta energia.

Em consequência do interesse e ajuda da União Europeia, começaram a surgir alguns bons resultados, como são os casos da estação piloto instalada na Ilha do Pico, em Portugal, concluída no ano de 1999, com uma capacidade instalada de 400 kW; a central AWS (Archimedes Wave Swing), instalada ao largo da Póvoa de Varzim, em Portugal, com uma capacidade instalada de 2 MW, concluída no ano de 2004; e a do LIMPET (Land Installed Marine Power Energy Transmitter), da ilha Islay na Escócia, concluída no ano de 2001, com uma capacidade instalada de 500 kW. Para além destes apoios, a União Europeia apoiou também uma série de conferências internacionais sobre energia das ondas (Edimburgo, UK, 1993, Lisboa, Portugal, 1995, Patras, Grécia, 1998 e Aalborg, Dinamarca, 2000), que contribuíram significativamente para a estimulação e coordenação de atividades realizadas noutros países da Europa e que envolveram a colaboração das universidades, centros de pesquisa e indústria, de forma conjugada.

Ao longo das últimas três décadas a energia das ondas tem passado por um processo cíclico com fases de entusiasmo, desapontamento e reconsideração. No entanto, o persistente esforço da ciência, em termos de investigação e desenvolvimento, aliados à experiência acumulada durante todos estes anos tem feito incrementar e melhorar constantemente a performance das técnicas de obtenção de energia a partir das ondas, resultando desta ação que este recurso conseguiu alcançar uma boa proximidade do que se entende ser necessário para a sua exploração comercial situação que, até agora, não tinha sido vista.

Como parte das tecnologias disponíveis, existem vários tipos de dispositivos para a captação da energia das ondas cuja classificação, de acordo com a sua potência, está relacionada com as distâncias destes à costa e, assim temos:

- dispositivos costeiros (Shoreline);
- dispositivos próximos da costa (Near-Shore);
- dispositivos afastados da costa (Offshore),

A principal diferença entre estes dispositivos está relacionada com as distâncias a que se situam das costas e respetivas profundidades a que têm de ser colocados. Para os costeiros e próximos da costa, a profundidade é cerca de 20 m e ficam assentes no fundo do mar; para os afastados da costa, a profundidade é cerca de 50 m e ficam flutuantes. Uma vez

que o regime energético das ondas é mais elevado à profundidade de 50 m ou mais, torna-se vantajosa a captação da energia nestas condições.

A conversão da energia das ondas em energia elétrica tem associado três diferentes dispositivos, considerados principais que normalmente são de:

- coluna de água oscilante (OWC - Oscillating Water Column);
- corpos flutuantes de absorção pontual (Point Absorbers) ou progressivos (Surging devices);
- galgamento (Overtopping devices),

A partir destes tipos de dispositivos, colocados estrategicamente nas zonas costeiras, é captada e produzida a energia elétrica que é introduzida na rede geral de distribuição pública.

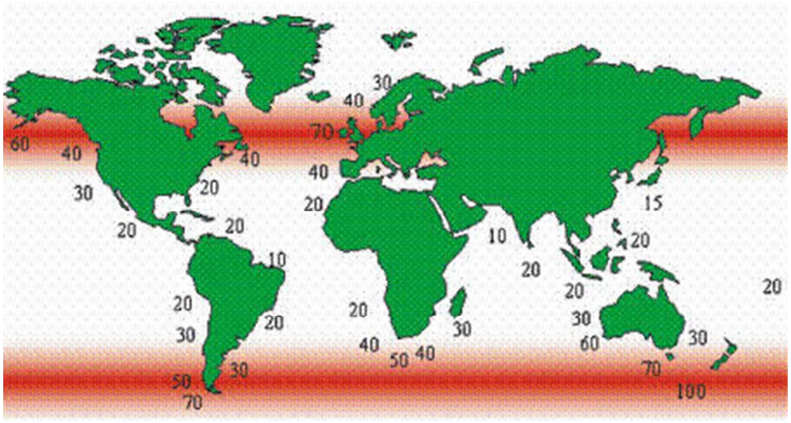


Figura 69
Esquema da distribuição global da potência das ondas por KW/m de frente de onda
Fonte: http://www.waveplam.eu/page/

A energia das Ondas é resultante do efeito do vento sob a superfície dos Oceanos, sendo formada pelos ventos sempre que estes sopram sobre o mar. As ondas formadas, podem percorrer milhares de quilómetros com pouca perda de energia, a não ser que encontrem ventos que soprem em sentido contrário, ou outras formas de atrito. Contudo, perto da costa a intensidade da energia das ondas decresce devido à interação com o fundo do mar. Em termos mensuráveis, esta energia é proporcional ao quadrado da amplitude das ondas e ao período do seu movimento. As Ondas com longo período (de 7 a 10 segundos) e de grande amplitude (aproximadamente 2 m), têm fluxos de energia que normalmente excedem os 50 kW por metro linear de frente, por cada onda. A Figura 69 indica-nos a distribuição média, no mundo, das potências das ondas em KW por metro, de frente de onda que, tal como noutros recursos

de fontes de energia renováveis não existe uma distribuição uniforme em todo o globo. Esta energia é muito interessante especialmente para todos os países com grandes faixas costeiras ou ilhas. Estima-se que a energia total mundial, possível de obter a partir das ondas, é de cerca de 2 Terawatts (TW), que equivale à capacidade mundial existente de geração de energia hidroelétrica ou nuclear, e é nas zonas tropicais entre 30º e 60º, nas duas latitudes, onde a potência é mais elevada, sendo a costa norte-atlântica da Europa uma zona bastante energética com um potencial estimado em cerca de 290 Gigawatts (GW).

Portugal tem uma potência média de 40 KW/m, e por isso é considerado um país com recurso acima da média.

3.1.3.2 Alguns tipos de centrais utilizadas

A maior parte das centrais transformadoras da energia das ondas em energia elétrica compõem-se de diferentes tipos de conjuntos de dispositivos, que, localizados à superfície ou submersos, determinam um princípio geral de funcionamento semelhante ao indicado no esquema da Figura 70. Ou seja, a onda «empurra» um corpo vazio, comprimindo o ar ou um líquido que por sua vez faz mover uma turbina instalada que se encontra ligada a um gerador para a partir deste sair a energia elétrica. Utilizando este método encontra-se em funcionamento a central experimental flutuante numa balsa com as dimensões aproximadas de 80mx12m de nome Kaimei no mar do Japão, ao largo da cidade de Yura em Yamagata, que, equipada com turbinas verticais, está a funcionar, a desde de 1979, produzindo cerca de 2 Megawatts (MW) de potência. Também na Noruega, com um litoral sempre fustigado por ondas enormes, construiu-se, em 1985, uma míni central, numa ilha localizada próximo da cidade de Bergen, na costa Oeste. Ao contrário do sistema do Japão, a estrutura está inserida numa escarpa, não flutuando no mar e produzindo cerca de 0,5 MW, o suficiente para abastecer cerca de cinquenta casas de habitação. Esta instalação consiste num cilindro de betão, disposto em posição vertical num nicho aberto na rocha. A extremidade inferior, que fica submersa, recebe o impacto das ondas, que comprimem o ar que, por sua vez, sobe pela coluna do cilindro. O ar, sob pressão, acciona a turbina, antes de sair pela extremidade superior.

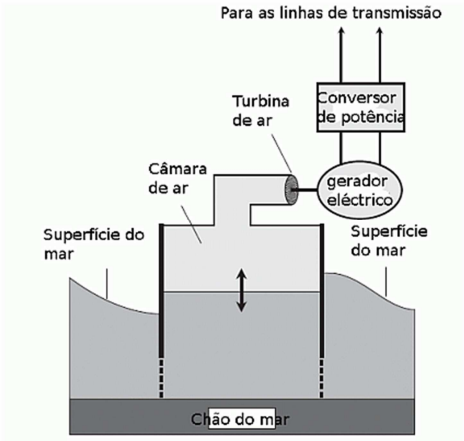


Figura 70
Esquema de funcionamento de uma central transformadora de energia
Fonte:http://www.profelectro.info/wp-content/uploads/hidro3.gif

O movimento rítmico das ondas faz mover a turbina que se encontra ligada a um gerador produz eletricidade de forma permanente.



Figura 71
Vista de um Flutuador de produção de electricidade
Fonte:http://www.mech.ed.ac.uk/research/wavepower/

No entanto um projeto inédito é, sem dúvida, o desenvolvido pelo engenheiro Stephen Salter, originário da África do Sul, ligado à Universidade de Edimburgo, na Escócia, que com os seus modelos reduzidos, testados no Lago Ness, também na Escócia, obteve ótimos resultados, que foram utilizados como o sistema de nome Salter's Cam (eixo excêntrico de Salter). Este é baseado num conjunto de flutuadores conforme ilustra a Figura 71, cujo aspeto é análogo aos flaps dos aviões, ligados entre si por um eixo paralelo. Uma parte, de forma bojuda, enfrenta as ondas, cujo movimento rítmico faz bater os flutuadores, girando o eixo, que aciona a turbina como se fosse um pedal de uma bicicleta, que só transmite o movimento numa direção. O seu rendimento prenuncia ser extraordinário, pois é suposto obter um rendimento de cerca de 80 por cento da energia das ondas.

3.1.3.3 Alguns tipos de dispositivos utilizados na geração de energia elétrica

O desenvolvimento tecnológico que tem ocorrido e está em curso na área destes dispositivos não tem tido uma tarefa muito facilitada, tem mesmo enfrentado algumas sérias

dificuldades, uma vez que estamos a falar de equipamentos a colocar em locais com características passíveis de alterações com muita frequência, nomeadamente no que se refere a:

- irregularidades frequentes da amplitude de onda, fase e direção o que torna difícil obter o máximo de eficiência num sistema sobre uma total gama de frequências.
- carga estrutural elevada sobre o dispositivo em condições meteorológicas extremas, como é o caso de furacões, que pode ser 100 vezes superior à carga média para a qual foi projetado.

Mas, ao invés das outras fontes renováveis, o número de conceções de diferentes dispositivos para a conversão da energia das ondas em energia elétrica é muito elevada. Como já atrás foi referido, estes dispositivos têm associada uma classificação própria em função da distância à costa a que são colocadas e nível de profundidade a que se situam.

Os dispositivos Shoreline estão fixos ou submersos em locais perto da costa traduzindo-se numa enorme vantagem face à sua maior facilidade de instalação e manutenção. Estes dispositivos não requerem grandes ancoragens, ou longos cabos para o transporte da energia que produzem, o que se torna inevitável quando a captação se dá longe da costa, situação em que são necessárias ligações até à costa e, por vezes, em águas profundas.

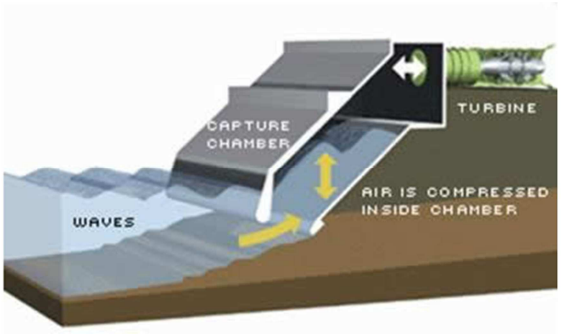


Figura 72
Esquema de funcionamento de uma Coluna de água oscilante
Fonte:www.esru.strath.ac.uk/.../wave%20po

Um dos dispositivos Shoreline mais conhecido é o OWC (Oscillating Water Column) ou coluna de água oscilante, que é esquematicamente apresentado na Figura 72. Consiste numa estrutura parcialmente submersa, que fica aberta à água do mar abaixo da linha de água. O movimento das ondas no exterior da estrutura faz mover verticalmente uma coluna de água no seu interior, originando uma compressão e descompressão alternadas. Dentro desta estrutura é gerado um fluxo de ar que passa por uma turbina do tipo «Wells[58]» que se encontra

[58] Trata-se de uma Turbina inventada por Alan Wells, Professor na Queen University de Belfast no ano de 1980, cujas suas pás simétricas rodam em dois sentidos (horário ou anti-horário) independentemente da direção do fluxo de ar

instalada na zona superior da estrutura a partir da qual, e em paralelo com um gerador, é produzida a energia. A central piloto instalada na ilha do Pico, nos Açores, funciona com este tipo de turbina.

Os dispositivos Offshore são atualmente os mais apropriados, em termos de capacidade de produção, para exploração e captação de energia quando as maiores potências das ondas se localizem em sítios já afastados das zonas costeiras e a uma profundidade superior a 40 metros, sem contar com os cerca de 6 metros que deve ficar submerso. Para estas situações já existem algumas soluções, com bons resultados obtidos por toda a Europa, sendo atualmente as mais promissoras:



Figura 73
Vista de uma Central AWS a ser colocada no local de captação de energia
Fonte:http://www.google.pt/imgres?imgurl

- O Archimedes Wave Swing (AWS), apresentado na Figura 73, é um dispositivo desenvolvido, desde o ano de 1994, pela empresa Holandesa Teamwork Technology BV. Foi ensaiado, no ano de 2001, ao largo da Póvoa de Varzim, na costa portuguesa, a cerca de 40 metros de profundidade, com uma potência nominal de 2 Megawatts (MW).

Trata-se de um dispositivo oscilante submerso, cujo esquema de funcionamento é representado na Figura 74. É de absorção pontual e, composto por duas partes, uma superior oca que se movimenta verticalmente sobre outra inferior, fixa, e também oca. O interior de ambas as partes é preenchido de ar sob pressão de modo a produzir uma força ascendente sobre o flutuador, que origina o equilíbrio entre o seu peso e a pressão hidrostática da água sobre este. Assim, durante a passagem das ondas ocorrem as oscilações verticais do flutuador sobre a sua base proporcionando uma variação da pressão o movimento verificado entre o flutuador e a sua base é o que aciona um gerador de indução linear, convertendo diretamente a energia mecânica daqueles movimentos em energia elétrica.

- O Pelamis Wave Power, conforme mostra a Figura 75, foi desenvolvido pela empresa escocesa, Ocean Power Development, fundada em 1998 com o objetivo de desenvolver e explorar comercialmente este equipamento conversor de energia que apresenta

características técnicas que lhe permitem uma grande longevidade, mesmo que ocorram tempestades violentas. Compõe-se, na maioria dos casos, de uma estrutura com mais de 100,00 metros de comprimento, contendo normalmente quatro troços cilíndricos com um diâmetro aproximado de 3,00 metros ligados entre si por articulações ou juntas onde estão localizados os módulos para a conversão da energia.

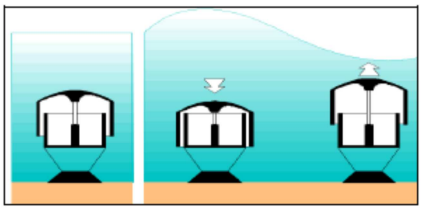


Figura 74
Esquema de um sistema de funcionamento do AWS
Fonte:http://mirabeli.meteo.furg.br/aulas/PPGMC-d/SIahnke2010.pdf



Figura 75
Vista de umPelamis-Conversor de Energia
Fonte:http://www.pelamiswave.com/wp-content/uploads/2010/08/pelamis_port_for_web.pdf

As juntas que referimos contêm o módulo de potência, como mostra a Figura 76, e dois eixos de rotação perpendiculares, permitindo assim, que o dispositivo acompanhe os movimentos ondulatórios. Os movimentos introduzidos pelas ondas são absorvidos por conjuntos de quatro cilindros hidráulicos, dois verticais e dois horizontais, que pressurizam um óleo aí instalado e assim acionam um motor hidráulico ao qual está acoplado um gerador elétrico, produzindo-se desta forma a eletricidade. Este dispositivo foi concebido para funcionar a profundidades entre os 50 e os 70 metros.

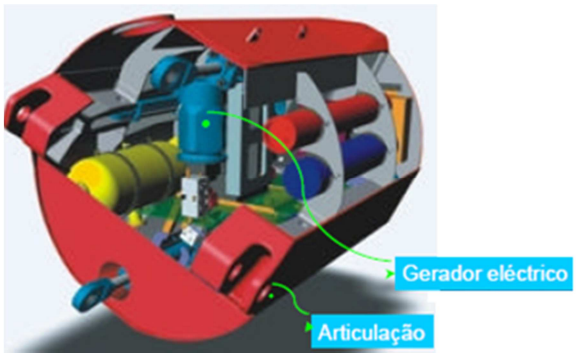


Figura 76
Vista de um Módulo de potência Pelamis
Fonte: http://www.pelamiswave.com/wp-content/uploads/2010/08/pelamis_port_for_web.pdf

Em Portugal também existem alguns Pelamis em plena atividade nomeadamente, ao largo da costa da Póvoa de Varzim, no denominado Parque de Ondas da Aguçadoura, onde a Enersis investiu, para já, em 4 dispositivos com 3 Megawatts (MW) de potência instalada,

prevendo a curto prazo a instalação de dispositivos com uma potência total instalada de 20 Megawatts (MW), o que daria para o consumo de cerca de 6.000 habitantes.

3.1.3.4 Algumas vantagens e limitações na produção de energia elétrica a partir das Ondas do Mar

A implementação e o desenvolvimento da captação de energia a partir das ondas dos mares, está diretamente relacionada com a necessidade de se obter por mais uma via, a tão desejada sustentabilidade ambiental e económica para o nosso planeta, fatores de extrema importância na atualidade. Pelas razões aduzidas é importante recordar as seguintes constatações que se traduzem em vantagens:

- a turbulência dos oceanos é um recurso renovável;
- propícia o desenvolvimento do mercado de trabalho criando empregos para a fabricação das estruturas que necessitam ser colocadas no mar;
- as ondas existem diariamente independentemente dos climas que possam ocorrer;
- não há produção de CO2, CO, NOx, SOx, onde partículas, nem contaminação dos solos, ou resíduos perigosos,
- os geradores elétricos de ondas não são particularmente caros de instalar nem de manter;
- os dispositivos de captação de energia são discretos e, mesmo visíveis, não interferem com a paisagem;
- o seu impacto na vida marinha pode ser muito reduzido havendo cuidado com uma correta execução do projeto.

Apesar das enormes vantagens com a obtenção e utilização deste tipo de energia, existem contudo algumas desvantagens ou limitações, que passamos a referir:

- os elevados custos ainda suportados pela exploração desta energia, embora a curto prazo se preveja poderem descer, face aos crescentes avanços tecnológicos nesta área;
- os investimentos iniciais envolvem montantes de elevados valores, necessitando de apoios das entidades governamentais;
- quando a superfície do oceano está calma, os geradores não conseguem produzir energia elétrica aproveitável;

- devido à sua discrição podem ter efeitos nefastos nas embarcações navegantes, devendo por esse motivo ser bem assinalados nos mapas e, no local, através de boias bem visíveis;

É também importante referir os impactos ambientais negativos que a implementação desta tecnologia acarreta, dos quais referiremos:

- a utilização de grandes áreas marítimas pode influenciar o habitat natural desse local;
- visualmente existem as estações e cabos para o transporte da energia;
- alguns equipamentos elétricos utilizados para a captação desta energia podem interferir nas rotas de migração da fauna marítima;
- a existência de ruídos pode interferir com as povoações se o local da colocação dos equipamentos não for cuidadosamente estudado sob esse ponto de vista.

3.1.3.5 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em Museus

Não sendo Portugal um País cuja costa possua a maior intensidade de energia das ondas tem contudo outras características importantes para o desenvolvimento desta energia: facilidade de acessos em qualquer local; existência de infraestruturas portuárias e navais implantadas em muitos locais ao longo de toda a costa; a existência de povoações junto da costa, faz com que haja uma rede de transporte e distribuição de energia elétrica muito próxima da costa; tem uma plataforma continental pequena, o que permite comprimentos de cabos de ligação curtos, face à distância da costa a que esta energia pode ser captada. Todos estes fatores são benéficos sendo, por isso, recomendável o aproveitamento da energia das ondas para Portugal, que é considerado um país com recursos médios-altos face à sua potência média anual de 40 KW por metro linear de onda, com já tínhamos referido.

É uma realidade que a energia renovável proveniente deste tipo de fonte começa a ter alguma expressão no nosso país, embora, noutros países com frentes marítimas e potências das ondas generosas, já tenham e continuem a ser feitos fortes investimentos para a sua captação, já que esta energia está a ser considerada uma das energias renováveis mais rentáveis.

O seu mercado mundial associado, é de cerca de 350.000 milhões de euros, do qual 5.000 milhões podem ser atingidos por Portugal, com uma potência instalada de cerca de 5

Gigawatts (GW), que se traduz numa produção de cerca de 20% do consumo anual de energia elétrica.

Trata-se portanto, de uma forte e importante alternativa às energias de origem em substâncias poluentes, bem como de extrema importância para reduzir a dependência externa energética. Esta energia, após a sua captação e produção, é diretamente lançada na rede pública de distribuição, para assim poder ser consumida em qualquer local onde esse abastecimento chegar. É importante referir o interesse de Portugal em investir nesta área sendo mesmo um país pioneiro com as suas duas centrais instaladas no Pico.

No entanto, dos muitos, fortes e válidos argumentos a favor da captação desta energia proveniente dos oceanos, será sempre o factor econômico que maior influência terá sobre o futuro destas tecnologias. Mas face à enorme densidade energética mundialmente disponível significa também alguma vantagem sobre outras energias renováveis, o que poderá traduzir-se numa otimização dos seus custos por forma a ficarem menos elevados.

Verifica-se que o custo previsto para a energia elétrica produzida pela via dos conversores de energia das ondas tem diminuído significativamente ao longo das últimas duas décadas, atingindo um valor médio de cerca de 0,08 €/kWh, o que, comparado com a energia eléctrica produzida pelas formas tradicionais, que tem um preço de cerca de 0,04 €/kWh na Europa, representa um valor que pode ainda ser considerado elevado do ponto de vista económico, mas com previsões certas de descida com a evolução da tecnologia para a sua captação.

Esta energia será mais uma contribuição de outra fonte renovável disponível e inesgotável para os consumos de energéticos necessários, não só para edifícios em geral, mas também para os Museus.

3.1.4 Energia Geotérmica de superfície

A Geotermia é o ramo da Geofísica que tem a seu cargo o estudo da distribuição de calor no interior do nosso planeta. Por cada 100 m de profundidade, a Terra, sofre um aumento médio da sua temperatura de cerca de 3ºC. Este fenómeno está diretamente relacionado com processos de geodinâmica interna e com a absorção da radiação solar. O aproveitamento destas condições naturais permite obter energias renováveis, limpas, gratuita e não poluentes.

Assim, a poucas dezenas de centímetros de profundidade, o terreno que constitui a crosta terrestre encontra-se a uma temperatura estável, geralmente compreendida entre 5ºC e 18ºC, o que permite, com recurso à utilização de bombas de calor geotérmicas usar esse "calor geotérmico" em qualquer lugar que necessite de conforto térmico, usando recursos naturais.

Ao recorrer-se ao uso de bombas de calor geotérmico, estamos a utilizar um equipamento simples e económico, uma vez que apenas consomem cerca de 20% da energia que produzem, ou seja, por cada KWh de energia elétrica consumida produzem cerca de 5 KWh de energia térmica. A instalação das bombas de calor geotérmico é feita ligando estas a um conjunto de tubos enterrados no solo, cujos diâmetros e comprimentos dependem das necessidades de energia, em cada caso concreto, dentro dos quais circula, em circuito fechado, um líquido, composto de uma mistura de água com glicol (líquido anticongelante) que tem a função de ir buscar a temperatura solicitada que se encontra armazenada no subsolo.

Esta permuta efetuada com o subsolo através da referida bomba de calor, permite a obtenção de aquecimento e arrefecimento para climatização de qualquer tipo de edifício ou compartimentos destes com diferentes funcionalidades. É também possível a produção de água quente para os consumos de qualquer edifício. Na climatização dos diversos compartimentos dos edifícios recorre-se normalmente à utilização de pavimentos radiantes (circulação de água quente em tubagem horizontal embebida nos pavimentos de forma a que estes não fiquem mais do que 0,50 metros distanciados entre si), ventilo-convectores e sistema de condutas aéreas colocadas ao nível dos tetos ou, de pavimentos, contendo registos e grelhas por onde circula e se distribui o ar, quer quente, quer frio, regulando-se a saída dos seus caudais conforme as necessidades pontuais de cada compartimento que queiramos tratar.

Estamos perante um sistema de captação de energia que funciona com a máxima segurança, uma vez que apenas utiliza a circulação de água a baixa pressão, conjuntamente com um aditivo anticongelante inofensivo e ecológico, por utilizar um recurso natural inesgotável, a energia da Terra, não poluente, sem combustões, sem fumos nem cheiros e económico como atrás já referimos.

As tubagens enterradas ligadas em circuito fechado como acima já foram descritas, podem ser utilizadas em diferentes tipos da captação deste tipo de energia, pelo que no ponto seguinte passaremos a descrever os diferentes tipos de captações tecnicamente possíveis.

3.1.4.1 A sua captação vertical

A metodologia a seguir para a implementação da captação deste tipo de energia inicia-se com a execução de um projeto que responda às necessidades energéticas previstas. Depois é escolhido um local disponível contíguo ao local da construção do edifício, onde se pretende fazer os furos verticais com a profundidade adequada e na quantidade necessária para fornecer, ao edifício em estudo, a energia suficiente para a sua climatização e/ou para a produção de água quente.



Figura 77
Esquema de captação vertical da energia geotérmica
Fonte:http://www.geotermiasolar.com/Geotermia_esp.html

A profundidade destes furos pode chegar às várias dezenas de metros, sendo necessários cerca de 0,75 metros de profundidade por cada metro quadrado de área útil a climatizar. É importante ter em consideração que em Portugal é necessária autorização expressa da Direcção Geral de Energia e Geologia para a execução de furos acima dos 100 metros de profundidade. Após a execução destes furos são introduzidas neles as tubagens pressurizadas e preenchidas com a mistura de água e glicol (anticongelante), onde também são instaladas as sondas geotérmicas que vão recuperar o calor na profundidade determinada para cada caso concreto.

Para a implementação deste sistema é necessário apenas haver algum espaço de terreno disponível por baixo, ou contíguo ao edifício em questão, para aí se efetuarem as perfurações necessárias. É de salientar que este sistema não produz qualquer alteração visual, ou seja, trata-se de um sistema sem qualquer impacto ambiental negativo, nem quaisquer interferências com a paisagem local.

A Figura 77 ilustra a disposição das tubagens neste tipo de captação de energia geotérmica de superfície.

3.1.4.2 A sua captação horizontal

Trata-se de um sistema de captação de energia semelhante ao anteriormente descrito. Existe no entanto uma diferença no posicionamento das tubagens que, em vez de se posicionarem na vertical são dispostas horizontalmente. Assim, face a esta alteração torna-se necessário a existência de uma área de terreno contíguo ou por baixo do edifício, com uma dimensão normalmente superior à da que é necessária para a implementação do sistema anterior.



Figura 78
Esquema de captação horizontal da energia geotérmica
Fonte:http://www.geotermiasolar.com/Geotermia_esp.html

Assim, começa-se por executar a escavação da referida área que deverá ir até a um máximo de cerca de 1,40 metros de profundidade, sendo que essa área deve corresponder no mínimo, a cerca de 80% da área útil a climatizar. Para a captação de energia, serão colocadas, de forma radiante, as tubagens pressurizadas, preenchidas com uma mistura de água e glicol (um anticongelante), que terão as sondas geotérmicas incorporadas, cuja função é a de captação da energia a partir do local que se encontram. Estas serão, por sua vez, ligadas em circuito fechado a uma bomba de calor, que tem a função de gerir a energia captada e fazer o equilíbrio das temperaturas solicitadas para os espaços a climatizar. A captação de energia nesta solução, permite a utilização de duas camadas de tubagens separadas cerca de 0,30 metros e dispostas de forma serpenteada.

A implementação deste sistema de captação de energia geotérmica (Figura 78) tem normalmente necessidade de algum terreno livre contíguo ao edifício a tratar, o que, muitas vezes pode tornar-se um problema incontornável, nomeadamente em edifícios situados em zonas consolidadas, sem qualquer terreno adjacente. Apenas a disponibilidade do terreno da sua implantação, é normalmente insuficiente para responder às necessidades das áreas dos compartimentos a climatizar.

Este sistema não causa qualquer tipo de impacto ambiental, inclusivamente pode passar totalmente despercebido uma vez que todas as tubagens ficam completamente enterradas.

3.1.4.3 A sua captação em lençol freático

Neste sistema de captação de energia geotérmica (Figura 79) o circuito composto pelas tubagens pressurizadas contendo a mistura de água com um anticongelante, e pelas sondas geotérmicas, capta o calor da água, de um lençol freático, através de um furo que geralmente vai de 8 a 50 metros de profundidade, variando segundo as regiões e locais onde seja executado. Neste tipo de captação da energia geotérmica é seguido o mesmo princípio utilizado para os anteriores. A única diferença está em ir buscar a energia à água do lençol freático, que se mantém a uma temperatura constante todo o ano, em média entre os 9ºC e os 12ºC.

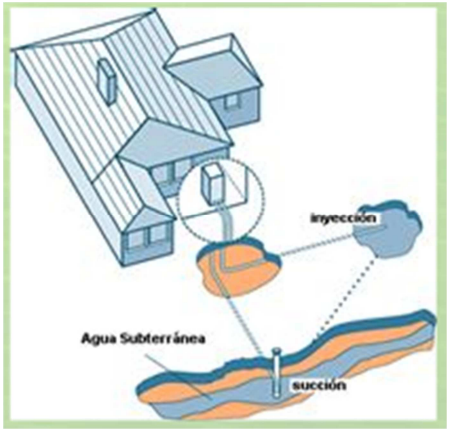


Figura 79
Esquema da captação em lençol freático da energia geotérmica
Fonte:http://www.geotermiasolar.com/Geotermia_esp.html

Para poder ser implementado, necessita de um caudal de água constante de cerca de 15 l/h por cada metro quadrado de área a climatizar. A água é bombeada através da perfuração efetuada a montante do lençol freático e, imediatamente após a sua utilização/ passagem pela bomba geotérmica é depositada num poço perdido a jusante do lençol freático.

Este sistema de captação de energia geotérmica tem algumas vantagens relativamente aos dois anteriormente referidos. Usa a água cuja condutibilidade térmica é maior do que a do solo, havendo por isso um maior rendimento com menor consumo, não sendo necessário ocupar qualquer parcela de terreno adicional e, é também possível utilizar furos ou poços existentes no local, desde que a água não se esgote face ao caudal necessário.

O maior inconveniente na utilização deste sistema de captação de energia, é o da necessidade de existir e se manter um caudal de abastecimento constante, tornando-o por isso, excessivamente dependente das condições climáticas naturais, o que, por vezes poderá ocasionar paragens de produção mais ou menos longas se as chuvas não forem suficientes para se irem mantendo os níveis dos caudais necessários ao longo de todo o ano.

Os impactos ambientais ou visuais provenientes da implementação deste sistema não têm qualquer significado.

3.1.4.4 Análise económica e algumas conclusões

A utilização desta energia, para além de ter origem em fonte renovável, proporciona vantagens económicas que se fazem sentir imediatamente após a sua implementação, quer se trate de uma maior ou menor instalação. Isso é possível uma vez que atualmente, está disponível no mercado comercial a tecnologia necessária que dispõe de características técnicas para responder à produtividade solicitada, a custos muito vantajosos.

Para ilustrar as vantagens económicas na utilização desta energia, vamos de seguida apresentar os dados resultantes duma simulação académica efetuada para a implementação de um sistema de aquecimento num edifício localizado na cidade de Matosinhos, em que os parâmetros utilizados para o seu cálculo, são os existentes localmente, e o objetivo é responder às condições de conforto solicitadas.

No Quadro 15, são referidos os valores dos parâmetros utilizados para o seu dimensionamento bem como os resultados daí provenientes, Avaliando-se assim a necessidade de energia anual para fazer face ao conforto solicitado em projeto. Na posse da quantidade de energia necessária, foi feita uma caracterização dos consumos energéticos para algumas fontes que normalmente são utilizadas em situações análogas. Desta análise, surgiram os resultados explicitados, que claramente apontam para a utilização inequívoca da Geotermia como fonte energética de eleição.

Salienta-se que os preços unitários das diferentes energias usadas foram retirados do «site oficial» da Direcção Geral de Energia e Geologia

1º - Parâmetros para dimensionamento	
Local/Cidade	Matosinhos
Temperatura exterior de projeto	0ºC
Temperatura interior de conforto	21ºC
Área útil a aquecer	250 m2
Sistema usar para emissão térmica	Piso radiante
Temperatura de impulsão	35ºC
Qualidade do isolamento térmico usado	Boa

2º - Resultados do cálculo térmico - Método: Graus-Dia	
Carga térmica de Inverno	11.950,00 W
Coeficiente de perdas considerado	20%
Potência térmica a instalar	14.340,00 W

3º - Necessidades anuais de energia	14.663,00 kWh

4º - CONSUMOS ENERGÉTICOS - AQUECIMENTO CENTRAL							
Fonte de calor	Preço da energia		Poder calorífico combustão		Rendimento médio	€/kWh	Consumo anual
Eletricidade	0,11	€/kWh	-	-	0,98	0,110	1.608,98 €
Gás propano	1,60	€/kg	12800	Wh/kg	0,75	0,154	2.246,15 €
Gás natural	0,85	€/m3	10000	Wh/m3	0,75	0,101	1.477,38 €
Gasóleo	0,90	€/litro	9800	Wh/litro	0,75	0,113	1.642,50 €
Geotermia	0,11	€/kWh	-	-	4,50	0,024	350,40 €

Quadro 15
Caracterização dos consumos energéticos para algumas fontes energéticas
Fonte: Execução do próprio (2010)

Fica assim demonstrado que o investimento nesta fonte energética é francamente apetecível do ponto de vista económico e consequentemente em termos ambientais. Os equipamentos utilizados na captação e produção desta energia têm uma manutenção muito reduzida sem qualquer expressão económica face à sua vida útil, de cerca de 15 anos, e a sua amortização, face ao seu elevado rendimento médio, ocorre por volta dos 3 anos de laboração, comparando com a utilização da energia eléctrica da rede pública de distribuição, chegando aos 3 anos, no caso mais desfavorável usando, o gás propano.

3.1.4.5 Alguns dos edifícios onde foi implementada a captação desta energia

Face aos dados apresentados anteriormente pode concluir-se que a energia Geotérmica de superfície, para além de ser uma fonte de energia renovável e limpa, proporciona também um investimento financeiro cujo retorno se verifica num período bastante reduzido, o que origina por certo, um bom incentivo à sua implementação massiva que tanto necessitamos para bem do Ser Humano e do nosso Planta.

Esta energia já vem sendo captada e utilizada em muitos países do mundo para a climatização dos edifícios e por vezes para o aquecimento de pontes rodoviárias. Salientamos o facto de ser a Suécia o país onde a sua implantação é significativamente superior a todos os outros países da Europa. Estimando-se que possui, instaladas, cerca de 48% do total das bombas de calor Geotérmico existentes na Europa, o que significa que, cerca de 95% dos edifícios novos e cerca de 50% dos edifícios reabilitados possuem instalados sistemas de

captação da energia Geotérmica. Imediatamente a seguir está a Alemanha com cerca de 18% e depois a França com cerca de 10% de sistemas Geotérmicos instalados.

Em Portugal, os sistemas de captação deste tipo de energia encontram-se nos primeiros anos da sua implementação, talvez fruto da inexplicável reduzida divulgação junto da sociedade em geral. No entanto, já existem algumas referências da sua existência, com maior incidência em edifícios de habitação, mas também em alguns edifícios de serviços.



Figura 80
Imagem de grelhas difusoras aplicadas em tetos
Fonte: Fotos do próprio (2010)

Praticamente acabado de implementar, vamos referir um sistema de captação vertical num edifício de serviços no Campus da Universidade Lusófona em Lisboa. Trata-se de um edifício já com uma dimensão considerável pois é composto por 5 pisos, todos destinados ao apoio logístico à Universidade, tendo todos os seus compartimentos sido climatizados através deste sistema de captação de energia Geotérmica. Foram usados ventilo-convetores e grelhas difusoras colocadas ao nível dos tetos, e os resultados práticos estão a ser excelentes, quer em termos do conforto obtido, quer em termos económicos. A Figura 80 mostra o aspeto final dos tetos com a inserção de diferentes tipos de grelhas difusoras consoante a solução que se considere mais adequada aos compartimentos a climatizar.

Existem países onde os sistemas de captação desta energia estão mais desenvolvidos e, com uma grande implementação quer em edifícios de habitação quer noutros tipos de edifícios, como sejam a França, Suíça, Espanha Canadá, e Estados Unidos da América, entre outros.

Salientamos também que já existem alguns casos concretos onde a captação da energia Geotérmica de superfície está implementada em edifícios onde funcionam Museus, sendo os casos dos: Broklyn Children's Museum, em New York (Figura 81) e a Science House Works, em Minnesota (Figura 82). Em ambos os casos, é o sistema de captação vertical da energia Geotérmica que está implementado, produzindo a necessária energia para a climatização destes edifícios com sucesso.



Figura 81
Vista do Broklyn Children's Museum, em New York
Fonte:http://www.brooklynkids.org/index.php/visit/visitorinformation



Figura 82
Vista da Science House Works, em Minnesota
Fonte:http://www.smm.org/sciencehouse/about/

Do que atrás ficou dito podemos inferir que é fundamental a massificação destes investimentos, de forma a que necessitemos cada vez menos de utilizar os combustíveis de origem poluente e finitos para obtenção do conforto para as pessoas e objetos.

3.1.4.6 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em Museus

Esta energia Geotérmica está armazenada na crosta terrestre, é, portanto proveniente do interior da Terra. Esta quantidade de calor armazenado provém das reações entre os isótopos radioativos naturais em cerca de 35% e, da própria energia desses mesmos isótopos. Como já referido trata-se de uma energia Geotérmica de muito baixa entalpia uma vez que as temperaturas obtidas no interior da terra se situam muito abaixo dos 150ºC (temperatura limite para a designação de baixa entalpia), a qual se explora até cerca de 300 metros de profundidade com uma temperatura estável durante todo o ano entre os 15 a 23ºC. Estes sistemas geotérmicos estão concebidos especialmente para aproveitar a energia térmica da

terra, quer de Verão quer de Inverno, sendo assim possível o aproveitamento, no Inverno, da energia acumulada na Terra durante o Verão, e vice-versa, funcionando desta forma como um grande acumulador de energia.

Para a captação desta energia é necessário a utilização de sondas geotérmicas e bombas de calor Geotérmico e verificamos que a sua evolução tecnológica não tem parado desde o ano de 1982, altura em que o seu COP (coefficient of perfomance) era de 2,2, até ao atual máximo teórico de cerca de 8, significando isto que, um COP de 8 se traduz no consumo de 1 kW de energia elétrica para a obtenção de 8 kW da terra. No entanto, em termos de rendimento prático corrente, podemos considerar para o COP um valor médio entre os 4 e 5, o que é francamente bom.

Salienta-se, que se encontram disponíveis os meios técnicos necessários para a implementação de qualquer destes sistemas de captação da energia geotérmica consoante o que melhor se adapte a cada edifício ou, outro tipo de local que se pretenda climatizar ou a dotar de aquecimento das águas para consumo, obtendo-se deste modo uma elevada eficiência energética que se traduz em ótimos resultados ambientais e económicos.

Em Museus, qualquer destes três sistemas são possíveis de implementar com sucesso. Há no entanto necessidade de se proceder à verificação das condições locais existentes, nomeadamente no que se refere à disponibilidade de terrenos anexos, se é possível utilizar parte ou a totalidade do espaço disponível por baixo destes edifícios e averiguar se existe localmente alguma nascente de água, cujo caudal seja suficiente para as necessidades que o projeto determinar.

Podemos deparar com situações em que em alguns edifícios onde funcionam Museus seja muito difícil implementar qualquer tipo de captação desta energia, caso se encontrem localizados em zonas urbanas sedimentadas sem qualquer espaço livre disponível nem qualquer nascente de água por perto. Mas, muitos destes equipamentos culturais localizam-se geralmente em grandes palácios com generosos jardins onde, com extrema facilidade, se pode projetar e incorporar qualquer um dos sistemas referidos.

A inclusão destes sistemas na construção de novos edifícios destinados a Museus, é sem dúvida a melhor solução. O projeto é naturalmente feito antes do início da construção, e os trabalhos de implementação vão avançando com com a própria construção do edifício originando mesmo um custo final do sistema, menos oneroso, dado que os trabalhos de construção civil para a sua implementação evoluem conjuntamente com a construção civil da obra.

Nos Museus, esta energia pode e, em nossa opinião, deve ser utilizada com grandes vantagens do ponto de vista da sua eficiência energética e ambiental e económico, proporcionando a normal climatização dos espaços que se pretendam ou que necessitem de temperaturas adequadas para o bem-estar dos seus utilizadores e dos diferentes tipos de acervos, e ainda para o aquecimento das águas a consumir.

Assim, as vantagens da utilização desta energia são mais do que suficientes para, em qualquer edifício novo, ou existente, que contenha as necessárias condições de aplicação. Esta energia não produz qualquer tipo de ruído, não tem necessidade de utilizar chaminés para evacuação de qualquer tipo de cheiro ou gás, proporciona um elevado grau de conforto devido ao seu funcionamento contínuo, beneficia de uma otimização do funcionamento da bomba de calor e não causa qualquer impacto visual negativo.

Quanto aos custos da sua implementação são bastante mais vantajosos do que qualquer outro tipo de fonte energética que faça as mesmas funções.

3.1.5 Energia Geotérmica de profundidade

Esta energia provém do interior do nosso Planeta que é composto por diversas camadas contendo, do exterior para o interior, três grandes camadas, a Crosta composta de granito e basalto, que suporta os continentes e os oceanos, o Manto formado de material ígneo rochoso composto de silicatos de magnésio, e o Núcleo que, supostamente, é constituído por ferro em estado de fusão. As perfurações efetuadas a partir da Crosta terrestre têm demonstrado que a temperatura tende a aumentar linearmente com a profundidade a que estas chegam, ou seja, o interior da Terra é muito mais quente do que a Crosta, sendo essa variação linear e, de cerca de 1ºC por cada 33 metros de profundidade. Estamos portanto, perante uma fonte de energia térmica e radioativa, servindo a Crosta como um isolante térmico com a função de evitar que esse calor se escape para o espaço.

Assim, a energia Geotérmica, de profundidade, obtida a partir do calor existente interior da Terra é normalmente classificada de Alta Entalpia, cuja exploração necessita de uma temperatura constante superior a 150ºC e, de Baixa Entalpia em que a temperatura necessária se situa entre os 50ºC e os 150ºC. A Terra é formada por grandes placas que nos isolam do seu interior onde se encontra o magma, que mais não é do que rocha em estado líquido, verificando-se que a temperatura das rochas aumenta progressivamente em função da sua profundidade, originando por isso um elevado potencial geotérmico.

A distância que vai desde a superfície da Terra até ao seu centro é de aproximadamente de 6.400 km e, a temperatura aí verificada excede os 5.000 ºC. O calor que esta temperatura liberta é transportado em direção à superfície por condução, que origina o aquecimento das camadas rochosas que constituem o Manto, proporcionando as condições necessárias para a obtenção desta energia renovável.

Já desde a antiguidade que a energia Geotérmica é utilizada por via das inúmeras fontes termais, que eram usadas especialmente para tratamentos medicinais através de banhos com efeitos curativos para algumas doenças. Alguns povos também a utilizavam para cozer os alimentos e para a obtenção de água potável a partir da condensação do vapor. Já no século XX, deu-se início à captação da energia elétrica a partir da energia Geotérmica de profundidade.

3.1.5.1 O seu início e a produção de energia elétrica

A primeira tentativa para gerar eletricidade a partir de fontes geotérmicas ocorreu no ano de 1904, em Larderello, na região da Toscânia, Itália (Figura 83). Contudo, os esforços para produzir um equipamento para aproveitar tais fontes foram mal sucedidos.

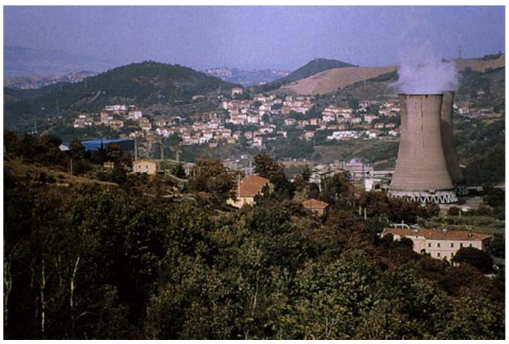


Figura 83
Vista da Central Geotérmica de Larderello, Toscania
Fonte: http://translate.google.pt/translate?hl

As máquinas utilizadas foram destruídas devido à presença de substâncias químicas contidas no vapor. Só no ano de 1913, voltou a funcionar com um gerador de potência instalada de 250 kW que por volta da Segunda Guerra Mundial já estava a produzir cerca de 100 MW mas, a central foi destruída pela ação da guerra.

As centrais Geotérmicas, esquematizadas na Figura 84, utilizam vapor ou água quente a partir de reservatórios geotérmicos, para fazer girar turbinas e gerar eletricidade. As centrais de vapor seco utilizam uma forma direta de fazer sair o vapor dos reservatórios geotérmicos para ligar turbinas. As centrais elétricas a vapor permitem uma alta pressão de água quente, a partir de um reservatório geotérmico, para vapor de baixa pressão em tanques.

O vapor resultante é usado para ativar turbinas. Um terceiro tipo de central de instalação, chamada "ciclo binário", utiliza o calor da água geotérmica, moderadamente aquecida, para salpicar um segundo fluido para a fase vapor. O segundo fluido deve ter um ponto de ebulição mais baixo do que o da água de modo a ser vaporizado na temperatura mais baixa associada à água geotérmica moderadamente quente. Sendo suficiente o calor geotérmico da água para o abastecimento do calor latente de vaporização, necessário ao fluido secundário para fazer a mudança da fase líquida para vapor. O fluido vaporizado secundário é então utilizado para girar turbinas.

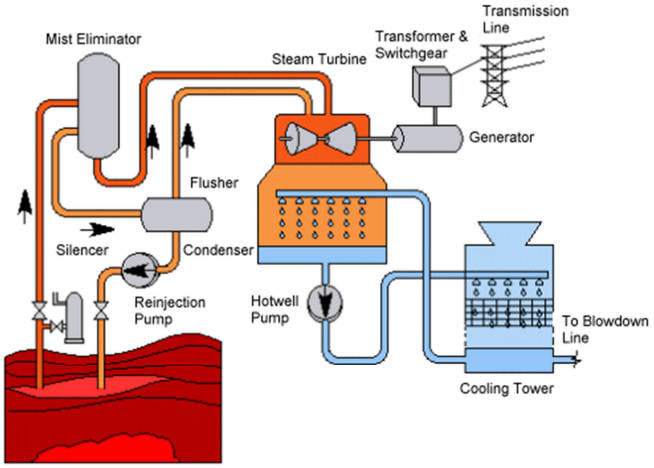


Figura 84.
Vista da Central que utiliza energia geotérmica, proveniente do calor do interior da Terra para gerar energia elétrica.
Fonte:http://www.google.pt/imgres?imgurl

As águas das chuvas infiltram-se, através de linhas de falhas e fraturas geológicas, e aquecem devido ao contacto com as rochas quentes. Estas águas, embora não todas, sobreaquecidas, sobem novamente à superfície, sob a forma de nascentes quentes ou, por vezes, géisers[59]. Por vezes, a água quente fica retida em reservatórios geotérmicos naturais, abaixo da superfície da Terra. A fim de se proceder ao aproveitamento desta energia, podem abrir-se furos que vão da superfície aos reservatórios geotérmicos.

Em locais com atividade vulcânica ou sísmica, a temperatura nos reservatórios pode alcançar valores mais altos do que 150 ºC podendo o vapor de água utilizar-se para fazer acionar turbinas para produção de eletricidade, como em qualquer vulgar central elétrica.

3.1.5.2 Alguns dos recursos existentes

Algumas das maiores unidades de produção geotérmica no mundo estão nos géisers da Califórnia e da Islândia. Estas áreas são determinadas pela proximidade de fontes de

[59] Jatos de água quente e vapor expelidos periodicamente provenientes do interior da Terra.

energia geotérmica. A tecnologia para conversão de energia geotérmica em eletricidade e calor útil pode ser diversa, desde bombas geotérmicas de calor, aplicações de utilização direta e centrais geotérmicas.

Em Portugal os recursos geotérmicos são importantes, contando-se 52 recursos geotérmicos identificados, se bem que o aproveitamento da geotermia para fins energéticos seja usado somente nos Açores, onde existem os recursos de alta entalpia.

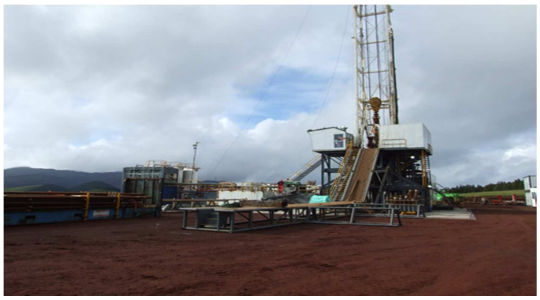


Figura 85
Vista da Central Geotérmica na Ribeira Grande S. Miguel, Açores
Fonte:http://www.google.pt/imgres?imgurl

Assim, nos Açores estão inventariados cerca de 235,5 MW, distribuídos por várias ilhas. Só na ilha de São Miguel, através das centrais geotérmicas da Ribeira Grande (Figura 85) e Pico Vermelho, esta energia representa cerca de 40% da eletricidade consumida na ilha. A energia geotérmica é uma fonte essencial no arquipélago dos Açores, podendo aumentar em 30 MWe (megawatt electrical) durante esta década.

Quando a temperatura no reservatório subterrâneo de exploração for inferior a 100 ºC, podemos usar o calor para aquecer diretamente águas e edifícios.

Em Portugal existem, sobretudo, aproveitamentos termais ou de baixa temperatura. Este aproveitamento pode ser obtido por duas vias: aproveitamento de polos termais existentes (temperaturas entre os 20 e os 76ºC) e aproveitamento de aquíferos profundos das bacias sedimentares. Exemplos do primeiro caso são as termas de Chaves e São Pedro do Sul, com cerca de 3 MWt (megawatt thermal) e temperatura de cerca de 75ºC. O segundo caso pode-se encontrar no projeto geotérmico do Hospital da Força Aérea do Lumiar, em Lisboa, a funcionar desde 1992, onde, a partir de um furo de 1500 metros de profundidade, se conseguem temperaturas de 50º C.

No Continente, zona de Chaves e S. Pedro do Sul, existe o aproveitamento de polos termais e aplicações diretas nas orlas sedimentares, que podem representar um potencial de cerca de 20 MW.

Atualmente, as necessidades ambientais, sobretudo em termos energéticos, levam-nos a procurar o uso de fontes de energia mais ecológicas. Neste sentido, aproveita-se o calor do interior da Terra para, a partir dele, se gerar energia elétrica.

3.1.5.3 As fontes desta energia geotérmica, aspetos positivos e negativos

As fontes desta energia geotérmica que podem gerar energia elétrica, são três:

• rocha seca quente - aquecimento de água injetada usando o calor do interior da Terra e, a partir da água aquecida, é gerada a energia elétrica através de turbinas.

• rocha húmida quente - perfuração da rocha para que se alcance uma caldeira, naturalmente formada, contendo água aquecida pelo calor da Terra. Com esta água promove-se o funcionamento de turbinas que geram a energia eléctrica.

• vapor seco - a pressão é alta e suficiente para movimentar as turbinas gerando a energia elétrica.

O uso desta importante fonte energética tem vantagens e algumas desvantagens. O quadro seguinte referência os aspetos positivos e os negativos.

Aspetos positivos	Aspetos negativos
Uma das melhores fontes de energia	É uma energia cara e ainda pouco rentável
A emissão de gases poluentes (CO2 e SO2) é praticamente nula	Pode causar deterioração ambiental
Produz energia independente de variações como chuvas, ventos, níveis dos rios, existência de sol, ect	Pode levar o campo geotérmico ao esgotamento
O espaço necessário para a instalação da central é reduzido	A energia deve sair do campo geotérmico ou próximo dele
Pode estimular os negócios das regiões onde estejam as centrais	A perda de calor para a atmosfera aumenta a temperatura do ambiente
Pode abastecer energia elétrica a comunidades isoladas	Produz emissão de H2S (ácido sulfídrico) com odor desagradável, corrosivo e nocivo à saúde
Baixo custo de operação e manutenção	Elevados custos com pesquisas e sondagens
Criação de postos de trabalho especializados e indiferenciado	Poluição sonora - para se perfurar o poço é necessário o uso de equipamentos análogos aos da perfuração de poços de petróleo
	Elevado custo de construção das centrais, principalmente o da perfuração inviabiliza muitos projetos

Este incrível recurso é equivalente, em cerca de 50.000 vezes, à energia que se obtém de todos os recursos de gás e petróleo existentes no mundo. No entanto, trata-se apenas de mais uma fonte de energia renovável, sem capacidade atual de responder a todas as necessidades energéticas do Ser Humano.

3.1.5.4 O custo de produção de energia elétrica a partir da energia geotérmica

Existem alguns fatores que influenciam diretamente o custo final da energia elétrica proveniente da energia geotérmica. Entre eles o eventual custo com a disponibilização do local onde a central deve ser instalada, uma vez que este pode pertencer a entidades públicas ou privadas. Outros fatores são os estudos necessários para o conhecimento dos recursos disponíveis, a dimensão da central, o tipo de tecnologia a utilizar, a temperatura a que se encontram os recursos, os custos com as perfurações, as políticas ambientais definidas para o local, os custos com as infraestruturas para o seu transporte na rede geral de distribuição, incentivos fiscais aplicáveis e opções de financiamento disponibilizadas pelas entidades governamentais. Em qualquer circunstância trata-se sempre de um investimento muito elevado. Sendo significativamente mais caras do que qualquer outro tipo de central que se destine à produção de energia elétrica, cuja rentabilização está diretamente dependente da quantidade de energia produzida durante a sua vida útil.

Dos estudos efetuados pela California Energy Commission (CEC) retirou-se a conclusão de que o custo médio de uma central geotérmica se situa em cerca de 3.400 dólares por quilowatt de potência instalado. O custo com a sua manutenção e conservação é de valor muito baixo e situa-se entre os 0,01 e os 0,03 dólares por kWh.

O custo da geração de eletricidade nestas centrais varia entre 0,04 e 0,07 euros por quilowatt/hora (kWh), o que a torna francamente competitiva do ponto de vista económico e, acrescendo a enorme vantagem de se tratar de uma energia renovável sem produzir efeitos malévolos ao nosso planeta.

No entanto, a realidade mostra-nos que, apesar de se estimar que a energia geotérmica disponível na terra é suficiente para suprir todas as necessidades da Humanidade, esta não é, de entre as energias renováveis disponíveis, a que é mais explorada, devido aos elevados custos de investimento iniciais que lhe estão associados.

3.1.5.5 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em Museus

Como já atrás foi dito, trata-se de uma energia captada, em profundidade, a partir da superfície terrestre mas, com recurso a equipamentos considerados «pesados» que a vão procurar nessas grandes profundidades. É proveniente da existência do calor desenvolvido no interior da Terra cuja profundidade de captação pode ir até algumas centenas de metros. Para a sua produção é montada uma central junto de cada local, previamente escolhido através de estudos rigorosos. Devendo estes ter em conta todas as características que possam interferir e dar origem a um estudo económico e ambiental cujos resultados conduzam a uma decisão de investimento acertada.

O investimento inicial neste tipo de captação de energia envolve muitos milhões de dólares ou euros, uma vez que os equipamentos a utilizar e todas as estruturas envolventes, têm que ter características de grande capacidade de durabilidade e de resistência, face à agressividade constante a que vão estar sujeitos no desempenho da sua função.

Depois de captada e produzida, esta energia é lançada na rede geral de distribuição, podendo assim ser consumida em qualquer local onde a distribuição chegue. No entanto, a quantidade de centrais existentes a nível mundial ainda não são as que seriam desejáveis face ao potencial real existente no planeta.

Em Portugal, a energia elétrica proveniente desta fonte, é apenas captada no Arquipélago dos Açores, onde existem instaladas algumas centrais geotérmicas cuja sua potência total instalada é de cerca 24 MW, valor insignificante a nível nacional, mas com algum peso ao nível local, encontrando-se em curso estudos para o aumento substancial desta potência nas centrais em funcionamento, bem como para a construção de novas centrais neste arquipélago. Em Portugal Continental, em algumas zonas localizadas no norte país, o calor existente no interior da Terra é apenas aproveitado para usos exclusivamente termais.

Constata-se assim, que esta energia não é consumida em nenhum local do Continente Português e, sendo uma realidade que as condições naturais para a sua exploração são inexistentes, beneficiando apenas os Açores beneficiam de condições naturais para a sua exploração e expansão.

Trata-se de uma energia renovável disponível em grande quantidade na Terra que, ao ser captada e produzida, é imediatamente lançada nas redes gerais de distribuição, permitindo assim, que todos os Museus ligados a essas redes a utilizem misturada percentualmente com outros tipos de energia, pois acontece que, quanto mais elevada é a sua produção, menor é a

utilização de outras energias provenientes de fontes poluentes. Em Portugal, face à sua pontual e reduzida produção, não tem qualquer expressão o seu consumo nestes equipamentos culturais.

3.1.6 Biomassa

Em termos mundiais, os recursos renováveis representam cerca de 20% das necessidades totais de energia, sendo cerca de 14% de Biomassa, cuja composição média pode ser observada na Figura 86. O Ser Humano tem utilizado a Biomassa para combustível desde que aprendeu a queimar madeira. Através da fotossíntese[60] todas as plantas absorvem energia solar e transformam-na em energia química. Esta energia pode ser convertida em várias formas de energia: em energia elétrica, combustíveis ou calor. As fontes orgânicas que são utilizadas para a produção de energias, usando este processo, são chamadas de Biomassa.

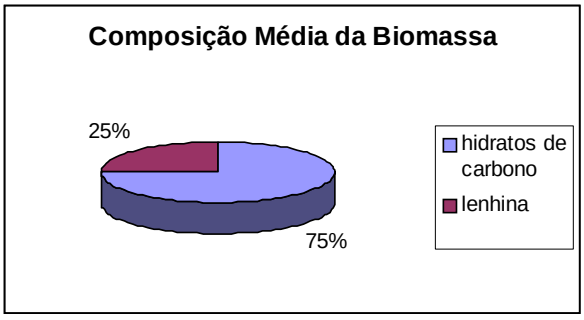


Figura 86
Esquema da composição da Biomassa
Fonte:http://www.nrel.gov/lab/pao/biomass_energy.html

Esta tem origem na matéria que, até há poucos anos, ou mesmo dias, se encontrava viva. Por isso, ela é renovável contrariamente aos combustíveis fósseis. A madeira e substâncias animais e restos de plantas podem ser queimados e convertidos em combustíveis. A Biomassa não lenhosa inclui resíduos agrícolas nomeadamente os bagaços, palhas, cascas e caroços de frutos, sementes e estrumes. A Biomassa lenhosa inclui a lenha, ramos de árvores, cascas das árvores e serraduras. Os elementos que compõem a madeira seca são: a celulose, hemicelulose, lenhose, resinas e cinzas. Trata-se de um material celulósico que pode, ou não, ser lenhoso.

A madeira tem sido, ao longo da história, uma fonte primária de energia, mas a desflorestação tornou-se num grave problema em Inglaterra, durante o século XVI, o que levou os Ingleses à procura e utilização de uma nova fonte de combustível: o Carvão. Ainda

[60] Processo de fixação do Carbono pelas plantas verdes, sob a ação da luz

hoje, existem países desenvolvidos, em vias de desenvolvimento ou subdesenvolvidos, que usam a madeira como uma fonte de combustível.

Um aumento da dependência da madeira como combustível, tem consequências ambientais negativas, tais como uma taxa de desflorestação elevada. No entanto, podem e são normalmente implementados programas de reflorestação para, de alguma forma, se reequilibrar o meio ambiente. Estes programas de reflorestação são fruto de um plano de investigação para criar árvores geneticamente alteradas, cujo crescimento seja mais rápido, resistentes à seca e de fácil «colheita». Estas árvores de crescimento rápido são um bom exemplo de uma cultura energética, geneticamente projetada para se obterem combustíveis com preços competitivos.

A celulose representa cerca de 40-45% da massa da madeira seca, a hemicelulose cerca de 20-35%, a lenhose cerca de 15-30%, ficando as resinas em percentagens reduzidas.

A produção de biomassa deve ser conseguida de uma forma sustentável para ser mantido intacto e em equilíbrio o ciclo do carbono, de modo a garantir que o impacto ambiental que a sua produção proporcione seja aceite pelas populações locais. Isto significa que a biomassa consumida nas centrais térmicas deve ser reposta por reflorestação ou replantação. Se este equilíbrio não se verificar haverá lugar a uma quebra do ciclo natural do carbono, dado que a biomassa retirada não é substituída pelo crescimento de novas árvores ou plantas.

A Biomassa pode ser utilizada como combustível sólido, líquido, ou gasoso. Existem tecnologias disponíveis para converter plantas, lixo, e estrume animal em gás natural. Por exemplo a produção de gás a partir de aterro, não é mais do que uma cova cheia de lixo, que quando se encontra totalmente cheia, pode ser tapada com terra e depois perfurar, colocando um tubo a partir da superfície até ao seu interior que servirá de conduta da saída do gás a partir da decomposição daqueles materiais. Após este processo o gás do aterro é filtrado, comprimido e conduzido para uma conduta principal para fornecimento dos consumidores. A quantidade de energia que pode ser produzida através da biomassa depende do conteúdo calorífico do material quando está seco.

3.1.6.1 Tipos de Biomassa, vantagens e desvantagens na sua utilização

Alguns dos tipos de biomassa usados para energia incluem resíduos florestais, agrícolas, de madeira, estrume animal e alguns dos resíduos sólidos urbanos, não perigosos.

Há países desenvolvidos que se encontram entre os principais utilizadores da biomassa para poderem dar resposta rápida à procura de energia elétrica, especialmente nos meios rurais.

Assim, e como já atrás foi referido, as fontes energéticas a partir da biomassa são:

- biomassa sólida;
- biocombustíveis líquidos;
- biocombustíveis gasosos.

A **biomassa sólida** tem a sua fonte nos resíduos da floresta e das indústrias a ela ligadas e na parte biodegradável dos resíduos industriais e urbanos produtos e ainda os resíduos da agricultura onde se incluem substâncias vegetais e animais.

O processo de conversão ou aproveitamento de energia passa primeiro pela recolha dos vários resíduos de que é composta, seguido do transporte para os locais de consumo, onde se faz o aproveitamento energético por via da combustão direta, de onde destacamos as seguintes vantagens:

- baixo custo de aquisição;
- não emite dióxido de enxofre;
- as cinzas são menos agressivas ao meio ambiente do que as provenientes de combustíveis fósseis;
- menor corrosão dos equipamentos (caldeiras, fornos);
- menor risco ambiental;
- recurso renovável;

No entanto, também devem ser tidas em conta algumas desvantagens:

- baixo poder calorífico;
- alguma emissão de partículas para a atmosfera;
- dificuldades no seu stock e armazenamento.

Quanto à **biomassa líquida** que origina os biocombustíveis líquidos com enorme potencial de utilização são quase sempre provenientes de "culturas energéticas", de onde se obtêm:

O biodiesel, que é um éter metílico, renovável e biodegradável, é obtido a partir da reação química de óleos ou gorduras de origem animal ou vegetal, com um álcool e, através da utilização de um catalisador (reação conhecida como transesterificação), existindo ainda outros métodos para a sua obtenção, nomeadamente através do craqueamento e esterificação.

O biodiesel pode substituir parcial ou totalmente o óleo diesel proveniente do petróleo, em motores a diesel, veículos automóveis, ou outros equipamentos estáticos, nomeadamente geradores de eletricidade, calor, ou outros. Pode ser usado puro ou misturado no diesel, em proporções diversas consoante as características dos motores.

O Etanol, o mais comum dos álcoois tem como características ser um composto orgânico, incolor, volátil, inflamável, solúvel em água e com cheiro e sabor característicos. Produz-se a partir da fermentação de hidratos de carbono (açúcar, amido, celulose), com origem em culturas como a cana-de-açúcar.

O Metanol, tem como processo de produção mais vulgar o de síntese, a partir do gás natural ou, a partir da madeira através de um processo de gaseificação.

Todos estes biocombustíveis (biodiesel, etanol e metanol), podem ser utilizados total, ou parcialmente, na substituição de combustíveis em motores, quer de veículos, quer de outros equipamentos móveis ou fixos.

A **biomassa gasosa**, é gerada a partir da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos, como efluentes agropecuários, da agroindústria e urbanos, de onde resulta uma mistura gasosa de metano e dióxido de carbono (biogás), cujo potencial energético é aproveitado através da queima para obtenção de energia térmica ou elétrica.

Para a produção do biogás, dependendo da sua fonte (suiniculturas, resíduos sólidos urbanos, lamas), a escolha das tecnologias a usar para o aproveitamento do seu potencial energético, se bem que, no final, aconteça que em quase todos os casos se utilize maioritariamente a queima do biogás, para obtenção de calor ou para a transformação em energia elétrica.

O biogás é um tipo de mistura gasosa de dióxido de carbono e metano produzida naturalmente, em meio anaeróbico, pela ação de bactérias em matérias orgânicas, que são fermentadas dentro de determinados limites de temperatura, teor de humidade e acidez. Pode ser produzido artificialmente utilizando um equipamento chamado biodigestor anaeróbico.

O metano, principal componente do biogás, não tem cheiro, cor ou sabor, mas os outros gases presentes conferem-lhe um ligeiro odor desagradável. É classificado como biocombustível por ser uma fonte de energia renovável.

O biogás pode ser usado como combustível em substituição do gás natural ou do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), ambos extraídos de reservas minerais. Pode também ser utilizado para cozinhar e mesmo para o aquecimento de instalações destinadas à criação de animais muito sensíveis ao frio ou no aquecimento de estufas de produção vegetal. Pode ainda

ser usado na geração de energia elétrica, através de geradores elétricos acoplados a motores de explosão, adaptados ao consumo de gás.

Atualmente existem em Portugal cerca de uma centena de sistemas de produção de biogás, na sua maior parte proveniente do tratamento de efluentes agropecuários (cerca de 85%) e destes, cerca de 85%, são suiniculturas.

Este aproveitamento, para além de resolver os problemas de poluição dos efluentes, pode tornar uma exploração agropecuária autossuficiente em termos de necessidades energéticas. Os resíduos sólidos resultantes, podem ser ainda aproveitados como adubos para as culturas locais ou podem mesmo ser colocados no circuito comercial.

3.1.6.2 A produção de energia elétrica em Portugal a partir da Biomassa e seus custos

O aproveitamento do potencial energético da Biomassa tem merecido crescente atenção por parte dos governos de muitos países, entre os quais Portugal.

Em Mortágua, desde meados de 1999, encontra-se em funcionamento a primeira central termoelétrica, uma Central de Resíduos Florestais com uma potência instalada de 10 MVA, com capacidade para fornecer uma população com cerca de trinta mil habitantes, tendo ficado previsto, a curto prazo, um aumento de potência até aos 57 MVA. Em 2005 existia apenas esta central em funcionamento e alguns casos pontuais de uso de biomassa, sobretudo secundária, para aquecimento.

Mas, no período 2005-2007, a biomassa florestal primária, para fins energéticos, teve um grande impulso. Com o objetivou de atingir as metas definidas na Estratégia Nacional para a Energia, no início do ano de 2006, foi lançado um concurso público para a construção de 15 centrais termoelétricas para utilização da biomassa florestal, em vários locais do país, sendo 12 localizadas nas zonas Norte e Centro de Portugal. A potência total em concurso foi de 100 MVA, sendo 81 MVA localizadas nas zonas Norte e Centro.

Em Vila Velha de Ródão existe uma central, inaugurada no primeiro trimestre de 2007, com uma potência instalada de 14,5 MVA, que permite o abastecimento de energia eléctrica a cerca de 70 mil habitantes. O investimento total deste projeto rondou cerca de 30 milhões de euros.

Para além das centrais já em funcionamento e do concurso público de 2006, nas regiões Norte e Centro de Portugal, existem 4 novas licenças para centrais termoelétricas a

localizar em Cabeceiras de Basto, com uma potência máxima de 12MW; em Gondomar, com 13MW; em Oleiros, com 9,3MW; e para o reforço da central de Mortágua, com 10MW, a fim de permitir o aumento da potência instalada até aos 57MW. As metas para biomassa foram aumentadas, passando de 150MVA para 250MVA, a concretizar até ao ano de 2010.

As condições para a extração da biomassa são altamente variáveis, uma vez que os locais de extração podem ser muito variáveis situação que depende da superfície de extração, da quantidade de material aproveitada, da presença de obstáculos no terreno como seja arvoredo que dificulte o desenvolvimento do trabalho, de desníveis acentuados ou zonas rochosas, da existência de vias de extração e de caminhos florestais acessíveis para o seu fácil transporte. Se considerarmos situações de dificuldade média – baixa no cálculo dos custos obtém-se um custo de geração entre 12 € a 22€/ton, com 35% humidade (projeto Enersilva, 2007,33).

Os custos de geração de energia elétrica a partir da biomassa, com a tecnologia atualmente disponível, para uma potência instalada de 30 MWe usando madeira (com custo de cerca de 3,20€/GJ), que teria uma eficiência elétrica líquida entre 41 a 45%, geraria energia elétrica a um custo de cerca de 3200€/kWe. Contudo, as projeções para a próxima década indiciam que, centrais com potência instalada de 110MWe, com custos entre 1280 e 1920€/KWe instalado, e com o custo da energia gerada, usando o preço da biomassa acima referido, entre 0,056 e 0,072 €/kWh, o que será uma evolução francamente positiva.

No entanto, considerando a evolução natural dos custos internacionais de biomassa e da tecnologia, é previsível que, em 2030, o custo possa cair para 880€/kw, quando o kWh de energia produzida atingir, a valores atuais de 0,032€/ kWh.

Verificamos assim que se trata de uma fonte energética com enormes vantagens do ponto de vista ambiental e económico.

Em virtude das condições naturais que o nosso país oferece no que se refere ao seu potencial florestal, cujo seu aproveitamento pode ser fortemente otimizado, os nossos governantes através da publicação de legislação recente (Resolução do Concelho de Ministros nº 81/2010 de 3 de Nov. de 2010), para a implementação da Estratégia Nacional para a Energia (ENE 202), visando por razões ambientais e económicas incentivar a produção de Biomassa em Portugal, que vem assim permitir a possibilidade de serem alcançados os importantes objetivos definidos: Forte redução da dependência energética externa, contribuir para a criação de um número elevado de postos de trabalho em diferentes locais do país na gestão integrada das florestas, em culturas energéticas dedicadas, no aproveitamento de

resíduos agrícolas e industriais e em todas as fases dos diferentes processos associados à produção desta energia.

3.1.6.3 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em Museus

A Biomassa é portanto uma fonte energética renovável que permite a produção de energia elétrica, calor ou combustível. Salienta-se a sua grande importância mundial que atinge maior relevância no Brasil, onde contribui com cerca de 25% do consumo nacional de eletricidade. Em Portugal existem as centrais termoelétricas já referidas a produzir eletricidade, que são alimentadas com os recursos florestais ou agrícolas cultivados ou não para esse efeito, e ainda com o aproveitamento das sobras ou desperdícios destes mesmos produtos.

A energia eléctrica, após a sua produção neste tipo de centrais, é imediatamente colocada nas redes gerais de distribuição seguindo o normal circuito comercial.

Em Portugal existem em pleno funcionamento algumas centrais termoelétricas alimentadas a Biomassa, em que a potência e capacidade de produção instaladas têm alguma relevância comparativamente com outras fontes renováveis de produção de energia elétrica. Face às possibilidades naturais de algumas zonas do nosso país têm sido feitos alguns investimentos significativos na construção deste tipo de centrais e, segundo as diretivas governamentais, esses investimentos irão continuar.

O consumo deste tipo de energia nos Museus já é uma realidade, pois ela vai misturada na rede de distribuição com os diferentes tipos de energia disponíveis em Portugal. Trata-se de uma fonte energética com localização adequada e específica, cuja utilização será sempre coletiva, o que em nada diminui a sua grande importância no equilíbrio ambiental e económico nacional e mundial.

3.1.7 Energia Eólica

Desde há séculos que o vento é utilizado como uma fonte de energia. As suas aplicações históricas incluem a navegação à vela, ainda hoje utilizada, e moinhos de vento; atualmente tem ainda aproveitamento para a prática de alguns desportos radicais, nomeadamente o parapente. Os moinhos de vento foram ao longo de séculos, utilizados para trituração de diversos tipos de grãos de onde saía a farinha usada para fins alimentícios e eram também usados para bombear água em poços ou furos. O aproveitamento do vento como uma

fonte importante de energia renovável para gerar energia elétrica, é uma aplicação relativamente recente e, desta iremos falar mais adiante no que se refere à sua geração. Como para qualquer outra energia a sua geração está sempre associada ao movimento circular de uma turbina, que neste caso será movida pelo vento.

Estas turbinas são instaladas em modernas e resistentes estruturas cuja produção de energia elétrica variará em função da zona ser ou não ventosa, da maior ou menor quantidade de vento ao longo do tempo, da sua orientação e velocidade face a este e, da altura a que fiquem instaladas conforme nos indica a Figura 87. Daí ser indispensável usar as zonas montanhosas e desobstruídas para a sua implantação, dado que normalmente são as mais ventosas durante todo o ano. A sua instalação nestes locais têm impacto visual pouco agradável mas este será um mal muito menor, uma vez que estamos perante a produção de energia elétrica com custos imediatos elevados mas, que a curto e médio prazo, nos permite usufruir da possibilidade de um melhor equilíbrio ambiental com a diminuição da poluição proveniente da queima de combustíveis fósseis, trazendo benefícios para toda a humanidade com vantagens económicas extraordinariamente superiores aos custos do investimento com a geração desta energia.

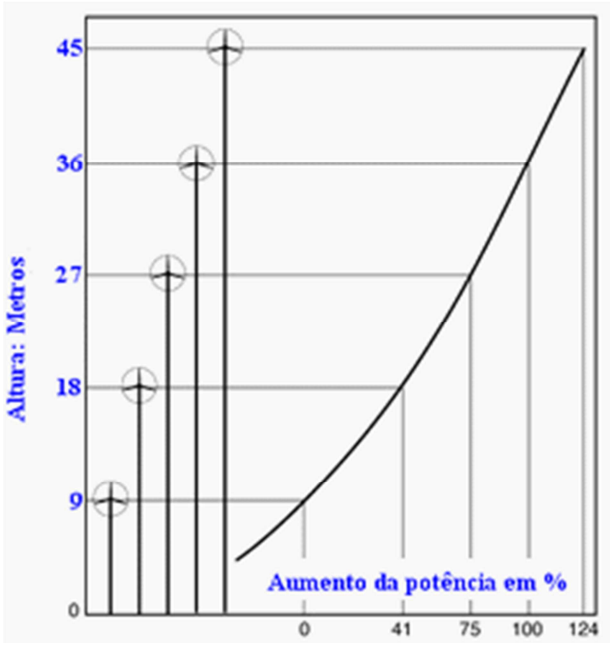


Figura 87.
Gráfico relacionando a altura das turbinas com a sua capacidade de produção
Fonte: United States Department of Energy

3.1.7.1 Turbinas de vento

A altura a que as turbinas se situam é um fator importante a considerar uma vez que esta está diretamente relacionada com a produção da energia elétrica e essa relação é dada através da seguinte expressão: $\frac{V}{V0} = (\frac{h}{h0})1^{\alpha}$, sendo que $V0$ é a velocidade em m/s à altura de referencia $h0$ do solo e α o coeficiente característico do local, que pode variar entre 0,1 e 0,4.

A energia cinética que resulta das movimentações de massas de ar, pode ser transformada em energia elétrica através das turbinas eólicas ou aerogeradores. A potência mecânica disponível (P) numa turbina, depende da velocidade elevada ao cubo do caudal de ar que passa através dela, o que faz com que o interesse e o aproveitamento deste recurso variem em função da intensidade e direção do vento. A potência do vento que passa perpendicularmente através de uma área circular é: $P = \frac{1}{2} * \rho * v^3 * \pi * r^2$, onde P é a potência média do vento em Watts (W), ρ é a densidade do ar seco (1,225Kg/m^3, v é velocidade média do ventos (m/s) e r é o raio do rotor (m). O coeficiente de potência foi introduzido pela teoria de Betz[61]. Esta teoria de Betz coloca, em modelo, a passagem do ar antes e após a turbina, através de um tubo de corrente conforme esquema apresentado na Figura 88, onde: V1 é a velocidade do vento antes das pás da turbina, V é a velocidade do vento nas pás da turbina, aproximadamente na ordem dos 10m/s e V2 é a velocidade do vento após ter transferido a energia às pás da turbina.

As velocidades vão aumentando: V1> V>V2, todas paralelamente ao eixo do rotor.

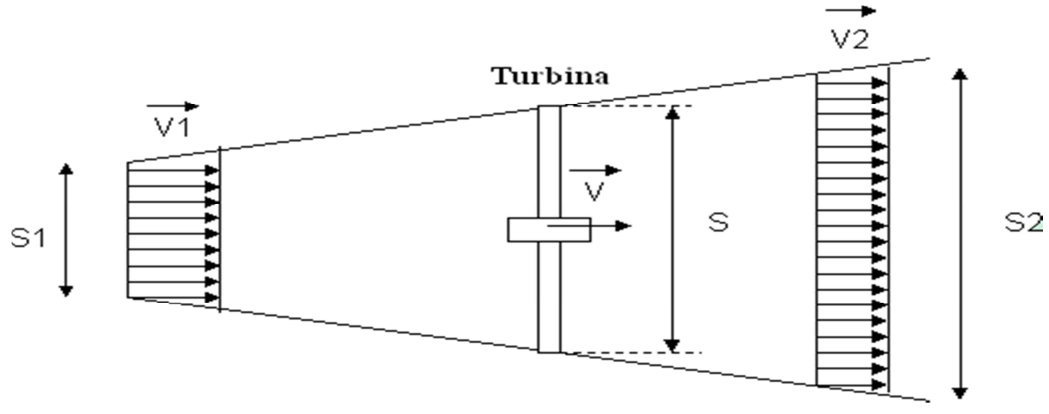


Figura 88
Esquema com a ilustração da variação da velocidade do vento no tubo de corrente
Fonte: http://www.netconsult.inf.br/pp5zz/IFSC/4ELN2010-1/Eolica.pdf

[61] Betz, Albert, foi um físico alemão que, em 1919, desenvolveu a teoria sobre o aproveitamento máximo da energia elétrica a partir das turbinas eólicas, tendo concluído que poderia ir até 59,3%.

O limite de Betz diz-nos que, para os melhores aproveitamentos eólicos, turbinas de eixo horizontal de duas ou três pás, se recupera 59,3% da energia do vento, que corresponde à percentagem máxima de energia eólica que pode ser extraída. Numa aplicação real este coeficiente situa-se entre os 30 e os 40% no máximo.

A Figura 89 mostra-nos o esquema completo dos componentes que constituem uma turbina eólica, neste caso de eixo horizontal.

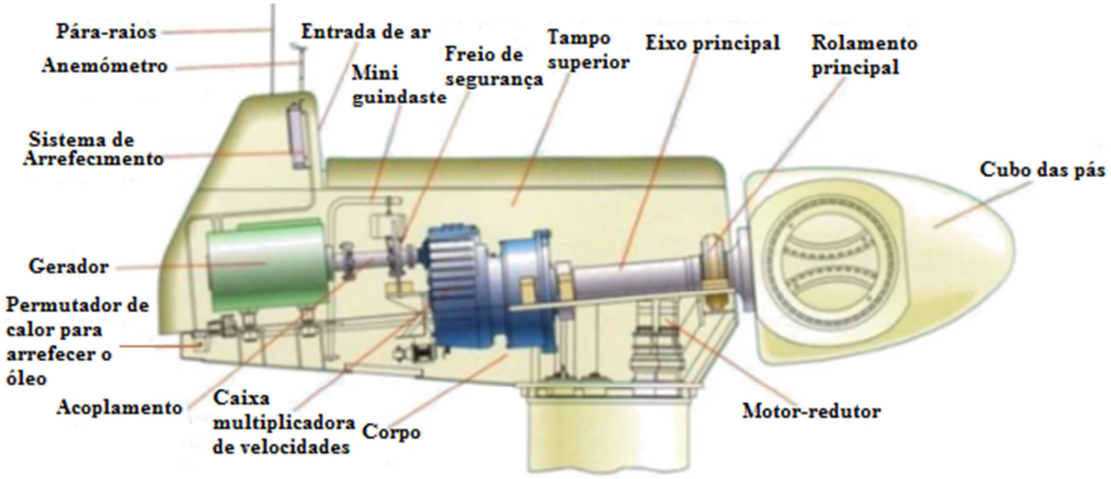


Figura 89
Imagem de uma turbina de eixo horizontal equipada
Fonte:Adaptado de:
http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/viewFile/3490/2738



Figura 90
Imagem de turbina Eólica de eixo vertical
Fonte:http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/viewFile/3490/2738



Figura 91
Imagem de turbina Eólica de eixo horizontal
Fonte:http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/viewFile/3490/2738

As turbinas eólicas estão classificadas como turbinas de eixo horizontal e turbinas de eixo vertical. Quanto à sua potência nominal, existem as de pequena capacidade (até 50 KW), as de média capacidade (de 50 a 1000KW) e as de grande capacidade (acima de 1MW). As turbinas de eixo vertical (Figura 90), têm lâminas que rodam à volta de um eixo vertical, e a sua aparência visual é parecida à de uma batedeira de ovos. As turbinas de eixo horizontal (Figura 91), têm lâminas que rodam à volta de um eixo horizontal. Estas últimas turbinas são as que têm uma maior utilização hoje em dia, têm como característica principal a necessidade de um sistema de controlo para que o seu posicionamento tenha em consideração a direção predominante do vento. Uma típica turbina de eixo horizontal consiste na existência de um rotor com duas ou mais lâminas ligadas a uma cabine colocada no topo de uma estrutura metálica elevada e normalmente montada numa fundação de betão armado ao nível do terreno escolhido. Esta cabine (Figura 89) contém um gerador ligado à turbina de vento.

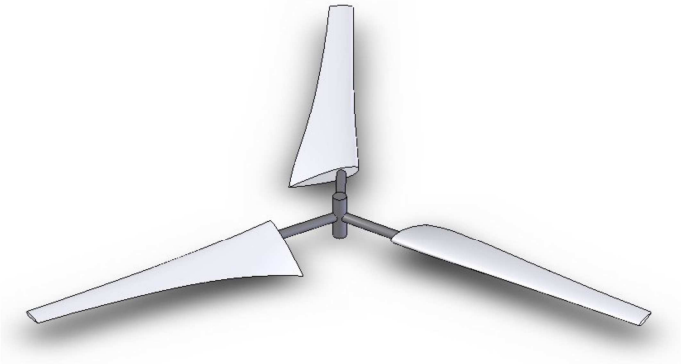


Figura 92
Imagem de um Rotor Eólico
Fonte:http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/graduacao/article/viewFile/3490/2738

A potência do vento que pode ser extraída pelo rotor (Figura 92) depende da área varrida pela turbina. As lâminas do rotor podem rodar num plano vertical e a cabine pode rodar num plano horizontal. O ângulo entre a lâmina do rotor e o plano de rotação da lâmina do rotor é o ângulo de inclinação. O ângulo de inclinação da lâmina do rotor, pode ser utilizado para controlar a taxa de rotação da lâmina do rotor.

3.1.7.2 Parques Eólicos

Um parque eólico é formado por um conjunto de turbinas de vento. A área de extensão dos parques eólicos depende do raio (R) das lâminas do rotor (Figura 93) porque uma turbina de vento deve ter espaço suficiente à volta do poste para permitir que o ventilador da lâmina do rotor se vire em qualquer direção. Se negligenciarmos uma extensão finita da cabine da máquina e assumirmos que a lâmina do rotor, com raio (R), está na horizontal, a

lâmina irá varrer para fora da área da superfície πR^2 caso a lâmina do rotor esteja diretamente acima do poste da turbina de vento e a cabina da máquina é rodada 360˚. Se incluirmos uma extensão finita de cabines de máquinas, a área de superfície irá ser $\pi R^2_{eff} \geq \pi R^2$. O espaçamento mínimo entre dois postes de duas turbinas de vento equivalentes tem de ser $2R_{eff}$ para evitar colisões entre as lâminas do rotor. Se considerarmos a aerodinâmica do fluxo de vento, que é o fator que controla o espaçamento das turbinas, o espaçamento das turbinas, num parque eólico, aumenta pelo menos 5 a 10 vezes o diâmetro do rotor 2R (Sorensen, 2000, 435) atrás do plano das lâminas do rotor. A distância adicional entre os postes é concebida para minimizar a turbulência entre as turbinas de vento e ativar a restauração do fluxo de vento para o seu estado original imperturbado, após passar por uma turbina, no seu caminho, para a próxima turbina. O espaçamento das turbinas de vento é um importante fator na determinação da área de superfície, ou «pegada», necessária para um parque eólico.

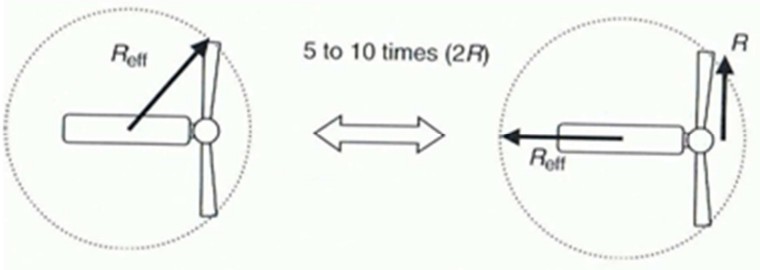


Figura 93.
Esquema usado para espaçamento aconselhado entre turbinas
Fonte: http://www.netconsult.inf.br/pp5zz/IFSC/4ELN2010-1/Eolica.pdf

3.1.7.3 A produção desta energia

A energia produzida por uma turbina eólica depende da velocidade do vento. Como referido, a potência disponível do vento é proporcional ao cubo da sua velocidade. No entanto, as turbinas eólicas não têm uma potência de saída sempre proporcional ao cubo da velocidade do vento. Elas são projetadas para gerarem a máxima potência com uma determinada velocidade. Esta potência é designada por potência nominal e a velocidade do vento para a qual ela é atingida, é chamada de velocidade nominal. Para valores de velocidade do vento superiores à velocidade nominal, a potência de saída da turbina mantém-se constante. Quando a velocidade nominal do vento é atingida e ultrapassada, a turbina é regulada para funcionar a potência constante, provocando-se artificialmente uma diminuição no rendimento da conversão.

Todos os fabricantes explicitam e apresentam as chamadas curvas de potência (Figura 94) de distribuição da velocidade do vento (Figura 95) de distribuição da energia produzida (Figura 96) e de distribuição do coeficiente de potência (Figura 97) para todos os aerogeradores que fabricam, o que facilita a decisão sobre a escolha adequada do, ou dos geradores para o projeto que se pretenda implementar.

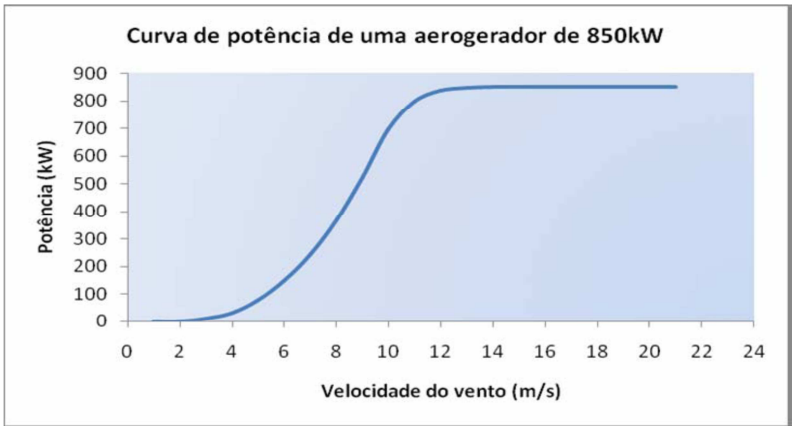


Figura 94
Gráfico da Curva de Potência de um aerogerador
Fonte:http://pwp.net.ipl.pt/deea.isel/ccamus/Doc/eolicaresumo.pdf

Com a curva de potência do aerogerador e com a caracterização do vento de cada local através da distribuição da sua velocidade pode calcular-se a energia obtida em função dessa velocidade.

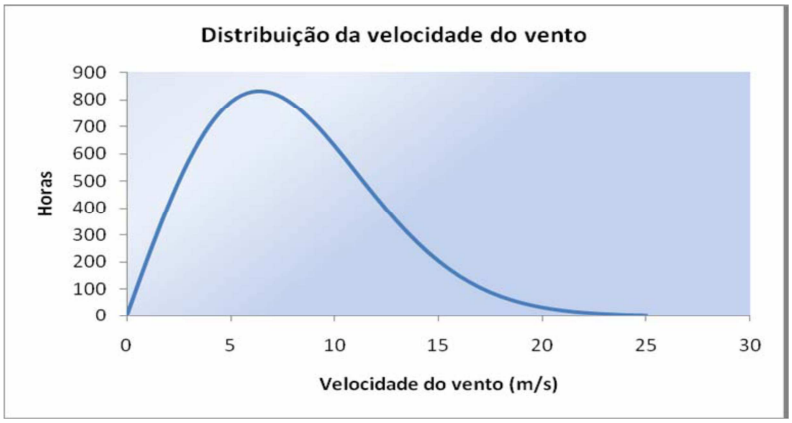


Figura 95
Gráfico da Distribuição de velocidade de Rayleigh com Uma=8m/s
Fonte:http://pwp.net.ipl.pt/deea.isel/ccamus/Doc/eolicaresumo.pdf

A figura 96 apresenta a energia produzida em cada hora pelo vento com uma velocidade média horária igual a (U). E, sendo que a quantidade de energia de anualmente produzida é calculada pela expressão:

$$Ea=8760\sum P(u)f(u) \qquad (Wh)$$

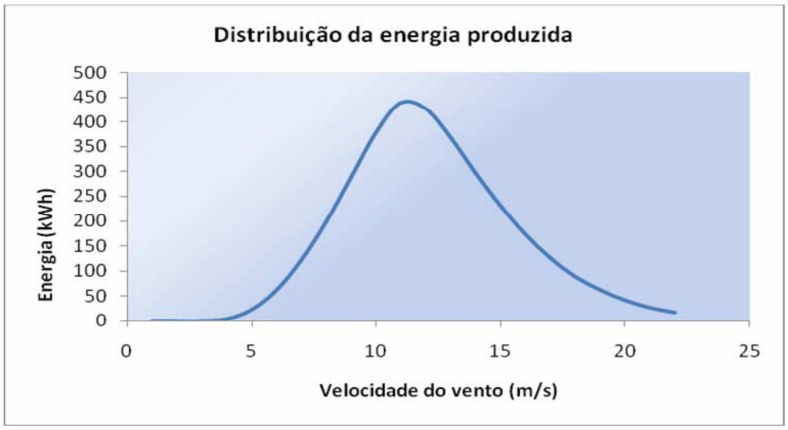


Figura 96
Gráfico da Distribuição da energia produzida em função da velocidade média horária
Fonte:http://pwp.net.ipl.pt/deea.isel/ccamus/Doc/eolicaresumo.pdf

O coeficiente de potência, calculado pelo coeficiente: $P = \frac{P}{Pdisp} = 59{,}30\%$, representado na Figura 97 e, é normalmente disponibilizado pelos fabricantes como já referido.

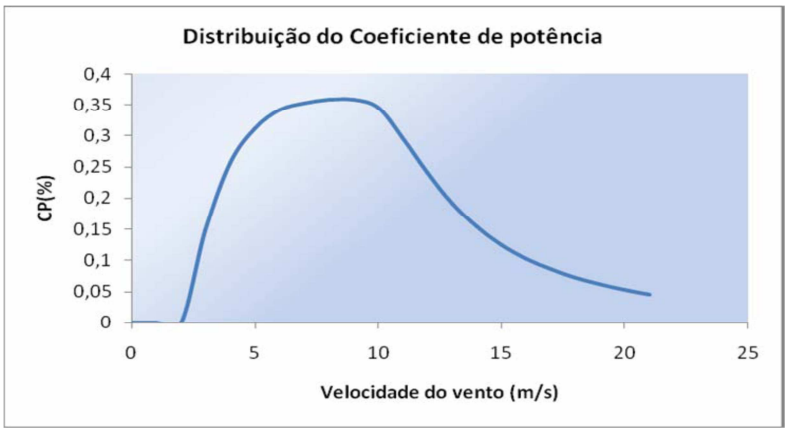


Figura 97
Gráfico da Curva do coeficiente de potência de um aerogerador
Fonte:http://pwp.net.ipl.pt/deea.isel/ccamus/Doc/eolicaresumo.pdf

A energia eólica produzida é sempre proporcional ao raio ao quadrado do ventilador criado pela rotação da lâmina do rotor, assumindo que a direção do vento é perpendicular ao plano de rotação da lâmina do rotor, e que a velocidade é constante. A energia eólica será máxima se a direção do vento for perpendicular ao plano de rotação da lâmina do rotor, caso contrário, a energia eólica será menos do que o máximo. Se a direção do vento for paralela ao plano de rotação da lâmina do rotor para uma lâmina infinitesimalmente fina, a turbina de vento não fornece nenhuma energia eólica.

Uma mudança na direção do vento pode pôr as turbinas de vento em «stress» devido ao efeito giroscópio. Um giroscópio é um corpo rígido simétrico que está livre para rodar à volta de um ponto fixo e está sujeito a uma torção externa. A turbina de vento é um corpo rígido simétrico que está livre para rodar em torno de um poste fixo. A mudança de direção do vento expõe a turbina de vento a uma torção e faz com que ela se comporte como um

giroscópio. Além disso, a velocidade do vento raramente é constante; pode variar do estado parado, para um «tornado» ou para velocidade de «furacão».

A eficiência da produção de energia eólica depende de vários fatores. Um dos fatores que afeta a eficiência da turbina de vento é a eficiência da conversão de energia mecânica da lâmina do rotor em energia elétrica. A taxa de rotação da lâmina do rotor depende da velocidade do vento e se a velocidade for muito grande, a lâmina do rotor pode rodar demasiado depressa e danificar o sistema. Para evitar este problema as turbinas de vento devem ser desligadas em condições de vento muito forte, o que normalmente acontece de forma automática através de dispositivos incorporados que fazem essa função.

Em virtude das condições meteorológicas favoráveis existentes no nosso país, nos últimos anos tem-se verificado um crescimento substancial na quantidade de aerogeradores instalados, representando atualmente uma percentagem de cerca de 13% da energia elétrica produzida, sendo expectável que, até ao final do ano de 2010, a sua produção seja cerca de 15% da energia total consumida no nosso país, correspondendo a cerca de 40% das energias renováveis produzidas em território nacional.

3.1.7.4 O impacto ambiental

A energia eólica é uma energia renovável que é considerada uma energia limpa, por ter um impacto ambiental muito reduzido comparativamente com outras fontes de energia tradicionais. As turbinas de vento produzem e fornecem energia elétrica sem emitir quaisquer gases não contribuindo para o efeito de estufa.

A energia eólica evita a importação de algum petróleo ou gás natural e por isso contribui para aliviar a dependência e a fatura energética do país. Por outro lado evita as emissões de CO2 e os custos associados à poluição (custos ambientais e de saúde pública) bem como o esgotamento dos recursos energéticos não renováveis.

A energia eólica é um recurso nacional, fiável e que gera cerca de cinco vezes mais emprego por cada Euro investido do que as tecnologias associadas ao carvão ou ao nuclear.

No entanto, já foi constatado que a produção de energia eólica pelas turbinas de vento comporta algumas consequências ambientais menos agradáveis. As turbinas de vento sendo rotativas podem matar pássaros e interferir com rotas de migração. Para que este problema não cause desequilíbrio no trajeto habitual das migrações dos diferentes tipos de pássaros e que não contribua para a sua devastação existe a possibilidade de fazer um estudo

antecipado à sua implantação ou, no caso de o local escolhido e que não seja possível alterar devem ser usadas turbinas de vento com rotação lenta com lâminas de grande diâmetro, o que vai fazer reduzir drasticamente esse risco.

Os parques eólicos também têm como efeitos negativos por exemplo o impacto visual, visto que para algumas pessoas, especialmente as que se deparam diariamente com eles, assume aspeto desagradável, outro efeito negativo é o ruído de baixa frequência provocado pelas turbinas de vento que quando estão em funcionamento, causam grande perturbação a todos os seres vivos. Há algum tempo atrás, as turbinas de vento podiam interferir com as suas lâminas com o sinal de televisão e de rádio, o que já não acontece visto que atualmente esse problema está completamente ultrapassado face aos materiais usados no seu fabrico que já não interferem com as transmissões eletromagnéticas.

Um dos maiores desafios que se coloca à utilização deste precioso recurso renovável relaciona-se com a sua intermitência, uma vez que nem sempre o vento sopra quando a eletricidade é necessária e o seu armazenamento, através de baterias, é ainda muito dispendioso.

3.1.7.5 Os custos da energia Eólica

Os custos da energia elétrica produzida através dos aerogeradores são determinados tendo em conta os seguintes componentes:

- custo total do investimento, que inclui o aerogerador, todos os trabalhos acessórios e complementares para a sua instalação, ligações à rede de distribuição e rendas com os terrenos.
- tempo de vida útil do aerogerador
- custos financeiros dos montantes investidos
- custos de exploração e manutenção
- quantidade de energia produzida/ velocidade média do vento

Os aerogeradores implantados em zonas mais ventosas produzem eletricidade mais barata do que se estivessem situados noutras zonas com pouco vento. Portanto é fundamental que este tipo de avaliação seja sempre, e rigorosamente efetuada, porque daí pode depender um um custo maior ou menor, que se vai refletir decisivamente na sua viabilidade económica.

Apesar dos custos dos aerogeradores ter vindo a diminuir nos últimos anos, esta tecnologia necessita de um investimento inicial maior, por cada kW de potência instalada, do que a produção de energia elétrica a partir dos derivados de petróleo.

A diminuição do preço dos aerogeradores tem vindo a verificar-se ao longo do tempo e, em 2004, esses preços variaram entre os 650 a 900 euros por cada kW de potência instalada, dependendo do fabricante e da capacidade de produção da turbina. No entanto em Portugal, a redução dos preços não foi tão drástica devido à grande tendência na instalação de aerogeradores de grandes dimensões, motivada pelas características dos locais onde podem ser instalados e o elevado preço dos terrenos. Estima-se que os preços dos aerogeradores se situem entre 1000 e 1200 Euros/kW de potência instalada.

Um dos indicadores das vantagens económicas da energia eólica é o valor do retorno económico correspondente ao seu desenvolvimento, que inclui os custos do trabalho, os custos de matérias-primas para o fabrico e instalação, transportes, exportações e o valor da energia elétrica produzida.

A produção de energia elétrica a partir desta fonte renovável está atualmente em cerca de 9.000 GWh. O seu custo unitário, em 2009, situava-se em cerca de 94€/MWh, ou seja, 0,094€/kWh, o que é um preço extraordinariamente competitivo, quer do ponto de vista económico, quer ambiental.

Uma outra importante vantagem desta fonte energética é que, todos os produtores desta energia elétrica, mesmo em regime especial, que eram designados por produtores independentes, colocam na Rede Elétrica Nacional toda a energia que produzem, funcionando como um negócio, cuja tarifa praticada varia consoante a tecnologia de exploração utilizada, conforme estabelece a legislação em vigor aplicável, nomeadamente o «Decreto-Lei nº 225/2007, de 31 de Maio».

Verificamos assim que esta fonte energética é francamente promissora em todo o mundo e também em Portugal que possui boas condições ambientais e geográficas para a sua implementação.

3.1.7.6 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em Museus

Esta fonte energética pode estar localizada em qualquer local onde o vento atue com a regularidade e velocidade necessárias ao seu funcionamento. Trata-se de uma fonte que,

para além da produção de energia elétrica, pode ser usada diretamente na bombagem de água, em situações de uso coletivas ou individuais.

A eletricidade daqui proveniente pode ter origem em grandes parques eólicos, com capacidade para produzir grandes quantidades de energia ou, aproveitar de aerogeradores individuais que estejam dimensionados para poder responder apenas a necessidades locais.

Para a instalação dos aerogeradores é necessário existir algum espaço físico disponível ao ar livre, o que, é por vezes difícil de encontrar quando, por exemplo, a necessidade desta energia se localize em zonas urbanas consolidadas.

No entanto, por vezes existem situações de localização de Museus ou eventualmente Centros de Cultura, cuja implantação dispõe de áreas contíguas disponíveis para a instalação deste tipo de aerogeradores podendo usufruir autonomamente da sua produção própria da energia. É um investimento oneroso à partida mas, com grandes benefícios a médio e longo prazo, desde que se trate de equipamentos culturais distantes das zonas urbanas que não possuam infraestruturas elétricas locais.

Atualmente em Portugal, uma percentagem elevada da energia que é consumida nos Museus, cerca de 22%, já tem origem nos parques eólicos existentes, em plena laboração, uma vez que esta está inserida na rede geral de distribuição.

3.1.8 Energia Solar

A energia solar é a designação dada a toda a captação de energia luminosa oriunda do sol e à posterior modificação dessa energia de forma a ser utilizada diretamente para o aquecimento de águas e indiretamente para a obtenção de energias mecânica e elétrica. Na Figura 98, mostra-se, em esquema a composição da estrela solar. A energia emitida pelo Sol é gerada por fusão nuclear e o processo de fusão ocorre no seu núcleo, ou centro. A energia libertada pelo processo de fusão propaga-se de modo a formar o núcleo de um átomo, por irradiação para outro, na zona de radiação da estrela.

Quando a energia se projeta forma um núcleo e atravessa a zona de radiação, o núcleo atinge parte da energia da estrela e continua a sua caminhada em direção à superfície da estrela, como o calor, associado a gradientes térmicos. Esta parte da estrela é a chamada zona de convecção. A superfície da estrela, a chamada fotosfera, emite luz na parte visível do espetro eletromagnético. O Sol está envolvido numa atmosfera estelar chamada a cromosfera, que é uma camada de gases quentes em torno da fotosfera.

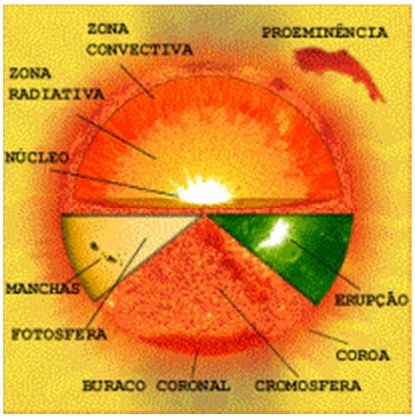


Figura 98
Esquema da anatomia do Sol
Fonte:http://www1.ci.uc.pt/iguc/atlas/02sol.htm

A luminosidade de uma estrela é a energia total irradiada por segundo pela estrela.

A luminosidade do Sol é de L=3,87*10^{26}W. A sua radiação é comparável à radiação emitida por um "corpo negro"[62] a uma temperatura aproximada de T=5,8'103K~6000ºK (Sorenson, 2000, 26). A quantidade de radiação do sol que atinge a atmosfera terrestre é a chamada constante solar e é aproximadamente igual a S=1,367*10^{3}Wm^{-2}. Esta constante solar varia com o tempo, porque o eixo da Terra está inclinado enquanto esta segue uma órbita elíptica em torno do Sol. A distância entre um ponto na superfície da Terra e do Sol varia ao longo do ano. Para ter em conta o tempo da dependência, escrevemos a constante solar (S) como uma função do tempo (t). A quantidade de radiação solar que atinge a superfície da terra depende dos fatores ilustrados na Figura 99. O fluxo de radiação solar incidente sobre uma superfície colocada na atmosfera terrestre depende da hora do dia e um ano, e da localização geográfica da superfície. A localização geográfica da superfície pode ser identificada pela sua latitude θlat e longitude θlong. O fluxo de radiação solar incidente na atmosfera é dado pela expressão:

E_{inc} (t, $\theta_{lat,}$ θ_{long}) = S(t) cosθ (t, $\theta_{lat,}$ θ_{long})

Quando o ânguloθ (t, θlat, θlong) é o ângulo entre o fluxo solar incidente no momento t e à normal à superfície em latitude θlat e longitude θlong. Alguma da radiação solar incidente é refletida pela atmosfera da Terra. A fração de radiação solar que é refletida de volta para o espaço, pelo sistema terra-atmosfera, é chamado de albedo. A albedo é de aproximadamente 0,35, sendo devido às nuvens (0,2), partículas atmosféricas (0,1), e reflexão pela superfície da Terra (0,05). O fluxo que entra na atmosfera é reduzido pelo albedo, assim:

E_{atm} (t, $\theta_{lat,}$ θ_{long}) = E_{inc} (t, $\theta_{lat,}$ θ_{long}) (1-a)

[62] Um "corpo negro" ideal não reflete qualquer radiação e absorve toda a radiação que sobre ele incide. Por isso, a radiação emitida resulta inteiramente da sua temperatura e não da sua composição química.

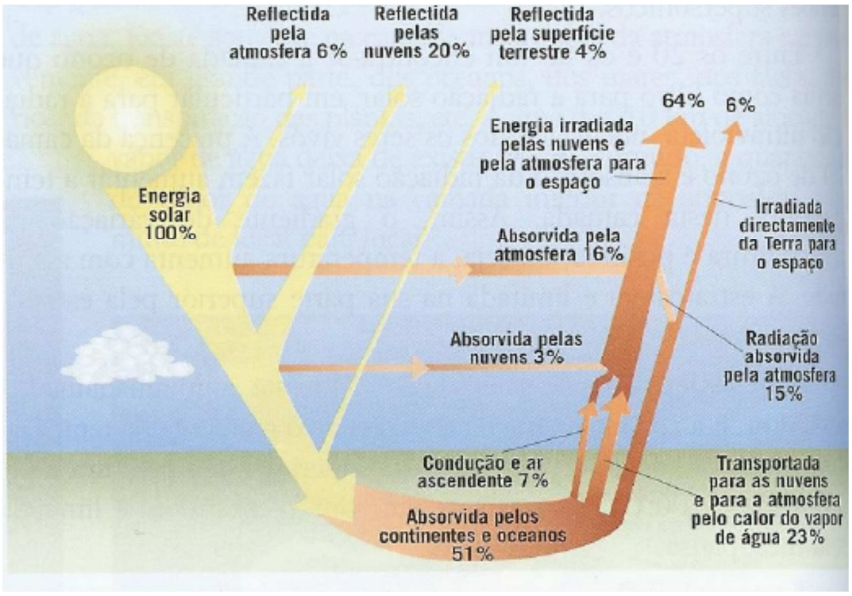


Figura 99
Esquema da Radiação solar e o sistema terra-atmosfera
Fonte:http://www1.ci.uc.pt/iguc/atlas/02sol.htm

No centro do sol, os núcleos de átomos de hidrogénio fundem-se e dão origem a núcleos de hélio. A energia que resulta desta reação é radiada para o espaço e parte dela chega à atmosfera terrestre. Uma parte dessa energia é absorvida ou refletida pela atmosfera. A radiação disponível na superfície terrestre divide-se em três componentes: direta, que vem diretamente desde o disco solar; difusa, que provém de todo o céu exceto do disco solar, nuvens, gotas de águas e outras; e refletida, que provém da reflexão no chão e nos objetos circundantes. À soma das três componentes denomina-se radiação global.

A conversão da energia solar pode ser feita de duas formas: passiva ou ativa. A primeira, implica a transformação dos raios solares noutras formas de energia, térmica ou elétrica; na segunda, o aproveitamento da energia para aquecimento de edifícios é feito através de conceções ou estratégias construtivas.

3.1.8.1 Energia solar passiva

Esta energia designada de solar passiva é uma forma de aproveitamento da energia solar no aquecimento de edifícios através de conceções e estratégias construtivas. A tecnologia da energia solar passiva integra por isso o design da construção de edifícios conjuntamente com fatores ambientais que permitem a captura ou a exclusão da energia solar. Os dispositivos mecânicos não são utilizados em aplicações da energia solar passiva. Como

dois importantes exemplos, de tecnologias simples de energia solar passiva, apontamos um beiral prolongado nos telhados e o isolamento térmico adequado.

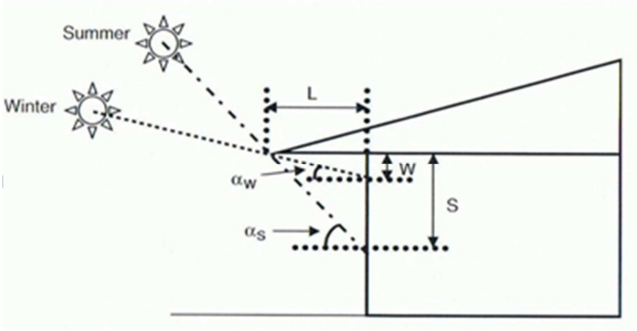


Figura 100
Esquema dos Ângulos de incidência do sol consoante as estações do ano
Fonte:http://www.geocities.com/mleandror/indiceI.htm

A luz solar, que atinge a superfície de um objeto e provoca um aumento da temperatura desse objeto, é um exemplo direto de aquecimento solar. O aquecimento solar direto pode causar um aumento na temperatura do interior de edifícios com janelas. As janelas que permitem a entrada da maior parte dos raios solares estão viradas para sul no hemisfério norte e viradas para norte no hemisfério sul. A Figura 100 ilustra a diferente incidência do sol em dois casos sazonais. A altura máxima do Sol no céu varia de época para época por causa do ângulo de inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à do plano da elítica. O eixo de rotação da Terra está inclinado 23º,27' a partir de uma linha que é perpendicular ao plano da elíptica.

Uma forma de controlo direto de aquecimento solar de um edifício com janelas é a construção de um beiral prolongado ao nível do telhado. Este é usado para controlar a quantidade de luz solar que pode entrar pelas janelas. A Figura 100, ilustra também esse tipo de beiral. A parte inferior da janela está a uma distância (S), desde a base do telhado. O comprimento (L) do beiral pode ser calculado usando uma relação trigonométrica:

$L = S / \tan \alpha_S$ ou: $L = W / \tan \alpha_W$

em que os ângulos e as distâncias são definidos na figura 99. O menor beiral é obtido quando o ângulo de Verão α_S é utilizado, enquanto o maior beiral é obtido quando o ângulo de Inverno α_W é utilizado.

A refrigeração solar passiva é alcançada quando o teto está a ensombrar a beira da janela virada para o sol. Neste caso, o beiral é desenhado para excluir a luz solar e a energia associada vinda do interior do edifício. Alternativamente, as janelas podem ser pintadas com

um material que reduza a quantidade de luz solar que entra no edifício. Outra forma de obter refrigeração de energia solar passiva é combinando a sombra com ventilação natural.

O aquecimento solar passivo é a captura e conversão de energia solar em energia térmica. A tecnologia de aquecimento solar passivo pode ser tão simples como usar um estendal para secar roupa ao ar livre, ou projetar um edifício para captar luz solar durante o Inverno. Neste último caso, o edifício pode ser orientado para guardar luz solar durante períodos mais frios. A luz solar pode entrar no edifício através de janelas devidamente posicionadas que não são sombreadas por um beiral, ou através de janelas incorporadas nos telhados. A luz solar pode aquecer o interior do edifício e fornecer iluminação natural. O uso da iluminação natural, na quantidade adequada, sempre que tal for possível, pode reduzir substancialmente os custos de iluminação artificial.

Em qualquer edifício, quer se trate de edifícios em construção quer de edifícios existentes, a energia solar pode ser totalmente controlada através de um bom isolamento térmico devidamente estudado para cada caso concreto. O isolamento térmico pode reduzir o consumo de energia para condensação do ar no Verão e para aquecimento no Inverno. A qualidade do isolamento térmico de uma parede com a geometria mostrada na Figura 101, pode ser expressa em termos de condutividade térmica e resistência térmica.

A taxa do fluxo de calor que passa através das paredes isoladas conforme mostra a Figura 101, depende da espessura da parede **(h_{wall})**, área da secção transversal (A), direção do fluxo de calor, e a diferença de temperatura entre a face da parede exposta e a face interior da parede. A diferença de temperatura entre as duas faces da parede pode ser definida por **(ΔT_{wall})**, a temperatura da face exposta **(T_{high})** menos a temperatura da face interior **(T_{low})**, assim temos:

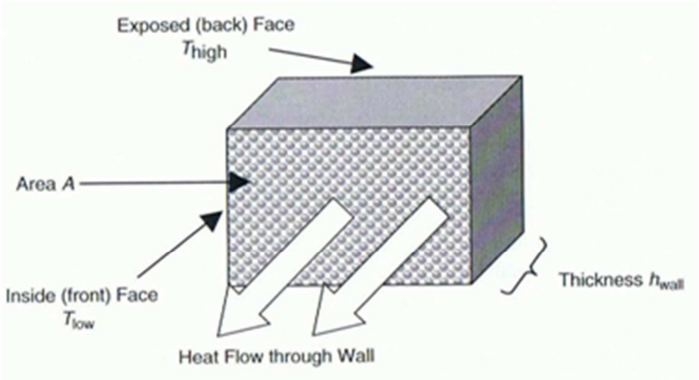


Figura 101
Esquema da condutibilidade térmica através de parede isolada
Fonte:http://www.geocities.com/mleandror/indiceI.htm

$\mathbf{\Delta T_{wall} = T_{high} - T_{low}}$

pelo que, a taxa de fluxo de aquecimento através da parede isolada $\mathbf{H_{wall}}$ é:

$H_{wall} = k_{wall}\ A\ (\Delta T_{wall} / h_{wall}) = k_{wall}\ A\ (T_{high} - T_{low} / h_{wall})$

onde $\mathbf{k_{wall}}$ é uma constante de proporcionalidade chamada de condutividade térmica. A condutividade térmica é uma medida de fluxo de calor através de um material e depende desse material. Os metais têm condutividade térmica relativamente elevada. Por exemplo, a condutividade térmica do cobre é de $386Wm^{-1} * K^{-1}$. Em contrapartida, a condutividade térmica do tijolo cerâmico é de $0{,}15Wm^{-1} * K^{-1}$.

No entanto a condutividade térmica e a resistência térmica têm uma relação inversa:

R= hwall / Kwall

A resistência térmica (R) é proporcional à espessura ($\mathbf{h_{wall)}}$ do isolante térmico que aumenta a resistência térmica e reduz o fluxo de calor através do isolamento da parede. Utilizando os exemplos anteriores, 1m (metro) de espessura de parede de cobre com uma condutividade térmica de $386Wm^{-1} * K^{-1}$ tem uma resistência térmica de 1m/[$386Wm^{-1} * K^{-1}$=0,0026m^2K/W]. Para comparação, uma parede de 1m de espessura em tijolo cerâmico com uma condutividade térmica de 0,15W/(m K) tem uma resistência térmica de 1m/[0,15 W/(m K)] = 6,7m^2K/W.

O isolamento térmico pode ser considerado como um bom exemplo de uma tecnologia solar passiva, sendo também uma tecnologia que obtém bons resultados na conservação energética. O isolamento térmico em paredes e coberturas pode manter uma temperatura baixa durante o Verão e manter o calor durante o Inverno. Consequentemente, o isolamento térmico pode reduzir o consumo de energia quer para o aquecimento quer para o arrefecimento dos espaços.

Quanto à energia solar passiva, trata-se de uma energia obtida a partir dos raios solares transformando estes noutras formas de energia: térmica e energia elétrica. As tecnologias usadas nestas transformações, são tipicamente sistemas mecânicos cuja função é captar e concentrar a energia solar.

Esta energia, tanto na sua aplicação mais simples - para obtenção de água quente - como outras aplicações já referidas, representa uma poupança energética significativa e é uma das formas mais comuns do aproveitamento dos raios solares, face à grande diversidade e alto rendimento das tecnologias disponíveis no mercado.

3.1.8.2 Centrais Solares e Torres de Potência

Tendo em conta a necessidade de preservar o meio ambiente, independentemente dos elevados custos iniciais nas diversas tecnologias disponíveis para a captação de energia solar, é cada vez mais necessário que se construam grandes centrais solares de forma a daí facilitar o acesso às energias renováveis daí provenientes, a uma grande parte das populações, e com tendência, a médio prazo, para o fornecimento à sua totalidade. As centrais solares são projetadas para providenciar uma capacidade elétrica à mesma escala que as centrais dependentes da energia nuclear ou de combustíveis fósseis. Nelas são utilizados materiais reflectores como espelhos (chamados heliostatos) para concentrar energia solar bem como outros tipos de painéis.

As Torres de Potência são um tipo de central solar, esquematizada na Figura 102, em que o campo de heliostatos é uma grande área circular, os espelhos helioestáticos seguem o movimento do sol e estão dispostos em anéis à volta da torre central recetora. Os heliostatos concentram a luz solar no recetor que está no topo da torre. O calor da energia solar aquece um fluido dentro do recetor.

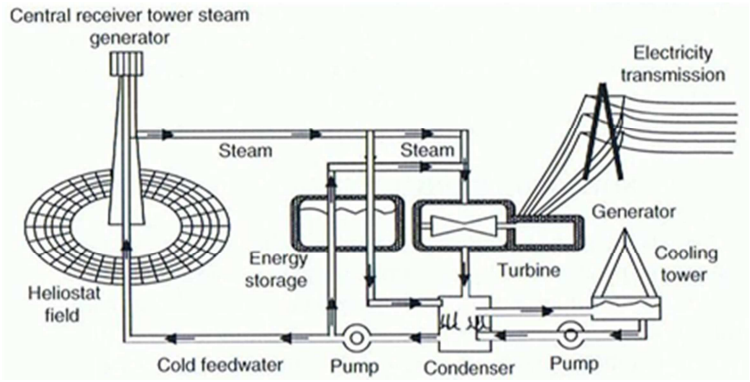


Figura 102
Esquema de uma central solar ou torre de potência
Fonte: http://www.geocities.com/mleandror/indiceI.htm

Apresentamos na Figura 103, um esquema de geometria dos espelhos heliocêntricos relativamente à estação central de receção. Os heliostatos têm de ter a capacidade de rodar de modo a otimizar a absorção de luz na estação central de receção. O controlo da orientação permanente dos heliostatos é feito automaticamente através de sistemas computorizados para que a sua orientação seja em simultâneo, aquela em que o sol possa ter ao longo dos dias do ano, uma incidência total sobre cada um deles, porque só assim a capacidade de produção pode ser bem rentabilizada.

A primeira central solar baseada no conceito das torres de potência foi construída no deserto de Mojave perto Barstow, na Califórnia, no ano de 1980. Esta central usava 1900 heliostatos para refletir a luz solar para o recetor localizado a 91,5 metros na torre central.

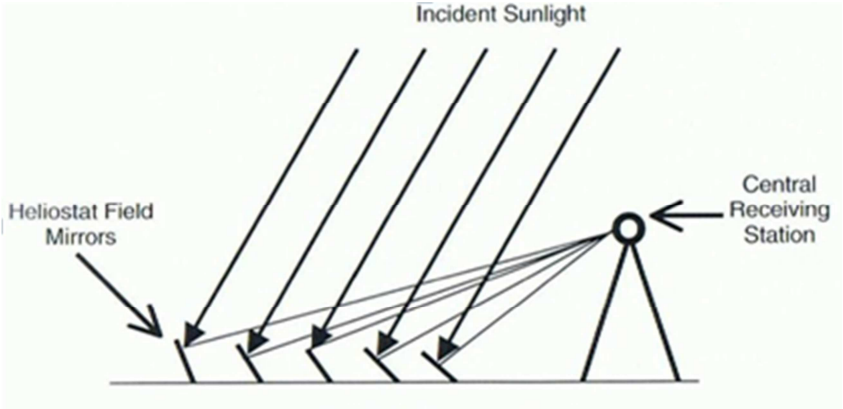


Figura 103.
Esquema da disposição dos espelhos face à torre de potência
Fonte: http://www.geocities.com/mleandror/indiceI.htm

A luz solar absorvida gerava calor para criar vapor. O vapor era utilizado para acionar turbinas e, em conjunto com os geradores, produzir energia elétrica ou, caso possível o vapor ser armazenado, para mais tarde utilizar.

Esta primeira torre de potência, batizada de «Solar One», demonstrou a viabilidade de armazenar energia solar e convertê-la em energia elétrica. Era uma central com capacidade de 10 MW em que o calor do fluido de transferência usado era o vapor. Entretanto, as instalações da «Solar One» foram modificadas para usar nitrato de sal fundido como fluido de transferência de calor. A instalação modificada foi denominada de «Solar Two», que melhorou a eficiência da transferência de calor e o armazenamento térmico para os 15 MW conforme previa o projeto.

3.1.8.3 A eficiência da sua conversão energética

Qualquer objeto exposto à radiação solar aquece, mas simultaneamente tem perdas por convecção, radiação e condução. No entanto, chega o momento em que as perdas térmicas se equilibram e ficam iguais aos ganhos, devido, ao fluxo energético incidente, atingindo-se aí a temperatura de equilíbrio, sendo o objetivo o de extrair uma parte do calor produzido que será a energia útil a utilizar. O coletor irá emitir radiação térmica de acordo com a lei de

Stefan[63]-Boltzmann[64], ou seja, segundo esta lei, a energia radiante total que emite um corpo negro por unidade de superfície (W) é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta (T), sendo expressa pela seguinte expressão matemática: $W = \sigma T^4$, onde σ é a chamada constante de Stefan-Boltzmann, que tem o valor de 5,6697 x 10^{-8} W/m^2K^4. Esta lei permite calcular o poder emissor de um corpo quando a temperatura no coletor é mais elevada do que a temperatura ambiente. Esta importante lei diz que a energia de radiação ($\Delta Q_{rad)}$ através de uma superfície (A) de um objeto, a uma temperatura absoluta (T) que circunda a uma temperatura absoluta ($T_{e)}$ durante o intervalo de tempo (Δt) é:

$$\Delta Q_{rad}/\Delta t = A.\ e.\ \sigma(T^4 - T_e^4)$$

onde (σ) é a constante de Stefan-Boltzmann, e (*e*) é a emissividade térmica do objeto, a temperatura absoluta (T). A emissividade térmica é uma quantidade adimensional, e a emissividade térmica de um corpo negro é 1. E assim a temperatura de um coletor solar térmico irá aumentar até que o equilíbrio térmico seja estabelecido.

O equilíbrio térmico considera e inclui a entrada e a perda da energia, embora:

$$E_{input} = E_{output} + E_{loss}$$

A eficiência da conversão energética η_{shc} do coletor solar térmico é então dado por:

$$\eta_{shc} = E_{output}/ E_{input} = 1 – (E_{loss}/ E_{input})$$

A eficiência ($\eta_{shc)}$ depende do aumento na temperatura relativa para a temperatura ambiente, da intensidade da radiação solar e da qualidade da insolação térmica. Um exemplo de uma expressão para a eficiência ($\eta_{shc)}$ para o coletor solar térmico com insolação é:

$$\eta_{Shc} = a_0 + b_0\ (T - T_{amb})\ (Ismax/I_s)$$

onde ($a_{0)}$ e ($b_{0)}$ são constantes empíricas, ($T_{amb)}$ é a temperatura ambiente em graus Célsius, (T) é a temperatura do coletor solar térmico num dado momento em graus Célsius, ($I_{s)}$ é a intensidade da incidência solar num dado momento, e ($I_{smax)}$ é a intensidade solar máxima observada no local onde o coletor solar térmico se encontra.

[63] Físico austríaco: Joseph Stefan (1835-1893)
[64] Físico austríaco: Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906)

Hayden (2001,140) apresenta um exemplo da eficiência da conversão energética para um coletor solar térmico caracterizado pelas constantes empíricas a_0 = 80%; b_0 = - 0,89/˚C e a localização da intensidade solar máxima I_{smax} = 950 W/m^2. A eficiência ($\eta_{shc)}$ vem em percentagem para essas constantes e as temperaturas (T), em graus Célsius. O sinal negativo na constante empírica ($b_{0)}$ mostra que um aumento de temperatura (T) do coletor solar térmico relativamente à temperatura ambiente ($T_{amb)}$, causa a diminuição da eficiência, e a diminuição da intensidade solar incidente ($I_{s)}$ do seu valor máximo ($I_{smax)}$ causando a diminuição da sua eficiência. A intensidade solar incidente ($I_{s)}$ pode diminuir mais de 50% com tempo nublado relativamente ao ($I_{smax)}$.

A eficiência da conversão de energia solar para calor diminui porque há menos energia solar absorvida no coletor. Um aumento da temperatura (T) do coletor solar térmico relativamente à temperatura ambiente ($T_{amb)}$ causa a diminuição da intensidade devido a perdas de energia associadas à conveção e radiação térmica. A perda de energia por esta via causa também o decréscimo da eficiência de conversão energética, de onde se pode concluir da necessidade absoluta, de ter em consideração antecipadamente a execução de todos os estudos adequados para que não sejamos surpreendidos com diferença entre a eficiência energética esperada e a obtida.

3.1.8.4 Energia solar térmica

Esta designação de energia solar está relacionada com o aproveitamento do sol para produzir calor que pode ser usado para o aquecimento de águas, podendo estas servir para utilizar no aquecimento de edifícios, de piscinas, balneários ou, para usos sanitários e lavagens diversas, quer ao nível doméstico ou industrial. Podendo ainda ser usada em equipamentos de refrigeração que funcionem através da absorção de calor.

Os Sistemas solares térmicos atualmente instalados na Europa são predominantemente constituídos por uma “caixa metálica”, termicamente bem isolada na sua parte posterior, provida de uma cobertura transparente, instalada na sua parte frontal (normalmente com vidro), proporcionando o efeito de estufa no interior do coletor; uma placa metálica de cor escura, que absorverá o máximo de radiação solar, e um conjunto de tubos ligados a esta, no interior, nos quais a água circula e aquece.

Existem dois tipos de sistemas: um primeiro por circulação em termo sifão em que a água aquecida pelo Sol no coletor, sobe «empurrando» a água mais fria do depósito,

forçando-a a tomar o seu lugar, descendo, para subir novamente quando, por sua vez fôr aquecida, o depósito ficar acima do coletor, se não dá-se o fenómeno inverso quando já não houver sol (termo sifão invertido); um segundo sistema, por circulação forçada, usado normalmente quando as necessidades são mais elevadas, ou seja, para grandes sistemas em geral, sendo neste caso necessário usar bombas eletrocirculadoras para movimentar o fluido térmico sendo este, normalmente, uma mistura de água com um anticongelante. A bomba poderá ser comandada por um sistema de controlo automático. Uma boa parte da capacidade de produção é usada em unidades unifamiliares para o abastecimento de águas quentes sanitárias. Outra parte é usada em edifícios multiusos, no aquecimento de águas para fins sanitários e em circuitos para aquecimento e refrigeração desses edifícios. Há países, nomeadamente a Dinamarca, Suécia, Alemanha e Áustria em que a energia solar térmica é também usada para produzir calor e colocá-lo em grandes redes de distribuição destinadas ao aquecimento urbano.

A tecnologia solar térmica existente tem capacidade para fornecer todas as necessidades de aquecimento, arrefecimento e de águas sanitárias de um qualquer tipo de edifício, sendo para isso fundamental que o sistema de isolamentos térmicos usados nestes edifícios sejam projetados e executados tendo em conta e cumprindo as regras definidas, quer na legislação própria existente quer em termos de boa execução.

A tecnologia solar, tal como outras tecnologias no âmbito das energias renováveis, está em constante desenvolvimento. Assim, os desenvolvimentos tecnológicos que a curto prazo são esperados, irão melhorar a competitividade da tecnologia e facilitar a expansão do mercado de energia solar térmica. Estas melhorias da tecnologia incluem o desenvolvimento de novos sistemas que irão incorporar coletores superiores com base em materiais poliméricos avançados, o isolamento a vácuo e sofisticados meios de armazenamento de calor, combinado com os controles de gestão inteligente de calor. Esses sistemas poderão ser integrados em edifícios novos, remodelados, ou adaptados, para fornecer águas quentes, aquecimento e arrefecimento.

3.1.8.4.1 O impacto ambiental das centrais e coletores solares

As centrais solares, quaisquer que sejam, ocupam áreas significativas de terreno, o que implica alterações locais paisagísticas após a sua implantação. Têm a enorme vantagem

de serem utilizadas para a captação e produção de energia proveniente de fonte renovável e limpa.

Têm como principal impacto negativo a ocupação de áreas com maior ou menor dimensão, que, por vezes, face à existência de algum tipo de floresta, ou alguns relevos naturais, têm de ser transformadas, ficando assim o meio ambiente alterado e provocando inclusive a eventual retirada desses locais de algumas floras e faunas que aí, antes estavam instaladas.

Consequentemente o aspeto visual após a montagem das centrais poderá não ser muito agradável dada a concentração de equipamentos instalados substituindo a paisagem natural.

Mas, os impactos positivos sobrepõem-se aos negativos se considerarmos as enormes vantagens provenientes da obtenção de energias limpas e renováveis em quantidades significativas é obtida a partir dessas centrais instaladas e a existência de qualquer tipo de poluição com a produção de energia pelas centrais solares.

Relativamente aos coletores solares, estes também produzem algum impacto negativo do ponto de vista visual, uma vez que, quando a sua localização não é cuidadosamente estudada, podem ficar aparentemente desenquadrados do local que os acolhe. No entanto, não significa que esse aspeto menos agradável à vista, possa de alguma maneira interferir nas enormes vantagens retiradas com o aquecimento das águas para os mais diversos fins, a partir da energia solar.

3.1.8.4.2 Os coletores solares térmicos e seus custos

Os coletores solares são aquecedores de fluidos (líquidos ou gasosos) e são classificados em coletores concentradores e coletores planos em função da eventual existência de dispositivos de concentração da radiação solar. O fluido aquecido é mantido em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final. A Figura 103 é um esquema de um coletor solar térmico. A luz solar penetra no coletor através de uma janela feita de um material transparente como o vidro ou o plástico. A janela é concebida para aproveitar a luz solar constituída por radiação eletromagnética com uma enorme variedade de frequências. A janela do coletor solar térmico é transparente à radiação solar incidente e opaca à radiação infravermelha.

A zona de absorção de calor, ou seja, a placa do coletor solar térmico, é uma superfície de cobre escurecida, que é aquecida por absorção da energia solar. Quando a superfície absorvente da placa do coletor solar aquece, emite radiação infravermelha. A luz solar entra pela janela e o calor é absorvido pela placa absorvedora, sendo emitida sob a forma de radiação infravermelha. As estufas funcionam através deste princípio, em que as janelas permitem a entrada de luz solar mas não permitem a saída de radiação infravermelha. A janela do coletor solar térmico não é transparente à radiação infravermelha, de modo que a radiação infravermelha é retida no coletor.

O coletor solar térmico tem meios para a transformação da energia recolhida para energia útil. A transferência de calor dá-se por um meio fluido como a água que é distribuída através do coletor solar térmico como mostra na Figura 104, e transporta calor para longe do coletor solar térmico para utilização noutros locais. A Figura 105 ilustra um sistema de aquecimento solar para qualquer tipo de utilização.

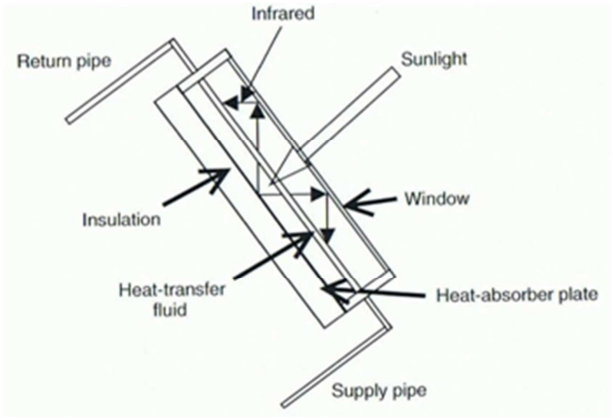


Figura 104
Esquema de funcionamento de um coletor térmico
Fonte:http://www.geocities.com/mleandror/indiceI.htm

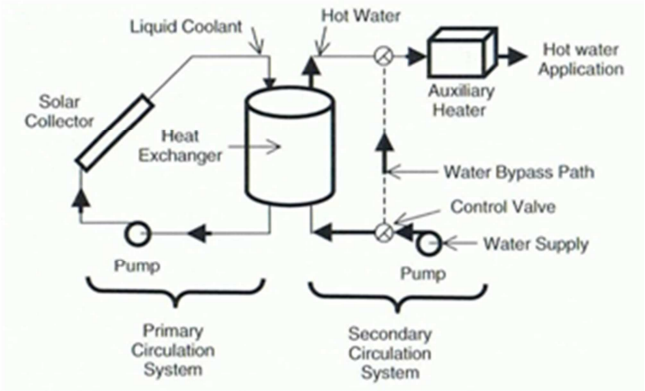


Figura 105
Esquema de um sistema de aquecimento solar
Fonte:http://www.geocities.com/mleandror/indiceI.htm

O referido sistema de aquecimento solar, usa energia solar para aquecer um líquido como a água ou um líquido anti-congelamento. O permutador de calor utiliza o calor do líquido refrigerante, em circulação no sistema primário, para aquecimento da água no sistema

de circulação secundária. A válvula de controlo na parte inferior direita da figura permite à água ser adicionada ao sistema de circulação secundária. O aquecedor auxiliar, localizado na parte superior direita do sistema, é incluído no sistema para complementar o fornecimento de calor do coletor solar, fazendo-se uma chamada de atenção para o facto da transformação de energia solar não ser um processo contínuo.

Um suplemento de energia ou um sistema de armazenamento de energia solar devem ser incluídos na conceção do sistema de aquecimento para assegurar a disponibilidade contínua de calor a partir deste sistema de aquecimento solar. Trata-se, por excelência, do aproveitamento da energia do sol para com ela se proceder ao aquecimento de águas.

Estes sistemas estão concebidos, para que com muita facilidade, a sua utilização possa ser individual ou coletiva. A avaliação dos custos de investimento associados aos coletores solares, em termos económicos, deve ser feito quantificando os benefícios obtidos com a aquisição do sistema e o tempo de retorno para esse investimento, isto é, o quociente entre o custo do investimento inicial e as poupanças médias esperadas por ano. Estas serão calculadas considerando, a existência de um sistema solar, que origina a redução do valor da fatura das energias convencionais no valor médio equivalente à energia fornecida pelo sistema solar.

Estes investimentos gozam de incentivos governamentais com alguns benefícios fiscais conforme legislação aplicável já aqui referida (ver Quadro 7). Isso acontece em virtude de se tratar de um energia renovável e limpa, cujo consumo em detrimento de outra poluente contribui para a sustentabilidade ambiental do nosso planeta.

Normalmente os investimentos nestes sistemas têm o seu retorno num período de tempo entre os 6 e os 9 anos, o que é considerado um bom investimento uma vez que a vida útil dos equipamentos se situa em cerca de 15 anos. Estamos a falar na tecnologia que atualmente existe, porque, à medida que esta se desenvolve os custos tenderão a baixar tornando o investimento ainda mais atraente.

3.1.8.4.3 As possibilidades e/ou vantagens no uso desta energia em Museus

A energia solar é uma fonte energética renovável e limpa em que a tecnologia existente para a sua captação e transformação está bastante desenvolvida. Destacamos a energia solar térmica que serve essencialmente para a produção de água quente.

A energia solar térmica é muito importante, uma vez que possibilita a instalação individual ou coletiva de sistemas para o aquecimento de águas, podendo estas ser utilizadas no aquecimento de águas para consumos correntes e para aquecimento de edifícios entre outras aplicações.

Nos Museus, torna-se relativamente fácil a sua implementação, pois os sistemas disponíveis adaptam-se facilmente a qualquer local com resultados práticos muito satisfatórios.

Trata-se apenas de se dimensionar as necessidades de águas quentes, escolher o tipo de coletores a instalar, locais disponíveis tendo em conta o enquadramento no local e, os menores percursos das tubagens até ao seu destino final.

Estamos assim, perante uma quase obrigatoriedade de instalar, em qualquer tipo de Museu, esta energia renovável que pode ser sempre complementada por qualquer fonte de energia.

3.2 Energia solar fotovoltaica

Esta energia é aquela que com maior facilidade face ao seu desenvolvimento técnico se pode adaptar para múltiplos tipos de aplicação e uso em qualquer tipo de edifício destinado a museu ou centro de cultura ou em local isolado próximo ou afastado destes. Sendo por isso uma boa razão para neste trabalho lhe dedicarmos um maior desenvolvimento num subcapítulo próprio.

Assim, sendo o Sol a fonte principal de energia do nosso planeta, é com a presença dele que todos os seres vivos existentes na Terra vão conseguindo viver. É um recurso inesgotável e constante.

Entre os países da União Europeia, Portugal Continental apresenta um dos mais elevados recursos solares. Num dia de céu limpo, a radiação incidente junto à superfície terrestre num plano perpendicular à radiação direta é aproximadamente de 1000 W/m2. Na Figura 106 pode ver-se a carta de Portugal relativa à irradiação solar e o potencial elétrico fotovoltaico anual numa superfície horizontal.

No entanto, se a orientação das células ou dos módulos fotovoltaicos for otimizada com a melhor inclinação face à incidência do Sol, os valores da irradiação solar e o seu potencial elétrico fotovoltaico anual aumentam significativamente conforme se poderá observar na Figura 107.

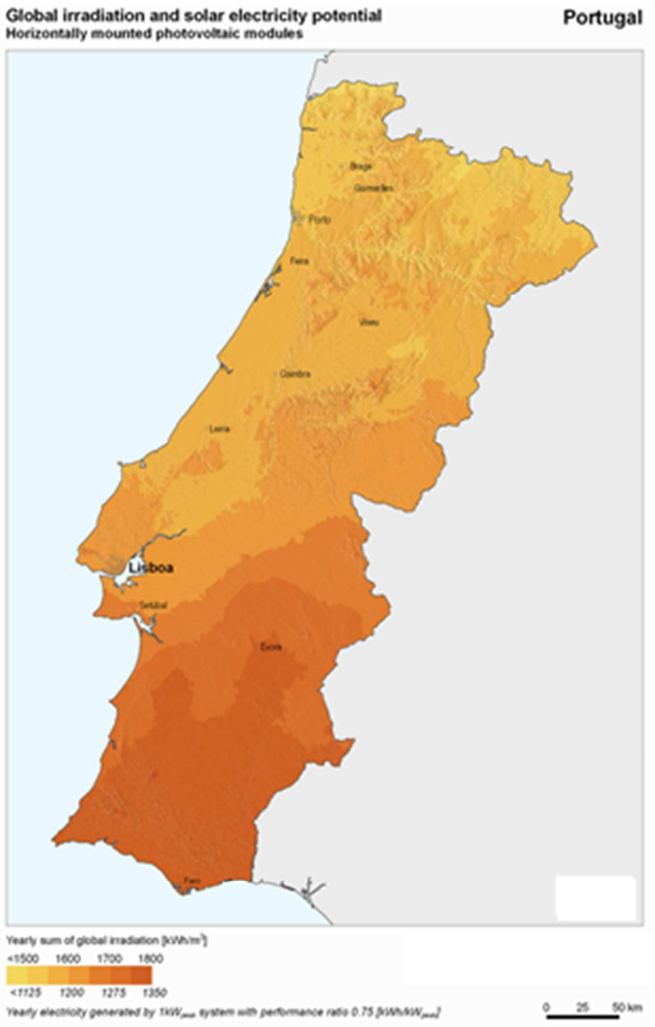


Figura 106
Distribuição solar em superfície horizontal e seu potencial elétrico
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_opt/pvgis_solar_optimum_PT.png

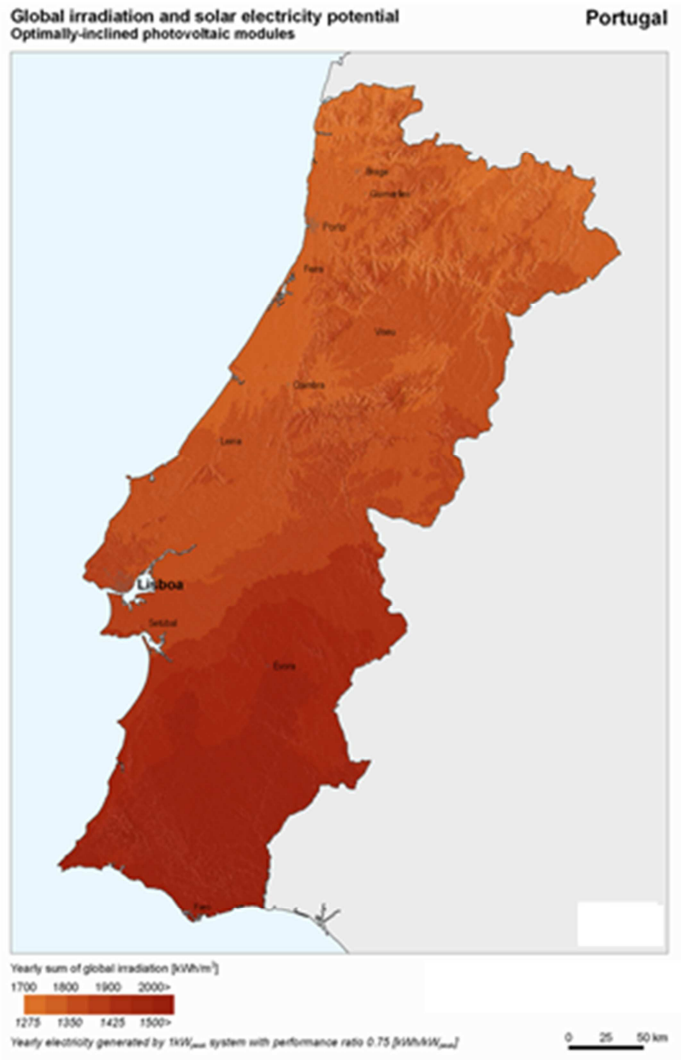


Figura 107
Distribuição solar em superfície inclinada optimizada e seu potencial elétrico
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eu_opt/pvgis_sola_optimum_PT.png

A energia solar é, sem dúvida, a fonte de energia alternativa mais atraente para o presente e para o futuro pois, para além de ser uma energia limpa e renovável e das suas características de não poluir o ambiente, a sua quantidade disponível para a conversão em energia eléctrica é várias vezes superior ao atual consumo energético mundial. São estas as circunstâncias que estão a propiciar a atualidade deste tema e o aproveitamento máximo da radiação solar.

O Sol envia para o nosso planeta inesgotáveis radiações que, sendo aproveitadas usando o equipamento apropriado, fornecerá toda a energia que precisamos.

Interpretando a palavra “fotovoltaico”, (da palavra “photo”, significa “luz” e o sufixo “voltaico” refere-se à “eletricidade produzida por uma reação química”). A tecnologia

fotovoltaica hoje existente e devidamente desenvolvida e permite converter diretamente a energia solar em energia elétrica.

A energia solar fotovoltaica converte os raios solares em energia elétrica através das células solares e dos módulos ou painéis fotovoltaicos, e a partir do momento da instalação do processo de produção a energia gerada pode ser consumida diretamente, armazenada em baterias apropriadas ou, lançada diretamente na rede geral de distribuição, sendo neste caso necessário, usar um outro equipamento chamado de inversor, uma vez que esta eletricidade é produzida sob a forma de corrente contínua, com a função de transformar a corrente contínua em corrente alternada, e assim pode ser usada em todos os equipamentos elétricos disponíveis com as mais diversificadas funções.

3.2.1 Breve história da energia solar fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica teve o seu ponto de partida no ano de 1839 com a descoberta do efeito fotovoltaico por Alexandre Edmond Becquerel, físico francês que, com 19 anos de idade, observou pela primeira vez o paramagnetismo do oxigénio líquido. Fazia experiências eletroquímicas quando, por acaso, investigou que a exposição à luz de elétrodos de platina ou de prata originava o efeito fotovoltaico e a partir deste proporcionou a construção da primeira célula fotovoltaica.

Na sequência desta descoberta, desenvolveu-se, em 1877, o primeiro dispositivo para produção de eletricidade, com uma camada de selénio depositado num substrato de ferro em que uma outra camada de ouro muito fino servia de contacto frontal. Este mecanismo oferecia uma eficiência[65] de conversão da energia solar em energia solar fotovoltaica de aproximadamente 0,5%.

No entanto, Charles Fritts[66] duplicou essa eficiência para cerca de 1%, poucos anos depois, construindo a primeira verdadeira célula solar, fazendo essas células com base em selénio, primeiro com uma camada muito fina de ouro e depois uma sanduíche de selénio entre duas camadas finíssimas de ouro e outro metal.

Foi Russel Ohl[67], em 1941, quem inventou a primeira célula solar fotovoltaica de silício, no entanto considera-se que a era moderna da energia solar fotovoltaica começou em

[65] A eficiência de conversão, ou rendimento, de uma célula fotovoltaica é definido como o quociente entre a potência da luz que incide na superfície da célula fotovoltaica e a potência elétrica disponível nos seus terminais.
[66] Cientista Americano, que em 1883 criou a primeira genuína célula fotovoltaica.
[67] Engenheiro Americano, (January 1898-March 1987)

1954, quando Calvin Fuller, químico americano dos Bell Laboratories, em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, desenvolveu o processo chamado de dopagem[68] do silício. Fuller partilhou a sua descoberta com o físico Gerald Pearson, seu colega nos Bell Labs e este, seguindo as instruções de Fuller, produziu uma junção p-n (silício do «tipo p» como sendo a carga positiva e silício do «tipo n» como sendo a carga negativa, o que, em conjunto, origina um campo elétrico permanente), ou díodo, mergulhando num banho de lítio, uma barra de silício dopado, com um elemento doador eletrónico.

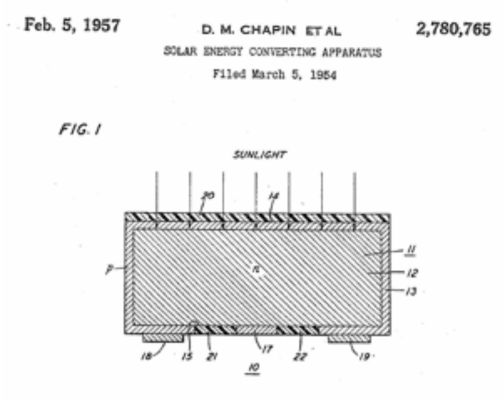

Feb. 5, 1957 D. M. CHAPIN ET AL 2,780,765
SOLAR ENERGY CONVERTING APPARATUS
Filed March 5, 1954
FIG. 1
SUNLIGHT

Figura 108
Extracto da patente da primeira célula solar registada, em Março de 1954 por D. M. Chapin
Fonte: Gazeta de Física: Meio século de história fotovoltaica

Ao caracterizar eletricamente a amostra, Pearson descobriu que esta exibia um comportamento fotovoltaico e partilhou a descoberta ainda com outro colega, Daryl M. Chapin, que tentava sem sucesso arranjar uma alternativa para as baterias elétricas que alimentavam as redes telefónicas.

As primeiras células solares assim produzidas tinham alguns problemas técnicos que foram superados pela química quando Fuller dopou silício, primeiro com arsénio e depois, com boro, obtendo células com uma eficiência recorde de cerca de 6%. Em 1954, Daryl M. Chapin e colaboradores, da Coompanhia Bell Laboratory, nos Estados Unidos da América, publicaram um primeiro artigo sobre células solares em silício e em simultâneo registaram a patente de uma célula com uma eficiência de 4.5% (Figura 108).

A primeira célula solar foi formalmente apresentada na reunião anual da National Academy of Sciences, em Washington, e anunciada numa conferência de imprensa a 25 de Abril de 1954. No ano seguinte, 1955, as células de silício viram a sua primeira aplicação com enorme êxito, como fonte de alimentação de uma rede telefónica em Americus, na Geórgia (Figura 109). Tratou-se de um painel solar construído com nove células de 30mm de diâmetro cada.

[68] A influência do alumínio nas propriedades estruturais e eletrónicas no Silício Amorfo



Figura 109
Aplicação de célula solar em rede telefónica, Americus, na Geórgia, E. U. A.
Fonte:http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html

Embora os resultados desta experiencia tivessem sido extraordinários, percebeu-se desde logo que o preço a que ficavam as células era muito elevado e assim só deveriam ser usadas em aplicações consideradas muito especiais, como sendo a produção de energia eléctrica no espaço.

No entanto, e apesar da constatação dos bons resultados obtidos com células solares, estas eram consideradas uma curiosidade e, foi até com grande dificuldade que a NASA[69] aceitou incorporá-las, como reserva de pilha tradicional, no Satélite Vanguard I, lançado em Março de 1958 (Figura 110). A pilha química tradicional falhou, mas um pequeno painel solar instalado, com cerca de 0,01m2, que produzia cerca de 0,1W, manteve com êxito o transmissor em pleno funcionamento tendo por isso superado todas as expetativas: o Satélite manteve-se operacional durante cerca de oito anos. Após a demonstração desta enorme fiabilidade, durabilidade e reduzido peso, os Estados Unidos optaram por esta fonte de energia para, a partir desta altura, equiparem todos os seus Satélites. Este exemplo também foi seguido pelo Governo Soviético uma vez que começou também a equipar os seus Satélites com esta fonte de energia fiável e realmente inesgotável.

[69] **N**ational **A**eronautics and **S**pace **A**dministration (Agência Espacial Americana)



Figura 110
Imagem do Satélite Vanguard I
Fonte:http://www.nrl.navy.mil/vanguard50/

O uso das células solares nos programas espaciais destas duas grandes potências nos anos sessenta do século XX, teve resultados muito positivos originando a partir daí alguns avanços tecnológicos importantes no que se refere à obtenção de maior eficiência das células solares, mas sem contudo serem mais económicas. Foi a partir desta década que começaram a surgir as primeiras aplicações terrestres das células solares.

A SOLAREX, empresa de Jospeh Lindmeyer[70], foi a primeira a produzir painéis solares fotovoltaicos para aplicação terrestre em sistemas de telecomunicações e de navegação. Estas aplicações muito específicas foram, na altura, as únicas que economicamente interessavam devido à inexistência de fontes de energia alternativas à eletricidade solar.

A subida do preço do petróleo em quadriplicado, com a crise petrolífera ocorrida no Outono do ano de 1973, originou um súbito investimento em programas de investigação com o objetivo de reduzir o custo de produção das células solares fotovoltaicas. Algumas das tecnologias financiadas por estes programas revolucionaram as ideias sobre o processamento das células solares. É o caso da utilização de novos materiais, nomeadamente o silício multicristalino ou de métodos de produção de silício diretamente em fita. Outra inovação particularmente interessante do ponto de vista de redução de custos foi a deposição de contactos por serigrafia em vez das técnicas tradicionais. Os resultados obtidos com todos estes avanços foi a redução do custo da eletricidade solar em cerca de seis vezes e meia, em menos de uma década, ou seja, passou de 80$/Wp para 12$Wp. A eficiência de conversão das células solares, ultrapassou pela primeira vez a barreira dos 20% pelas células de silício monocristalino, segundo estudos levados a cabo pela Universidade de New South Wales, na Austrália.

[70] Físico Húngaro, especialista no aproveitamento da energia solar e fundador da SOLAREX, empresa Americana especialista na produção de painéis solares fotovoltaicos.

Nas décadas de oitenta e noventa do século passado houve um maior investimento em programas de financiamento e de demonstração motivados sobretudo pela consciência crescente da ameaça das alterações climáticas devido à queima e escassez de combustíveis fósseis. Exemplos dessas preocupações são a instalação da primeira central solar de grande envergadura em 1982 na Califórnia com a capacidade de 1 MWp, e o lançamento dos programas de «telhados solares» na Alemanha em 1990 e no Japão em 1993. Os Governos compreenderam então que a criação de um verdadeiro mercado fotovoltaico não poderia basear-se apenas no desenvolvimento tecnológico, aumentando a eficiência das células como aconteceu na época da corrida ao espaço, ou reduzindo o seu custo de produção como depois da crise petrolífera, mas também pela via de uma economia de escala: quanto maior é a quantidade de células fabricadas menor será o seu custo unitário. Um exemplo do impacte deste tipo de política fica bem claro quando se consultam as conclusões de um estudo sobre células solares e fabricação de módulos, financiado pela Comissão Europeia, e designado por «MUSIC FM», coordenado pelo então Doutorando Erik Alsema[71] entre 1991 e 1996, tendo mostrado que, utilizando tecnologia atual, uma fábrica de painéis solares com uma produção na ordem dos 500 MW anuais conduziria a uma redução nos custos dos painéis solares para valores competitivos com a energia convencional de 1 euro/Wp.

Foi através do resultado de iniciativas que estimularam o mercado fotovoltaico, nomeadamente como aconteceu com a lei Alemã que garantia as tarifas, que originou o crescimento enorme do mercado da eletricidade proveniente da energia solar verificado no final dos anos noventa e princípio do atual século: em 1999 o total acumulado de painéis solares atingia a fasquia do primeiro Gigawatt (GW), para, três anos depois, o total acumulado ser já o dobro.

Como era de esperar face à necessidade absoluta do uso da energia solar fotovoltaica, o seu desenvolvimento tecnológico não pára. Em 1998 foi atingida a eficiência recorde de 24,7%, com células em silício monocristalino, e recentemente, o grupo do Fraunhofer Institut for Solar Energy Systems anunciou uma eficiência superior a 20% para células em silício multicristalino. Células solares com configurações mais complexas, as chamadas células em cascata que consistem na sobreposição de várias camadas de semicondutores em série, a fim de aumentar a intensidade e o rendimento de conversão que poderá chegar a 34%, embora o seu custo ainda seja bastante elevado.

[71] Pesquisador em Ciência, Tecnologia e Sociedade na Universidade de Utrecht, na Holanda e de nacionalidade Holandesa

A European Photovoltaic Industry Association (EPIA) publicou, no ano de 2004, as perspetivas para a indústria fotovoltaica nas próximas décadas. Previu um crescimento do mercado em cerca de 30% ao ano, acompanhado de uma redução dos custos proporcional ao crescimento dos painéis instalados, a EPIA prevê que em 2020 cerca de 1% da eletricidade consumida mundialmente seja de origem fotovoltaica, elevando-se essa percentagem para cerca de 26% no ano de 2040. Segundo a mesma publicação, do ponto de vista tecnológico será dado ênfase à redução de custos por via da matéria-prima (silício) utilizada por unidade de potência instalada, usando células mais finas ou produzidas diretamente em fita. Salienta-se também o desenvolvimento de novos métodos e técnicas para a soldadura dos contactos elétricos entre células individuais que atualmente dificultam bastante a automatização dos processos de montagem de painéis solares.

Assim, decorrido um pouco mais de meio século desde a construção da primeira célula solar de silício, a tecnologia fotovoltaica atingiu finalmente uma fase de maturidade permitindo antecipar que, nas próximas décadas, a energia solar fotovoltaica pode vir a transformar-se numa das mais importantes fontes de produção de energia elétrica. Originando um verdadeiro mercado de energia elétrica de proveniência solar sustentável que, nos próximos anos, possa fornecer essa energia a muitos edifícios e lares do planeta, sendo importantíssimos todos os apoios e incentivos governamentais postos à disposição por muitos países, e assim conseguiremos suster os choques petrolíferos e as graves alterações climáticas devido à emissão de gases com o consequente efeito de estufa que põe em causa a sustentabilidade ambiental do nosso planeta.

3.2.2 O Impacto ambiental

Em termos de impacto ambiental, a característica mais importante dos sistemas solares fotovoltaicos é de não haver emissões de dióxido de carbono - o principal gás responsável pelas mudanças climáticas globais -, durante o seu funcionamento. Embora ocorram emissões indiretas de CO2 noutras fases do ciclo da sua vida, estas são significativamente menores do que as emissões evitadas. Estes sistemas não implicam quaisquer outras emissões poluentes ou tipo de preocupações ambientais relacionadas com as tecnologias convencionais, não originando também qualquer poluição, sob a forma de escape ou barulho.

O desmantelamento de um sistema fotovoltaico não é problemático. Embora não produzindo emissões de CO2 durante o seu funcionamento, na fase de produção resultará a emissão de uma pequena quantidade que se situa em cerca de 21,65 gramas de CO2/kWh, dependendo da tecnologia fotovoltaica, o que é muito bom, uma vez que a libertação de CO2 para produção de energia térmica se situa em 900 gramas de CO2/kWh.

Há possibilidades e é usual proceder à reciclagem de módulos fotovoltaicos, todas as suas matérias-primas podem ser reutilizadas, se bem que, o seu posterior rendimento sofra uma redução.

Se os governantes de todos os países elegerem e adotarem massivamente a energia elétrica proveniente da captação desta energia, através de células ou painéis fotovoltaicos, a energia solar pode dar um contributo substancial para os compromissos internacionais na redução das emissões de gases com efeito de estufa e uma decisiva contribuição para a estabilização das alterações climáticas.

No ano de 2030, segundo estudos efetuados pela Greenpeace EPIA-Solar Generation Advanced Cenário, os sistemas solares fotovoltaicos terão reduzido as emissões anuais globais de CO2 em cerca de 1,6 biliões de toneladas. Esta redução é equivalente à produção de 450 centrais de produção de energia elétrica movidas a carvão (com capacidade média de 750 MW). Cumulativamente, a redução de CO2 devido à geração de eletricidade solar, entre 2005 e 2030, terá atingido um nível de 9 biliões de toneladas.

O dióxido de carbono é o responsável por mais de 50% do efeito estufa produzidos pela humanidade, tornando-o o mais importante contribuinte para as alterações climáticas. É produzido principalmente pela queima de combustíveis fósseis. O gás natural é o mais ecológico dos combustíveis fósseis, porque produz aproximadamente metade do dióxido de carbono como o carvão, e menos de outros gases poluentes. A energia nuclear produz muito pouco CO2, mas tem um grande problema de segurança, e outros de poluição associada ao funcionamento e aos seus resíduos.

3.2.3 O seu estado em Portugal

O nosso país, pelas suas especiais condições de recurso solar e pelos incentivos criados (Decreto-Lei 363/2007 - Microgeração), tem sido um dos países, a nível europeu, cujo interesse na energia solar fotovoltaica mais tem aumentado nestes últimos anos. A juntar a este fator, outras duas questões devem ser tidas em conta. A primeira é que, existem

compromissos comunitários que estabelecem a obrigatoriedade de assegurar, em 2010, a produção de 39% de energia elétrica a partir de energias renováveis. Em termos nacionais, a Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005 aprova a Estratégia Nacional para a Energia, em que a produção de eletricidade, com base em energias renováveis, passa de 39% para 45% em 2010. Existem tetos relativos ao Protocolo de Quioto que implicam um limite máximo para as emissões de CO2. A segunda questão que pretendemos focar é a económica, o país atualmente importa cerca de 83 por cento da energia que consome, o que o torna muito dependente do ponto de vista energético daí a importância das energias renováveis ser indiscutível.

Assim, em Portugal, tirando partido, do sol que dispomos, e do desenvolvimento da tecnologia solar fotovoltaica, a produção de energia eléctrica entrou numa nova era. E a energia solar fotovoltaica surge à cabeça dos discursos dos nossos governantes como uma aposta forte para enfrentar a crise económica, e dos agentes económicos que acreditam na possibilidade de criar um forte «cluster português» durante toda esta década. Estima-se que no ano de 2020, este setor possa contribuir para suprir cerca de 4% do consumo elétrico nacional, num total da eletricidade renovável de cerca de 67%. O grande objetivo é que, até 2020, estejam a funcionar produções ligadas à rede geral de distribuição de cerca de 1500,00 MW, sabendo-se que, para o atingir, estamos dependentes da aprovação de nova legislação da microgeração que facilite e incentive os investidores. Caso se concretize esta pretensão, iremos ter condições para realizar mais investigação de onde, consequentemente resultará maior desenvolvimento industrial do setor.

A Associação Portuguesa de Indústria Solar (Apisolar) é da opinião, face aos estudos que efetuou, que, num cenário não otimista é ainda possível atingir com facilidade estes objetivos visto o setor, no final de Outubro de 2009, ter ligado à rede, cerca de 84,30 MW (de pequenas, médias e grandes instalações fotovoltaicas), correspondendo à microgeração (pequenos sistemas) apenas cerca de 8,675 MW.

Assim, com a aprovação de nova legislação para a microgeração, através da Resolução do Concelho de Ministros nº 29/2010 de 15 de Abril de 2010 e da sua concretização prática através do Decreto-Lei 118-A/2010 de de 25 de Outubro, tendo em vista a expansão do conceito de micro-geração e mini-geração (instalações fotovoltaicas com capacidade até 250,00 kW) reunindo os seguintes fatores: direcionamento para o apoio económico e com incentivos fiscais para os investidores, e atuação da indústria e investigação para o desenvolvimento de novas tecnologias no âmbito da produção, então será possível

atingir com facilidade os objetivos para 2020 com os 1500,00 MW de potência instalada em sistemas fotovoltaicos ligados à rede de distribuição geral.

O Decreto-Lei 118-A/2010 veio introduzir alterações significativas ao Decreto-Lei nº363/2007, no que se refere às circunstâncias, normas e benefícios para a produção de energia elétrica por meio de equipamentos com reduzida potência e o Orçamento do Estado de 2011 explicita com rigor os incentivos próprios a deduzir à coleta no IRS das pessoas singulares, que podem atingir até 30% do investimento em novos equipamentos, a utilizar uma vez de quatro em quatro anos, para a produção de energia elétrica ou térmica, e para pessoas coletivas em termos de IRC. O Decreto Regulamentar nº 22/99, de 6 de Outubro, institui um prazo para amortização do investimento de 4 anos correspondente ao pressuposto da vida útil do sistema solar, e em termos de IVA, a Lei nº 109-B/2001, de 27 de Dezembro, possibilita que todos os equipamentos tomados para a captação de energias solares, seja imputada uma taxa reduzida. A Portaria nº 394/2004, de 19 de Abril, admite também incentivos financeiros, que poderão atingir 40% das despesas elegíveis na instalação de sistemas ou equipamentos de produção de energia com base em fontes renováveis, proporcionando que 50% deste valor não seja reembolsável no caso dos beneficiários serem entidades singulares ou privadas.

3.2.4 Situação mundial

No que concerne à potência total instalada e custos significativos dos sistemas fotovoltaicos que existem nos outros países do resto do Mundo, foi uma realidade apreciada por meio de análises estatísticas realizadas pela Agência Internacional de Energia (IEA-PVPS), que reúne e prepara os preços recolhidos que publica, segundo uma classificação direcionada para os sistemas fotovoltaicos, como mencionamos seguidamente:

- off-grid domestic - Sistemas que produzem energia elétrica e fornecem pequenos locais de consumo com necessidades de fracas potências, principalmente em locais afastados dos centros urbanos;
- off-grid non-domestic - Sistemas que geram energia elétrica e alimentam naquele local equipamentos variados como os que encontramos colocados em estradas e autoestradas para controlo de tráfego e, disponibilização de elementos necessários a automobilistas, naves espaciais, aviões comerciais ou navios para auxílio no controlo das suas direções;

• grid-connected distributed - Sistemas que geram energia elétrica e abastecem edifícios de habitação, comércio ou serviços de média ou grandes dimensões que podem estar ligados à rede elétrica de distribuição geral, porquanto a energia produzida, não consumida, será remetida para esta rede geral, sabendo que a potência utilizada nestes sistemas varia entre 0,5 kW e 100 kW;

• grid-connected centralized - Sistemas que produzem energia elétrica e colocam-na unicamente na rede elétrica de distribuição geral.

Na Figura 111 verificamos que nos países apreciados pela IEA-PVPS a potência instalada em sistemas de captação de energia fotovoltaica atingiu no final de 2009, 20.381.000,0 KWp[72], aproximadamente. Ao nosso País correspondem somente cerca de 102.200,0 KWp.

Country*	Cumulative off-grid PV capacity** (kW)		Cumulative grid-connected PV capacity (kW)		Cumulative installed PV power (kW)	Cumulative installed per capita (W/Capita)	PV power installed during 2009 (kW)	Grid-connected PV power installed during 2009 (kW)
	domestic	non-domestic	distributed	centralized				
AUS	40 770	43 140	97 210	2 530	183 650	8,3	79 130	68 570
AUT	3 605		48 991		52 596	6,4	20 209	19 961
CAN	15 190	20 010	12 250	47 120	94 570	2,8	61 850	54 140
CHE	4 000		67 040	2 560	73 600	9,7	25 700	25 500
DEU	45 000		9 800 000		9 845 000	119,6	3 845 000	3 840 000
DNK	165	375	4 025	0	4 565	0,8	1 300	1 200
ESP	31 000		3 492 000		3 523 000	76,1	60 000	60 000
FRA	23 000		407 000 installed/ 269 000 connected		430 000	6,7	250 200	250 000
GBR	620	1 125	27 845	0	29 590	0,4	7 077	6 922
ISR	2 644	260	21 611	14	24 529	3,4	21 500	21 000
ITA	5 000	8 000	656 800	511 500	1 181 300	20,3	723 000	723 000
JPN	2 635	91 998	2 521 792	10 740	2 627 165	20,7	482 976	479 152
KOR	983	4 960	93 300	342 672	441 917	9,1	84 400	84 400
MEX	18 037	5 687	1 296	0	25 020	0,2	3 270	796
MYS	10 000		1 063	0	11 063	0,4	2 287	287
NLD	5 000		58 169	4 338	67 507	4,1	10 669	10 578
NOR	8 080	450	132	0	8 662	1,9	320	0
PRT	3 050		99 150		102 200	9,5	34 250	34 150
SWE	4 448	721	3 535	60	8 764	1,0	854	516
TUR	1 000	3 500	500	0	5 000	0,1	1 000	100
USA	> 154 000	256 000	1 101 600	130 000	1 641 600	5,3	473 100	433 100
Estimated totals for all IEA PVPS countries (MW)	**837**		**19 543**		**20 381**		**6 188**	**6 113**

Notes:
**The UK has not yet provided a national survey report for 2009.*
*** Some off-grid capacity, installed since the 1970's, has been de-commissioned in various countries but is difficult to quantify.*

Figura 111
Distribuição por países da energia fotovoltaica acumulada
Fonte: http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/tr_2009_neu.pdf

[72] Watt-pico (Wp) é a unidade definida para medir a potência em pico, é uma potência de referência, que significa radiação que incide, igual a 1000W/m2, com a temperatura da célula fotovoltaica a 25ºC. O Kilowatt pico (KWp) corresponderá a 10^3x 1000W/m2.

Nesta Figura pode observar-se a clara predominância da Alemanha com 9.845.000,0 KWp, da Espanha com 3.523.000,00 e do Japão com 2.627.165,0 KWp instalados.

Recentemente ocorreu um enorme progresso que deu origem a um acréscimo na quantidade de captações de energia solar a ligarem-se à rede elétrica de distribuição pública, situação que revela um maior interesse nesta energia, como se verifica na Figura 112, e assim no final do ano de 2009 este tipo de aplicações equivalia a mais de 95% de todas as instalações fotovoltaicas instaladas.

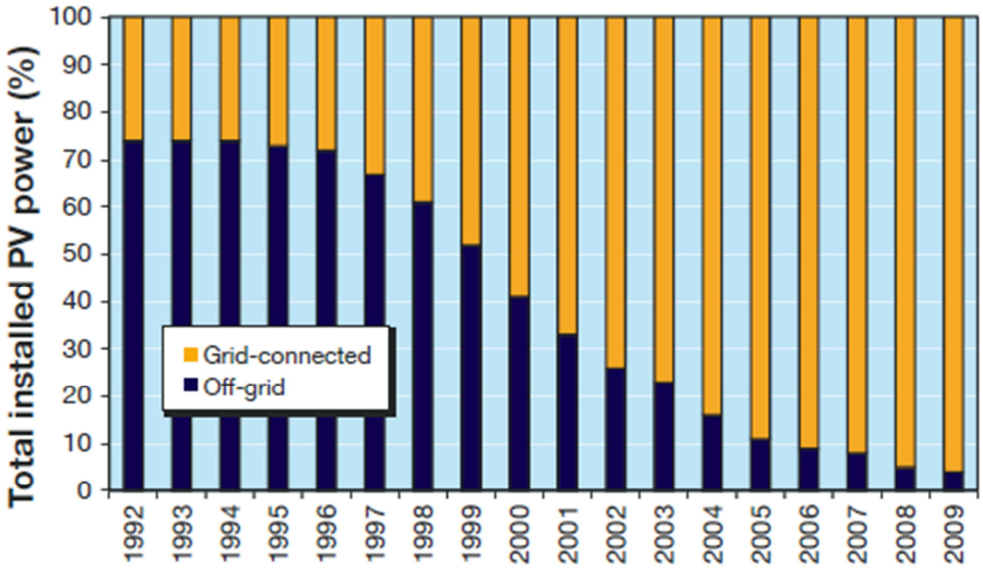


Figura 112
Percentagens acumuladas das energias referentes aos sistemas Grid-Connected e Off-Grid
Fonte: http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/tr_2009_neu.pdf

No panorama mundial, a situação verificada em Portugal é a de que, até final do ano de 2009, existiam cerca de 102.200,0 MWp de potência total instalada.

De acordo com dados facultados pela Direcção-Geral de Geologia e Energia, existem várias solicitações a esta entidade reguladora, no sentido de ser permitido instalar novas centrais fotovoltaicas, havendo o consentimento de requerimentos que possibilitarão a instalação de uma potência total de 128 MWp. Embora não seja uma potência demasiado elevada para as necessidades do País, situa-se quase no limite de 150 MWp, valor que o Governo Português colocou como meta até 2010.

3.2.5 As células solares fotovoltaicas

A função de uma célula solar, conforme esquema da Figura 113, consiste em converter diretamente a energia da radiação solar em energia elétrica. A forma mais comum das células solares o fazerem é através do efeito fotovoltaico.

No ano de 1949, William Shockley[73] desenvolveu a teoria dos dispositivos formados por junções entre as regiões positivas e negativas (junções p-n)[74] que, de seguida, utilizou para projetar os primeiros transístores de uso corrente. Esta descoberta ocasionou, no ano de 1950, a revolução dos semicondutores, dando origem às primeiras células fotovoltaicas eficientes, desenvolvidas em 1954 nos laboratórios da empresa americana Bell Telephone Company, o que causou enorme exaltação, tendo sido notícia de primeira página de diversos jornais da época.

A produção de eletricidade, a partir do uso das células fotovoltaicas, é ainda cerca de seis vezes mais cara do que a obtida em centrais de carvão por exemplo, mas há apenas duas décadas essa diferença situava-se em cerca de vinte vezes mais.

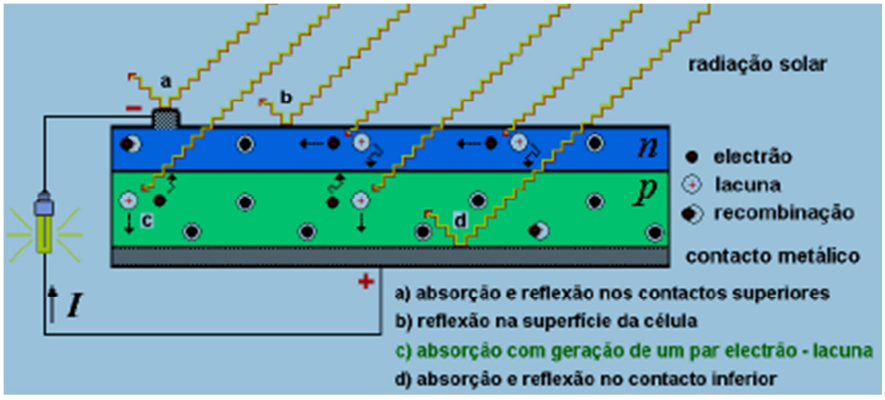


Figura 113
Esquema indicador da Incidência da radiação solar numa célula fotovoltaica
Fonte: Carlos Nunes Rodrigues-provas para investigador auxiliar (2008,41)

[73] Físico e Inventor nascido em Londres a 13 de Fevereiro de 1910 mas, que desenvoveu toda a sua carreira nos E. U. A.

[74] Quando um semicondutor do tipo p e um semicondutor do tipo n são colocados em contacto, aparece uma junção p-n. Nesse caso, os eletrões fracamente ligados do lado n, difundem-se também no lado p onde encontram os buracos que os capturam, ocupando o lado p negativo. Com a perda dos eletrões que passaram para o lado p, o lado n torna-se positivamente carregado. Essa separação de cargas, que rapidamente atinge o equilíbrio, dá origem a um campo elétrico.

3.2.6 Tipos de células solares fotovoltaicas

Os principais tipos de células solares atualmente existentes são: **Células** de **silício monocristalino, policristalino, amorfo,** de **filmes finos e Orgânicas.**

As **células de silício monocristalino,** conforme se ilustra na Figura 114**,** obtém-se a partir de barras cilíndricas de silício monocristalino produzidas em fornos especiais, das quais são cortadas fatias com cerca de 0,4 a 0,5 mm de espessura. Têm um rendimento elétrico bastante elevado, cerca de 16%, que em laboratório chega a atingir cerca de 23%, se bem que as técnicas utilizadas para a sua produção tenham um custo elevado e também um elevado grau de complexidade. Acresce ainda que é indispensável uma enorme quantidade de energia para o seu fabrico, uma vez que utilizam materiais com elevado estado de pureza e com uma estrutura cristalina perfeita.



a) b) c)

Figura 114
Imagens de Células de silício monocristalino: a)-normal; b)-semitransparente e c)-de alta eficiência.
Fonte: http://sapa-solar.com/portugal/sapa-solar/index.html

As **células de silício policristalino** (Figura 115) são produzidas a partir de blocos de silício obtidos por fusão do silício puro em moldes próprios para esse efeito. Aí arrefece lentamente solidificando-se e dando origem a que os átomos não se organizem num único cristal, mas formando-se uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre cristais. Tem um custo de fabrico bastante inferior porque, para este efeito, necessitam de menos energia, e o seu rendimento elétrico também é inferior situando-se entre 11% e 13%, embora em laboratório cheguem a atingir cerca de 18%. Este menor rendimento é o reflexo direto causado pela imperfeição do cristal, devido ao sistema de fabrico.

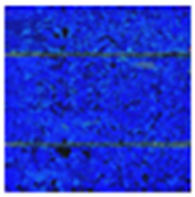


Figura 115
Imagem de Célula de Silício policristalino
Fonte:http://sapa-solar.com/portugal/sapa-solar/index.html

As **células de silício amorfo,** conforme Figura 116, obtidas por meio da deposição de camadas muito finas de silício sobre superfícies de vidro ou metal, são as mais económicas mas, naturalmente que o seu rendimento elétrico é significativamente mais baixo, situando-se entre 8% a 10%, e em laboratório, cerca de 13%. Uma vez que estas células são películas muito finas, permitem o seu uso como material de revestimento na construção, tirando desse facto o grande proveito energético.



a) b)

Figura 116
Imagens de Células de silício amorfo: a) - normal; b) - de película fina.
Fonte: http://sapa-solar.com/portugal/sapa-solar/index.html

As **células de filmes finos,** conforme Figura 117, são normalmente obtidas a partir do silício amorfo (a-Si), que usado hidrogenado, é uma tecnologia fotovoltaica para as películas muito finas como o próprio nome indica. Nas células de filme fino pode ser utilizado qualquer semicondutor devido à pequena quantidade de material utilizado.



Figura 117
Imagem de Célula de filmes finos
Fonte: http://sapa-solar.com/portugal/sapa-solar/index.html

Os filmes finos abrem assim infinitas possibilidades de escolha, porquanto os semicondutores podem ser feitos de substâncias puras, como o Silício, ou de compostos ou ligas que abranjam múltiplos elementos.

Esta tecnologia emprega a deposição de camadas finas de semicondutores sobre um substrato ou superstrato, configurando placas de vidro, elementos metálicos ou elementos de plástico. Normalmente, a espessura da camada semicondutora é inferior a um mícron[75], o que se traduz numa enorme redução da quantidade de material utilizado, refletindo-se esta redução diretamente no seu custo final. Outra vantagem que contribui para a redução de custos é o

[75] Milésima parte de 1mm

facto de as células poderem ser produzidas em tamanhos diferentes e diversos formatos, não se cingindo ao tamanho do wafer de Silício.

Como benefício acrescido das células de filme fino temos o menor consumo de energia durante o seu fabrico e a consequente diminuição do «Energy Pay Back Time» (EPBT), isto é, do tempo de operação necessário para que a célula produza a energia que foi consumida durante o seu fabrico.

As aplicações desta tecnologia estão visíveis em equipamentos de reduzido consumo de energia eléctrica, nomeadamente em relógios e máquinas de calcular, uma vez que estas células são muito eficientes sob iluminação artificial e esses filmes finos podem ser colocados sob substratos de custo baixo como é o caso do vidro, aço e alguns tipos de plásticos.

A partir destas células, foram também desenvolvidos painéis solares, disponíveis no mercado que, sendo flexíveis, inquebráveis, leves, semitransparentes e com superfícies curvas, estão a possibilitar no mercado fotovoltaico uma maior versatilidade. A sua perfeita integração e o facto de oferecer uma aparência e estética muito atraentes tem ocasionado a que o silício amorfo (a-Si) tenha encontrado, no setor da construção civil, aplicações arquitetónicas diversas, substituindo materiais de revestimento em coberturas e fachadas de edifícios, independentemente do seu tipo ou função.

A máxima eficiência encontrada em células de silício amorfo (a-Si) individual e disponível no mercado foi de 8-9%. Nalgumas aplicações arquitetónicas como material de revestimento é que o silício amorfo (a-Si) tem grande vantagem sobre as células convencionais de silício, porque o seu custo é inferior a metade do custo da tecnologia convencional do silício.

Atualmente existem mais células sob a forma de filmes finos, uma delas já disponíveis e fabricadas a partir do Telurieto de Cádmio (CdTe) e outras, a disponibilizar num futuro próximo, como sendo as obtidas a partir do Arsenieto de Gálio (GaAs) e a partir do di-Selenieto de Cobre e Índio (CIS), com uma eficiência bastante elevada de cerca de 18% de acordo com estudos laboratoriais efetuados.

Como já vimos, existem no mercado diversos tipos de células fotovoltaicas, encontrando-se algumas delas ainda em testes laboratoriais e em fases distintas. Procura-se constantemente encontrar células com, cada vez maior eficiência, e menor custo de produção, e dá-se também muita importância à versatilidade da sua aplicação nos mais variados materiais ou superfícies.

As células mais importantes e consolidadas no mercado são as fabricadas à base de silício, embora atualmente se esteja a investir muito nas pesquisas para desenvolvimento de células de menor custo, nomeadamente nas células de filmes finos. Isto faz sentido uma vez que estas células ao usarem pouco material, fazem diminuir o consumo de energia utilizada no seu fabrico e daí se poder obter uma produção de células em grande escala.

A conversão direta da radiação solar em eletricidade pode fazer-se em materiais semicondutores, com campos elétricos internos que conseguem acelerar os pares eletrão lacuna, formados por incidência dos fotões solares de forma a gerar uma corrente elétrica que alimenta um circuito elétrico exterior[76], conforme esquema da Figura 118.

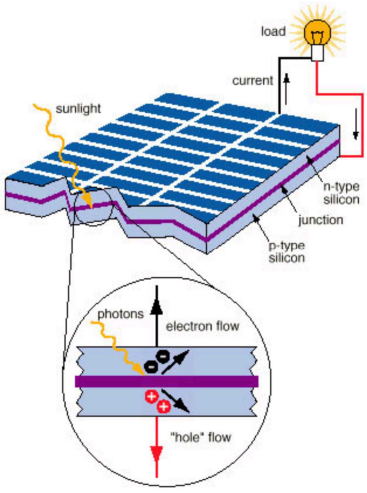


Figura 118
Esquema da conversão da radiação solar em energia elétrica
Fonte: Australian CRC for Renewable Energy Ltd.

3.2.7 O silício na fabricação das células solares fotovoltaicas

O Quartzo é um mineral utilizado como fonte de Silício, assim como a areia que também é utilizada para o mesmo efeito. O Silício é refinado até um elevado grau de pureza e de seguida fundido. Desta massa fundida é retirado um grande cristal cilíndrico que geralmente tem de 10 a 15 cm de diâmetro e 1 m ou mais de comprimento. O cristal é então fatiado em wafers[77] circulares com espessura de menos de 0,5 mm.

O Silício é o único semicondutor, cujo preço permite que seja utilizado como suporte para o fabrico de células fotovoltaicas.

Geralmente o silício utilizado para o fabrico das células solares provém do dióxido de silício que é abundante e o principal componente da areia. É derretido em fornos apropriados, e depois de tratado, de forma a ficar com a pureza desejada, com fluxo de

[76] Energias Renováveis, a Opção Inadiável, Manuel Collares Pereira, SPES, 1998
[77] Termo usado para designar fatias de espessuras muito reduzidas, ou seja, até ao máximo de 0,5mm.

oxigénio, arrefece e solidifica em lingotes de grandes dimensões. O seu grau de pureza anda por volta de 98 ou 99%. Muitas toneladas deste, chamado, silício metalúrgico são anualmente produzidas e vão servir as indústrias de transformação do ferro e do alumínio.

Uma pequena quantidade deste material passa por um segundo processo de purificação, por destilação, de forma a produzir o silício ultrapuro usado para a indústria eletrónica sendo designado de Silício Semicondutor. Esse grau de pureza é cerca de 99,9999%.

As indústrias eletrónicas e das células solares, precisam não só de silício muito puro mas também que este se encontre na forma cristalina, ou seja, praticamente sem defeitos. Por isso, um processo de cristalização é feito de seguida. Para esse efeito há diversas tecnologias, diferentes e concorrentes entre si, que produzem monocristais, multicristais ou fitas de silício multicristalino com a espessura necessária.

Seguidamente, procede-se ao corte dos lingotes em pequenas fatias, ou bolachas «wafers» com a espessura de algumas décimas de milímetro, onde se vai produzir a célula solar.

O fabrico de células solares, processa-se, tendo conta, essencialmente os dois passos seguintes: primeiro faz-se a deposição dos dopantes para criar a junção p-n, que é o campo elétrico intrínseco à célula e que vai absorver as cargas produzidas pela radiação no silício, depois procede-se à deposição dos contactos elétricos na superfície da célula, para em seguida, enviar essas cargas ao sistema que se pretende alimentar ou, eventualmente para um acumulador.

De seguida as células solares são montadas em série num módulo ou painel solar e encapsuladas, para a sua proteção mecânica e isolamento elétrico.

Apresenta-se, na Figura 119, o esquema de funcionamento de uma célula solar fotovoltaica.

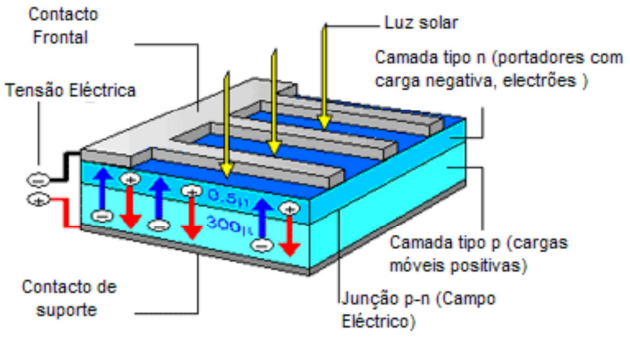


Figura 119
Esquema de funcionamento de uma célula fotovoltaica
Fonte: http://ec.europa.eu/index_pt.htm

A eficiência de conversão das diferentes células solares é muito variável, no entanto, é possível observar na Figura 120, o que tem sido observado entre os anos de 1975 e 2010, através de estudos e ensaios levados a cabo por um dos Laboratórios dos Estados Unidos da América.

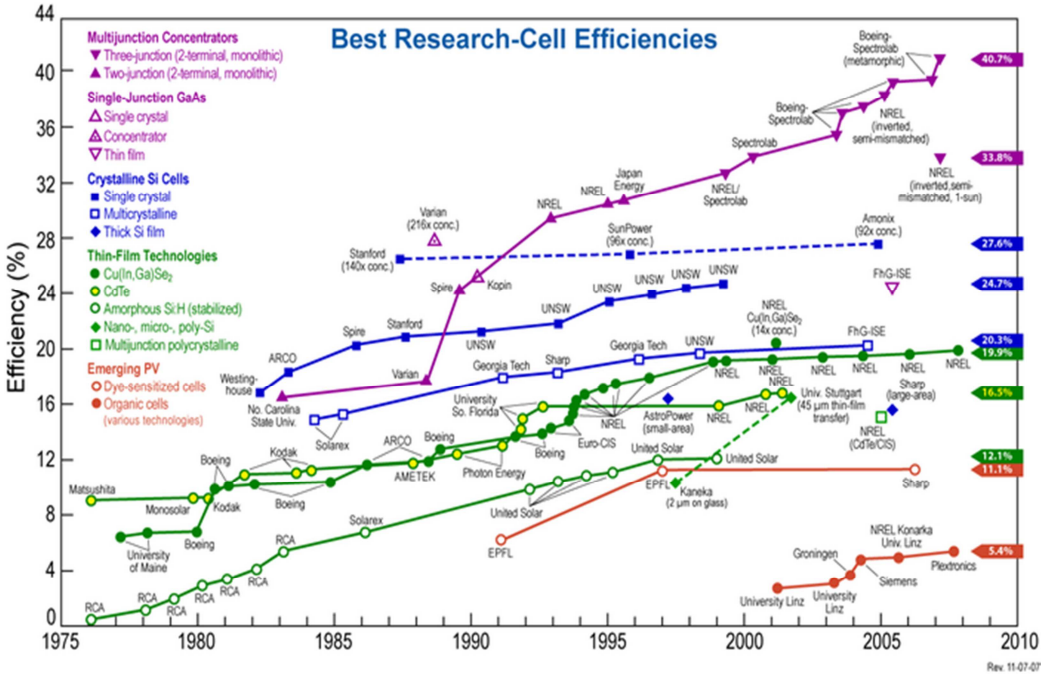


Figura120
Eficiência da conversão energética de diferentes células ao longo do tempo
Fonte: National Renewable Energy Laboratory, USA

Goetzberger e Hoffmann (2002, 9-10) observaram, contudo que o desenvolvimento das tecnologias fotovoltaicas seguirá um determinado padrão. Baseados neste princípio, utilizaram uma função para prever o limite de eficiência das tecnologias mais importantes e construíram um gráfico que inclui uma nova tecnologia, que não é ainda conhecida, mas que eles próprios esperam venha a ser descoberta (Figura 121). Aqui pode-se observar que o limite de eficiência esperado para as tecnologias analisadas é de 29%. É importante também referir, que a utilização de resultados do desenvolvimento de antigas tecnologias, para prever o desenvolvimento de novas tecnologias, deve estar certamente sujeita a desvios ou mesmo erros, como em qualquer outro tipo de extrapolação de dados.

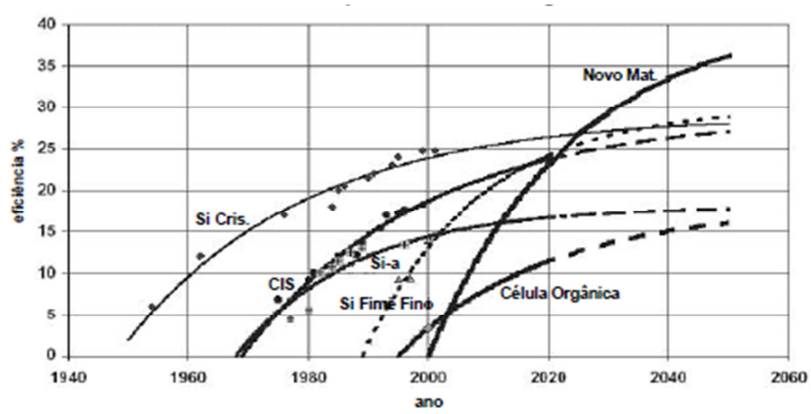


Figura 121
Previsão de eficiência de células fotovoltaicas para diferentes tecnologias
Fonte: Goetzberger e Hoffmann (2002, 10)

Como podemos observar nas Figuras 120 e 121, encontram-se representadas as **células solares orgânicas** verificando-se um crescimento acentuado da sua eficiência ao longo dos últimos. Estas células, disponíveis no mercado, são produzidas com materiais mais económicos e com uma eficiência em crescente face ao investimento efetuado e mantido necessário ao seu desenvolvimento científico e técnico. São produzidas a partir de dois polímeros normalmente orgânicos formadas pela união das suas moléculas, tratando-se portanto de uma película de material plástico, o que de facto reduz fortemente o seu custo mas, deriva duma fonte poluente e finita o petróleo.

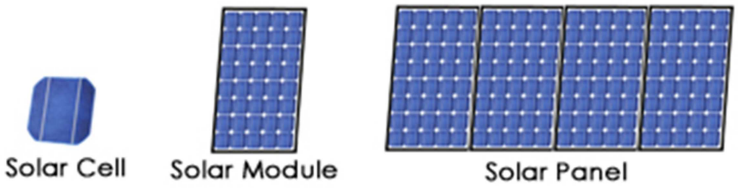
Tomando como único indicador o seu reduzido custo, estas células fotovoltaicas orgânicas permitem gerar energia elétrica a um preço muito próximo ao da rede de distribuição convencional, bastante inferior se comparássemos com a utilização de células de silício.

A utilização destas células de plástico têm um impacto imediato positivo ao nível da redução dos custos da energia elétrica por elas produzida, no entanto, uma vez que estamos perante a utilização de combustíveis fósseis na fabricação destas células com a utilização dos plásticos, e considerando o impacto ambiental negativo com a produção destes plásticos, não lhe iremos aqui dar ênfase.

3.2.8 Painéis solares fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são constituídos por conjuntos de módulos e muitas células fotovoltaicas colocadas nestes, e a Figura 122 mostra essa composição. A quantidade de módulos e respetivas células que constituem cada painel, dependem das necessidades

energéticas em cada caso concreto, bem como da disponibilidade física no local para a sua montagem.



a) b) c)

Figura 122
Imagens de:
a)– Célula solar isolada; b) – Módulo solar composto de várias células; c) – Painel solar composto de vários módulos.
Fonte: Http://www.aessolarenergy.com/solar_energy_terminology.htm

Um módulo fotovoltaico é composto por células individuais ligadas em série. Este tipo de ligação permite adicionar tensões, sendo que a tensão nominal de um módulo é igual ao produto do número de células que o compõem pela tensão de cada célula (aproximadamente 0,5Volts). Os módulos podem ser ligados em série ou em paralelo. Quando os módulos são ligados em série, a tensão resultante é a soma das tensões de cada um deles e a corrente daí resultante coincide com a menor das fornecidas pelos módulos. Quando os módulos são ligados em paralelo, a corrente resultante é a soma das correntes de cada um deles e a tensão resultante coincide com a que é fornecida por cada módulo. No entanto, quer as ligações se façam em série ou em paralelo, as suas potências finais são idênticas e, ambas as potências poderão estar na forma de alta ou baixa tensão, e cada aplicação em concreto determinará a melhor escolha. São normalmente produzidos módulos com 30, 32, 33 e 36 células ligadas em série, conforme a necessidade da sua aplicação.

Após a execução dos módulos passa-se à fase seguinte, que é a do seu encapsulamento com vidro temperado ou outro material transparente sobre a superfície frontal, e com um material protetor e impermeável sobre a superfície traseira. Os contornos dos topos são selados para que as intempéries não os danifiquem; depois existe uma estrutura rígida, adequada à sua montagem e fixação no local escolhido, tendo em conta a melhor exposição solar. Na parte de trás do módulo há uma caixa de junção, com toda a cablagem e acessórios elétricos para as ligações necessárias.

Existem atualmente algumas tecnologias disponíveis para a produção comercial de módulos fotovoltaicos, que estão diretamente associadas às células a que já fizemos referência anteriormente, tendo assim:

- fabrico de módulos com células de silício monocristalino (c-Si);

- fabrico de módulos com células de silício multicristalino (m-Si);
- fabrico de módulos com células de películas finas, nomeadamente silício amorfo (a-Si), Arsenieto de Gálio (GaAs) e com compostos policristalinos: di-Selenieto de Cobre e Índio (CIS) e Telurieto de Cádmio (CdTe).

As suas eficiências são as já referidas anteriormente quando abordámos as respetivas células correspondentes. O desempenho dos módulos e painéis fotovoltaicos são geralmente classificados de acordo com a sua potência energética máxima de saída DC (watts), sob condições de teste padrão (STC). Standard Test Condictions são definidas para um módulo (conjunto de células) operando a uma temperatura de 25 ºC, e nível de incidência de irradiação solar de 1000W/m2. Uma vez que as condições atmosféricas reais vão variar consoante o local geográfico onde os módulos fotovoltaicos são montados, o seu desempenho real é geralmente 85 a 90 por cento da potência do STC (Standard Test Condições).

Atualmente, todos os módulos e painéis fotovoltaicos produzidos são produtos extremamente fiáveis e seguros, as suas falhas no desempenho são praticamente inexistentes, e a sua vida útil máxima pode chegar até aos 30 anos. Hoje em dia, a maioria dos grandes fabricantes oferecem garantias superiores a vinte anos cobrindo, em todos estes anos, a manutenção de uma elevada percentagem da potência nominal inicial.

3.2.8.1 A Produção de células fotovoltaicas

Os fortes investimentos no desenvolvimento de tecnologias para produção de energia elétrica a partir da energia solar que têm sido realizados nos últimos anos, e que atualmente continuam, a ser feitos devem-se à grande procura de energia, à necessidade da preservação do meio ambiente e a necessidade de encontrar sistemas sustentáveis.

Neste contexto, a produção de energia elétrica a partir da conversão direta da energia solar, denominada de energia solar fotovoltaica, ganha vantagens por ser simples e rápida de instalar, ser modular, não contaminar o meio ambiente, ser uma fonte de energia inesgotável e gratuita, ser silenciosa e necessitar de pouquíssima manutenção.

Ao nível mundial, esta tecnologia de conversão de energia está muito avançada e em pleno crescimento, principalmente nos países desenvolvidos. Os dados disponíveis mais recentes disponíveis dão-nos conta da capacidade de produção de células fotovoltaicas, que foi de 7.273,80 MW, durante o ano de 2008, distribuída pelos diversos países produtores, conforme nos indica a Figura 123. No entanto, a produção mundial de células solares atingiu

um valor consolidado de 11.824,00 MW, em 2009, muito acima dos 7.273,80MW do ano anterior, representando a película fina cerca de 18% desse total.

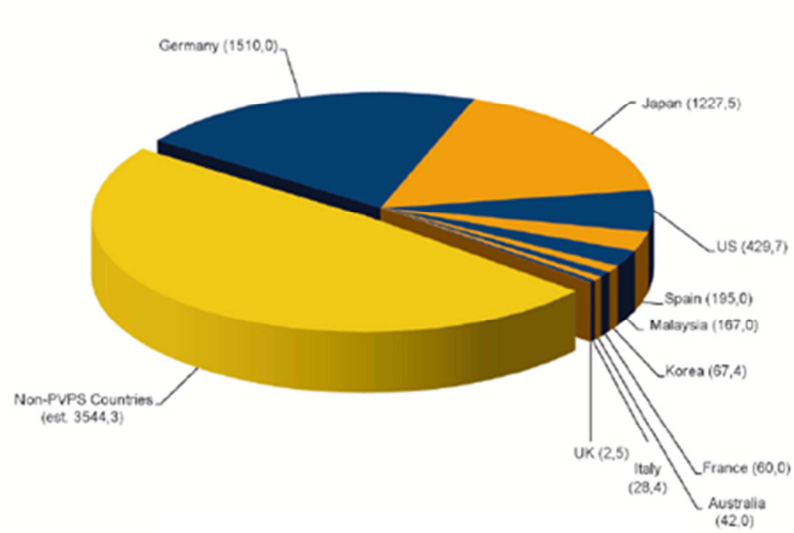


Figura 123
Gráfico da produção mundial de células fotovoltaicas durante o ano de 2008
Fonte: http://www.iea-pvps.org/

Comparando a produção de células fotovoltaicas do ano de 2009 com a produção do ano imediatamente anterior, 2008, em que apenas se produziram 7.238,00 MW de células fotovoltaicas, constatamos o elevado acréscimo havido que se situou em cerca de 63%. A Figura 124 ilustra a distribuição dessa produção de células por países referente ao ano de 2009.

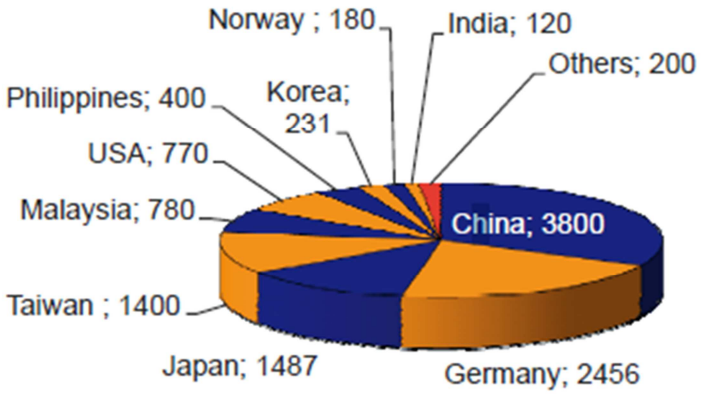
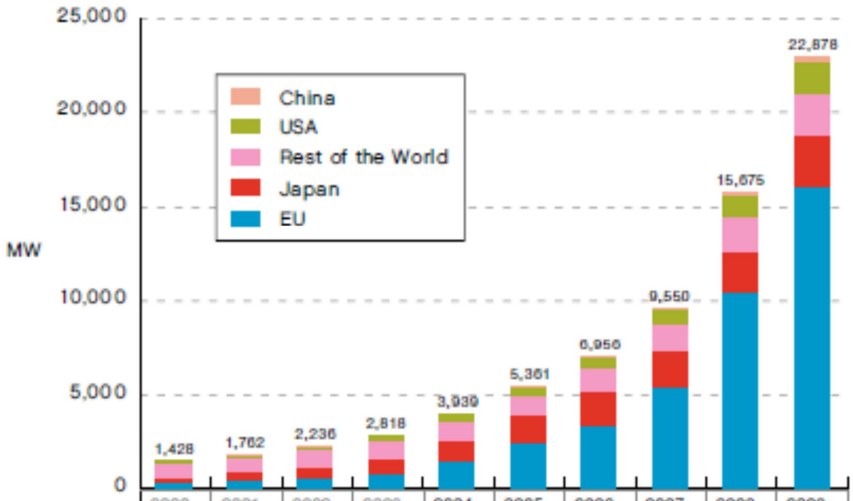


Figura 124
Gráfico da produção mundial de células fotovoltaicas durante o ano de 2009
Fonte: http://www.iea-pvps.org/

A capacidade mundial acumulada para a produção de energia fotovoltaica tem tido uma extraordinária subida especialmente ao longo dos últimos anos, sendo que no final do

ano de 2009, segundo a European Photovoltaic Industry Association (EPIA), existia instalada uma capacidade total de 22.878,0 MW, conforme se pode visualizar na Figura 125 e muito semelhante a outras fontes consultadas.



	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
China	19	30	45	55	64	68	80	100	145	305
USA	139	168	212	275	365	479	624	831	1,173	1,650
ROW	763	825	913	1,000	1,044	1,051	1,235	1,422	1,870	2,347
Japan	318	452	637	860	1,132	1,422	1,708	1,919	2,149	2,633
EU	189	286	429	628	1,334	2,341	3,309	5,279	10,338	15,943
Total	1,428	1,762	2,236	2,818	3,939	5,361	6,956	9,550	15,675	22,878

Figura 125
Gráfico da capacidade mundial acumulada de produção de energia fotovoltaica
Fonte: EPIA – European Photovoltaic Industry Association

3.2.8.2 A produção de painéis fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos, como já foi referido, são compostos de vários módulos e incorporam quantidades variáveis de células do tipo escolhido, que têm uma relação direta com cada caso concreto onde for instalada a captação da energia solar para transformação em energia elétrica. A sua instalação pode ser efetuada de diferentes modos, desde a sua colocação num local isolado, funcionando como uma central para fornecimento de energia eléctrica a um ou vários locais, apostos sob qualquer tipo de estruturas ou com uma função dupla, a de fornecer energia elétrica e simultaneamente embelezar qualquer tipo de edifício como revestimento final de fachadas ou coberturas.

Nos últimos anos, a venda de módulos ao nível mundial tem tido um crescimento muito rápido e a produção de módulos fotovoltaicos aumentou de 372,5 MWp em 2001 para 7.203,0 MWp em 2009. A produção vem crescendo muito rapidamente e devemos destacar que a relação de Wp produzido em 2009 chega a cerca de 70% da capacidade de produção

prevista para o ano, uma vez que os fabricantes investiram na sua linha de produção aumentando em cerca de 60% a sua capacidade para o ano de 2009. Deste modo os fabricantes pensam garantir a procura de módulos para os próximos 7 ou 8 anos.

É interessante destacar os países no mundo que produziram módulos fotovoltaicos no ano de 2009, em que a Alemanha aparece destacada a liderar com 3.806,0 MWp, e a Europa com um total de 5.605,0 MWp, fora da Europa vem Japão com 484,0 MWp, os Estados Unidos da América com 477,0 MWp, a Corea do Sul com 168,0 KWp, a China com 160,0MWp, o Canadá com 70,0KWp, a Austrália com 66,0 MWp, a Índia com 30,0 MWp e os restantes países do mundo com 143,0 MWp.

Em 1994, os dez maiores fabricantes de módulos fotovoltaicos encontravam-se no Japão, Estados Unidos e Europa e eram responsáveis por 70% da produção mundial. Nos anos que se seguiram verificou-se uma significativa concentração na produção, de modo que, em 2001, o mercado se apresentou ainda mais concentrado, com dez fabricantes a produzirem 336,20 MWp, ou seja, 86% da produção mundial. No ano 2001, o Japão detinha a sede do primeiro maior fabricante, Sharp (75,00 MWp), seguido da BP Solar (Fusão da Solarex com BP Solar) e Kyocera, com 54,00 MWp. Devido a inúmeras fusões entre empresas do ramo, em 2004 ocorreu o aparecimento de várias empresas, principalmente na China, na produção de módulos fotovoltaicos, caracterizando em 2007 um novo cenário mundial, onde as cinco primeiras foram: Q-Cell (Alemanha), Sharp (Japão), Sun tech (China), Kyocera (Japão), First Solar (Alemanha).

O mercado de módulos fotovoltaicos continuou a crescer, impulsionado pelas situações políticas e sociais favoráveis, e por ser uma tecnologia apontada como uma das soluções para o problema do aquecimento global do nosso planeta e consequente sustentabilidade ambiental. Assim a indústria fotovoltaica nos próximos anos ocupará um grande espaço no mercado de energia mundial, tornando-se mesmo numa componente dominante na nossa arquitetura de energia global. A confirmar esta afirmação, a Figura 126 mostra com detalhe que no ano de 2009 foi atingido o valor de cerca de 7.200,00 MWp em módulos fotovoltaicos instalados, com a respetiva distribuição da produção pelos diferentes países, onde claramente se destaca a produção europeia com cerca de 77% do valor total.

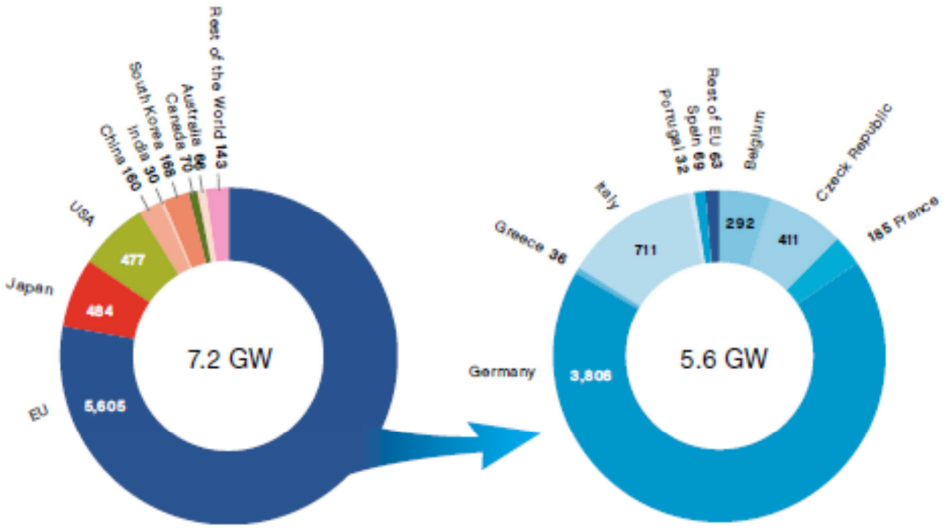


Figura 126
Gráficos da capacidade Fotovoltaica instalada no ano de 2009
Fonte: EPIA – European Photovoltaic Industry Association

Na Figura 127, é evidenciada a produção anual de módulos fotovoltaicos, em MW, ao nível mundial, desde 2000 até ao ano de 2009. Constata-se o forte desenvolvimento havido nos últimos anos, sendo por isso um sinal de que uma grande quota da energia elétrica que o nosso planeta necessita, irá cada vez mais ser produzida através das células e dos módulos solares fotovoltaicos. Nesta figura é também referenciada a produção pelas diferentes regiões do mundo, evidenciando-se um fortíssimo crescimento nos anos de 2008 e 2009 onde foi atingido um valor cerca de 3 vezes superior ao alcançado no ano de 2007 com enorme relevância nos países europeus.

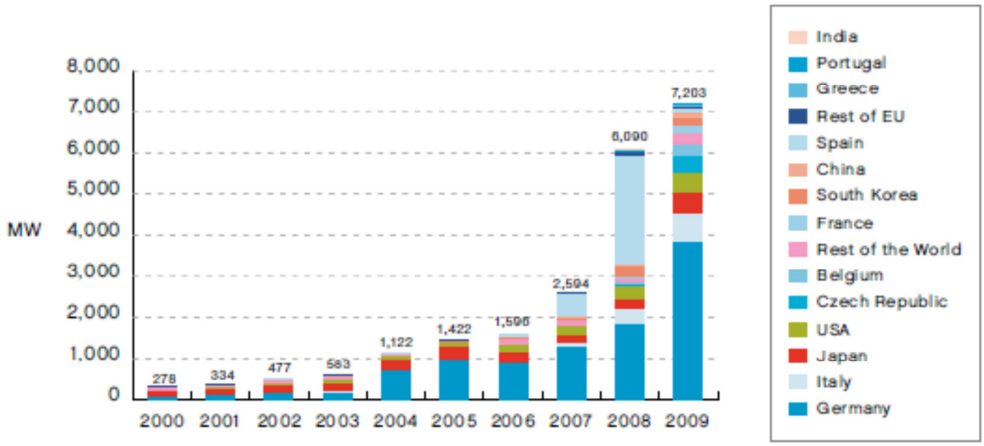


Figura 127
Gráfico da produção anual de módulos fotovoltaicos e por regiões
Fonte: EPIA – European Photovoltaic Industry Association

As projeções efetuadas por instituições científicas de credibilidade mundial, nomeadamente a European Photovoltaic Industry Association (EPIA) apontam, através dos estudos de mercado e do desenvolvimento das tecnologias de conversão, no sentido de um grande incremento na produção da energia fotovoltaica. A Figura 128 ilustra de forma clara e por regiões mundiais a previsão da produção anual de módulos fotovoltaicos até ao ano de 2014, onde se destaca a relação de grande superioridade da Europa face ao resto mundo até 2011 mas, com tendência de equilíbrio a partir daqui, sendo no entanto de realçar essa grande capacidade produtiva europeia.

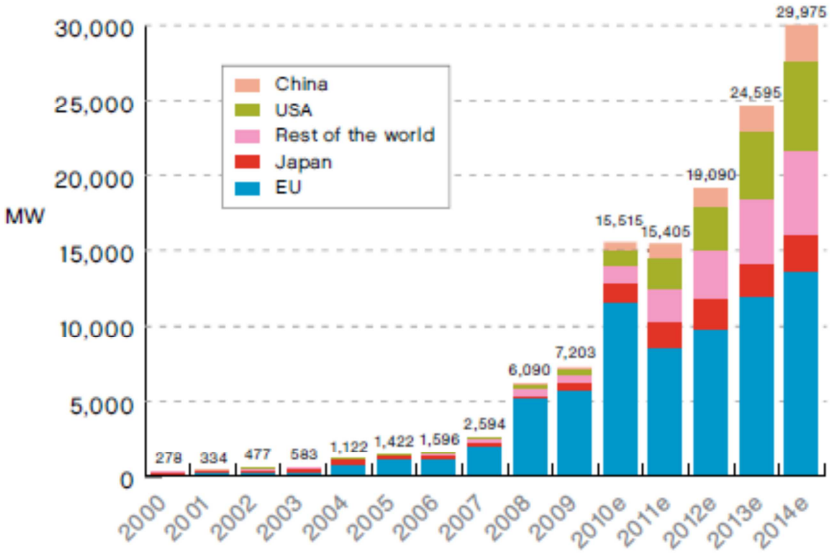


Figura 128
Gráfico da produção mundial anual de módulos fotovoltaicos e previsão até 2014
Fonte: EPIA – European Photovoltaic Industry Association

Relativamente à produção de módulos na Europa, a Figura 129 reflete a produção anual desde o ano de 2000 e a prevista para os anos de 2010 a 2014 nos países europeus. É de salientar que apenas quatro países: a Alemanha, a Itália, a República Checa, a Bélgica e a França produzirão mais de 2/3 dos módulos, relativamente aos restantes países, ao longo da previsão até ao ano de 2014, o que significa um grande empenhamento e uma forte aposta nestes produtos.

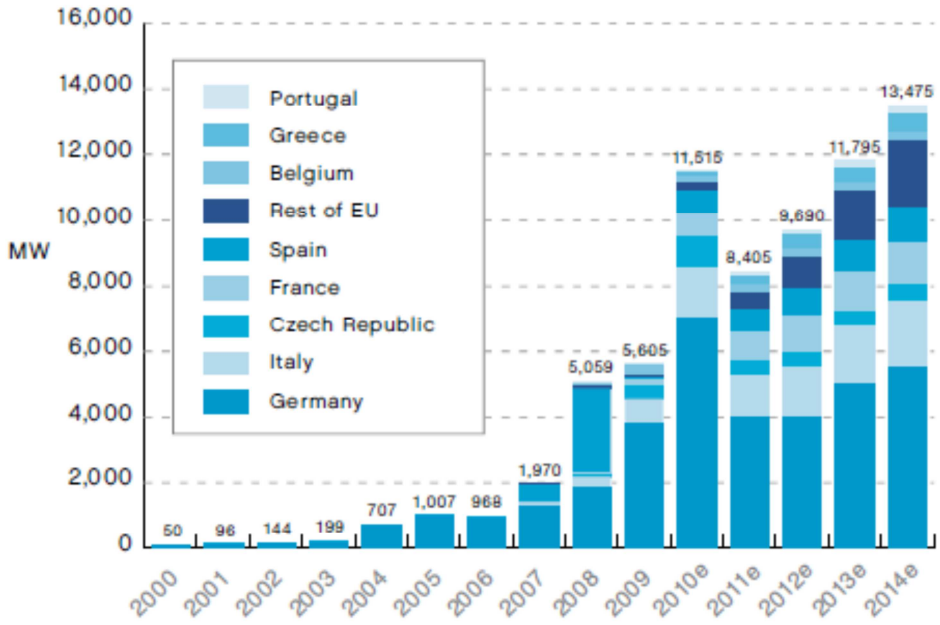


Figura 129
Gráfico da produção europeia anual de módulos fotovoltaicos e previsão até 2014
Fonte: EPIA – European Photovoltaic Industry Association

3.2.8.3 Os custos da energia fotovoltaica

Para se proceder ao cálculos dos custos, relativos às instalações dos sistemas fotovoltaicos, toma-se como referência unitária o preço do Wp, isto é, €/Wp.

Incluem-se neste preço todos os dispositivos BOS[78] tais como os painéis e estruturas para a sua fixação, coletores, baterias, acessórios de ligação e controlo e transporte, assim como os trabalhos de construção civil que lhe estão associados, até que a energia esteja disponível para uso do consumidor final.

Segundo informação da IEA, no ano de 2009, ocorreu um decréscimo nos custos de aquisição de módulos e de sistemas fotovoltaicos de acordo com o que podemos observar na Figura 130, relativamente aos três países referenciados como representativos. Observa-se aí, que o preço dos módulos se situa aproximadamente entre 2 USD/Wp e 4USD/Wp (entre os 1,47€/Wp a de 2,94 €/Wp, a preços do final de 2010), sendo o preço aproximado do sistema completo entre 4 USD/Wp e 6,5 USD/Wp (entre 2,94 €/Wp e 4,78 €/Wp, a preços do final de 2010). Realçamos contudo, que o decréscimo dos preços foi muito mais lento do que o que se pretendia, muito embora os custos tenham descido gradualmente. Também se verifica que o valor dos sistemas fotovoltaicos desceu mais do que o dos módulos.

[78] Balance Of Systems – BOS.

O preço relativo aos acessórios de ligação à rede de distribuição, de regulação e controlo, assim como o da instalação, representam aproximadamente 50% do custo da instalação fotovoltaica, na totalidade, sendo os restantes 50% imputados aos preços dos coletores, estruturas de fixação e montagem.

Relativamente à assistência e manutenção dos sistemas fotovoltaicos os custos, variam muito, mas podemos contudo atestar, que em todo o investimento, eles representam 1 a 2%.

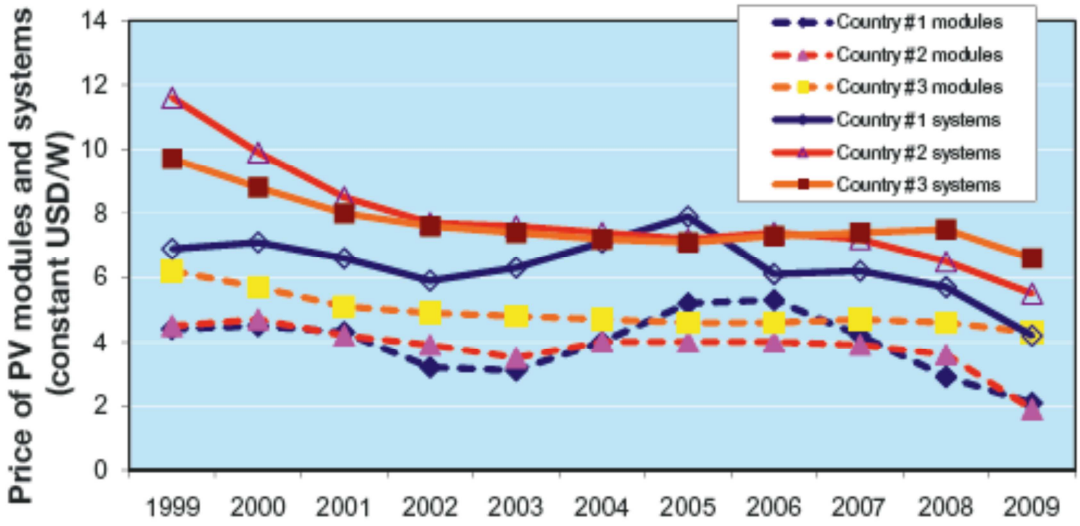


Figura 130
Gráfico da evolução do preço dos módulos e sistemas fotovoltaicos, com o efeito da inflação.
Fonte: http://www.iea-pvps.org/home.htm

Os valores acessíveis através da (IEA-PVPS) sobre Portugal, relativos ao ano de 2009 evidenciam que os custos dos módulos fotovoltaicos se encontram entre os 2,0 e os 3,0 €/Wp e os sistemas fotovoltaicos ligados à rede geral de distribuição com capacidade de produção igual ou superior a 10 kWp se situam entre os 4 a 5 €/Wp.

Também em Portugal os resultados obtidos para os estudos efetuados ao potencial solar disponível para produção de energia elétrica (Aguiar, 2002), constam num mapa de Isolinhas que indica um índice (kWh/Wp) medindo o desempenho dos sistemas fotovoltaicos - kWh ministrados ao consumidor, por ano e por Watt-pico instalado, que se mostra na Figura 131. Assim, a utilização anual do Sol oscila aproximadamente entre as 2.400 h a Sul[79], 2.300

[79] Elementos relativos ao projeto da central de Moura e de Serpa informam como produção anual de energia elétrica 90 GWh (aprox. ha = 1.950 h) e 20 GWh (aprox. ha = 1.800 h). Estas centrais têm um sistema de controlo da inclinação dos painéis que segue a posição do sol ao longo do dia, o que ajuda a compreender os valores projetados para a produção de energia elétrica e para o investimento.

h no Centro e 2.100 h no Norte, já incluindo as perdas dos respetivos sistemas fotovoltaicos usados, nomeadamente nos inversores[80].

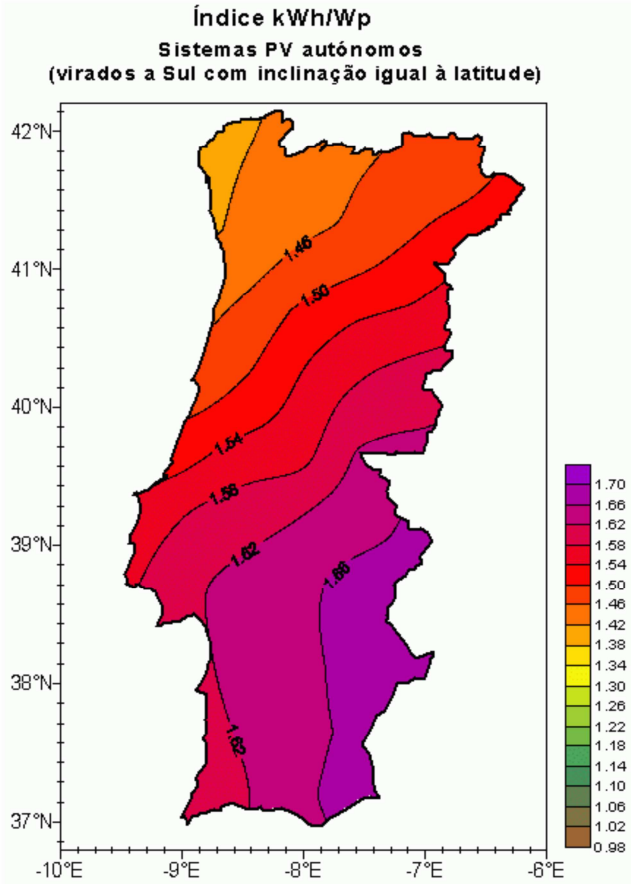


Figura 131
Gráfico do Índice kWh/Wp em sistemas fotovoltaicos autónomos ligados à rede
Fonte: Adaptado da Agência Europeia do Ambiente

De acordo com as leis que vigoram atualmente, e que estabelecem o cálculo do valor a pagar pela energia eléctrica fornecida à rede geral de distribuição, pelos agentes que a produzem, usando para esse efeito fontes renováveis e limpas, considera-se relativamente à produção que cada MWh colocado na rede geral de distribuição em 2010, com proveniência em sistemas fotovoltaicos, é pago a 400,00€ no primeiro de 15 anos que é o prazo máximo em que vigora a bonificação, decrescendo depois 20,00€/MWh por cada ano até ao limite do prazo referido. O produtor e consumidor paga o seu consumo ao preço de mercado, que se situa em cerca de 110,00€/MWh.

O que daqui se infere, baseado neste período de tempo, são os resultados económicos que não correspondem à veracidade da vida útil dos sistemas fotovoltaicos que podem atingir os 25 anos em perfeito funcionamento.

[80] Equipamentos que transformam a corrente contínua em corrente alternada para que possa ser usada na maioria dos equipamentos elétricos vulgarmente utilizados.

3.2.9 Sistemas fotovoltaicos integrados.

Este sistema, designado internacionalmente por «Building Integrated Photovoltaics» (BIPV), consiste na integração de células ou módulos fotovoltaicos na fase de construção em novos edifícios e na fase de remodelação ou reabilitação de edifícios construídos. É condição fundamental, que para todos os tipos de edifícios onde estes sistemas venham a ser instalados, seja feito antecipadamente um estudo rigoroso no sentido de se avaliarem os espaços disponíveis em toda a envolvente do edifício para, a partir daí se calcular a capacidade máxima de produção de energia em função da incidência do sol e da utilização do tipo de módulos e/ou células de filmes finos.

O sistema BIPV é muito vantajoso, tendo sido divulgado e incrementado em alguns países, embora outros não lhe tenham dado a mesma importância, possivelmente, por falta de informação acessível no mercado e ainda pelo seu alto preço a curto prazo. Nomeando as vantagens, podemos começar pela aptidão para se tornar parte componente do edifício, em substituição de outros materiais de construção, podendo reduzir, por esse meio e de uma forma significativa, o preço do sistema, para além da produção de eletricidade. Podemos considerar o BIPV como um dos formatos de «investimento» em energias renováveis que melhor se enquadra na realidade urbana atual, onde as áreas para construção são muito caras e cada vez mais escassas. É uma energia limpa, não ruidosa e não emissora de gases nocivos, inclusive CO2, pelo que não provoca, quando instalada, qualquer forma de impacto ambiental. Os propósitos sustentáveis estão a provocar alterações, especialmente aquando do projeto de novas construções. Tanto o projeto da engenharia, como o da construção, têm sido obviamente afetados pelo conceito da Sustentabilidade e da integração de energias renováveis, sendo agora obrigatório que o projeto integre a eficiência energética e a ecologia para além da função, da forma e da estética. Quando os módulos fotovoltaicos são bem executados e integrados têm fácil enquadramento nos conceitos de construção. Para um projeto que utilize o BIPV seja bem conseguido, é importante que as suas características, tais como os tipos de células solares, a sua composição, os diferentes tamanhos e os possíveis locais de instalação, sejam do conhecimento dos profissionais envolvidos.

3.2.9.1 Conceito de Building Integrated Photovoltaics (BIPV)

Os módulos fotovoltaicos são fortemente representados no mercado através da tecnologia dos Monocristalinos, Policristalinos ou Filmes Fino (Figura 132) todos compostos

por materiais semicondutores, sendo estes, noventa por cento compostos por silício. A diferença entre os três tipos de células solares não é marcada apenas por uma questão de aspeto, mas deve-se sobretudo às diferentes taxas de eficiência, produção e dos custos associados. Assim, um painel solar fotovoltaico de Silício Amorfo com Células de Filme Fino exige menos materiais semicondutores do que os policristalinos, obtendo-se um custo menor, sendo contudo, no que respeita à produção de energia, menos eficiente.

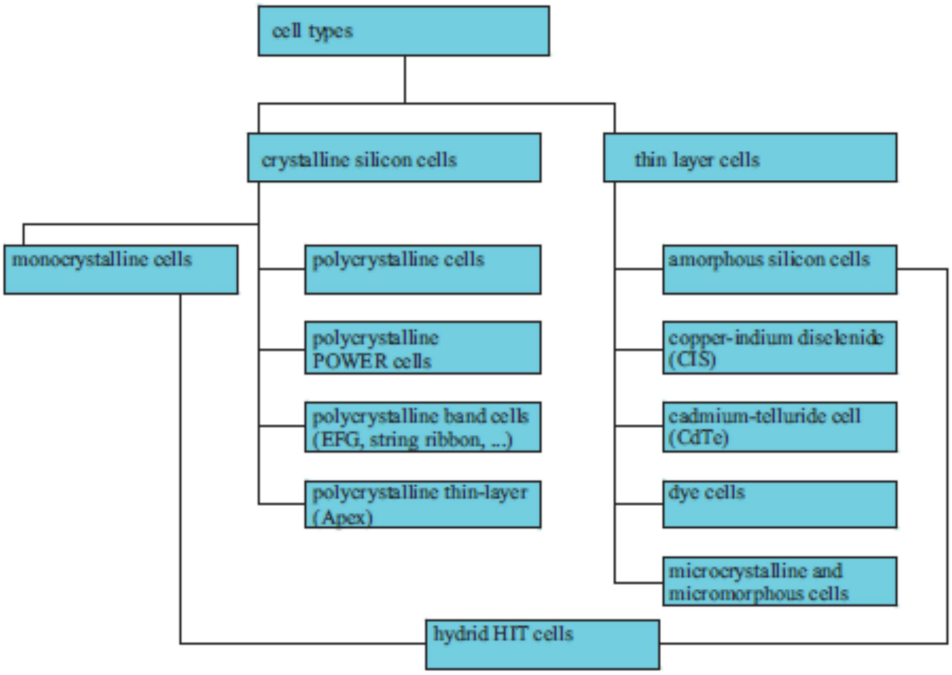


Figura 132
Organigrama dos tipos de Células Solares
Fonte: The German Solar Energy Society

Sabemos que a ação dos módulos fotovoltaicos é sempre a mesma independentemente da situação, isto é, fazer a captação da energia solar emitida através da luz solar e convertê-la em energia elétrica. Por meio da energia solar é gerada uma energia elétrica contínua (DC)[81] que poderá ser armazenada em baterias ou passar por inversores que a transformarão em energia alternada (AC)[82]. Esta energia transformada em AC poderá ser utilizada diretamente nos consumos normais em quaisquer tipos de edifícios ou exportada para a rede geral de abastecimento de eletricidade.

[81] Trata-se de uma designação de origem Inglesa para a corrente contínua e significa Direct Currente
[82] Trata-se de uma designação de origem Inglesa para a corrente alternada e significa Alternating Currente

Além dos módulos e dos materiais de construção utilizados para integração nos edifícios, o sistema BIPV compõe-se de elementos estruturais que garantem a sua fixação local, para além de baterias, cabos elétricos e dos indispensáveis inversores de corrente elétrica.

3.2.9.2 Integração do sistema BIPV

As integrações principais, em edifícios, de módulos fotovoltaicos, podem ser executadas com sistemas em coberturas, fachadas e átrios. Não entraremos em pormenores no que concerne aos aspetos funcionais dos sistemas, nem aos fatores que diminuem a sua eficiência, mas descreveremos as suas vantagens e funções em cada integração citada, embora de forma resumida.

Sistema de Fachada - Este sistema pode encontrar-se na forma de cortina de vidro, fachadas opacas, ou ainda na forma de elementos que provocam sombra, tais como, venezianas e toldos. Os módulos fotovoltaicos do tipo de “cortinas de vidro” podem acarretar muitos benefícios para o edifício, nomeadamente a iluminação natural e o contacto visual com o exterior. Pela grande inércia térmica, e através da transferência de calor produzida e armazenada, na caixa-de-ar criada entre os módulos fotovoltaicos e alvenaria, ou ainda vidro interior, as fachadas opacas podem colaborar com muito interesse como elemento de energia solar passiva. No que respeita ao conforto térmico do ambiente interior, assim como para melhor eficiência dos módulos fotovoltaicos, o resultado final benéfico é mútuo, num processo de transferência de calor através de convecção natural.

Neste caso, aos arquitetos, é facultada a escolha de espaçamentos desiguais entre células, coloração e dimensões permitindo-lhes associar produção de energia, conforto térmico e estética, isto para além da rentabilidade, já comprovada, perante outros materiais de construção usados em fachadas com ventilação.

Sistema de coberturas - este sistema tem grandes vantagens e pode ser utilizado tanto em coberturas inclinadas, como em coberturas planas: além de produzir energia, reduz a manutenção e permite um reembolso mais rápido dos investimentos de instalação, porquanto a sua posição é privilegiada para captação solar. A aplicação do sistema BIPV em coberturas planas tem ainda a vantagem de contribuir para aumentar o tempo de vida da cobertura, uma vez que protege o isolamento e as membranas, da ação dos raios ultravioletas e da degradação provocada pelas águas pluviais.

Sistemas de Átrios - conjugam vidros e módulos fotovoltaicos, proporcionando diferentes níveis de sombra e podem utilizar-se para acrescentar o conforto térmico, bem como para aproveitar a luz natural.

Em qualquer situação de integração do sistema BIPV, identificadas, deverão constar os seguintes fatores em todas as etapas de execução do projeto:

- ambientais, tendo preocupação com as sombras existentes na envolvente (árvores e edifícios vizinhos), a temperatura, latitudes do local, orientação solar e ângulo de inclinação dos módulos;
- estruturais, onde se incluem a energia pretendida, bem como o peso e dimensões dos módulos escolhidos, formas de fixação, e planeamento da operação e manutenção do sistema BIPV, sempre que necessário;
- estéticos e económicos, que devem integrar-se com a envolvente e procurar uma articulação agradável com outros materiais de construção integrados no próprio edifício, como por exemplo sistemas fotovoltaicos e madeira e sistemas fotovoltaicos e vidro. Deverá ser multifuncional e substituir-se, sempre que possível, a outros materiais de construção.

3.2.9.3 A situação do sistema BIPV na Europa

Para o sistema BIPV ter sucesso é fundamental que os profissionais da construção se envolvam de forma ativa e busquem conhecimentos, e a identificação dos fatores tecnológicos, arquitetónicos e barreiras técnicas que são necessários diagnosticar e resolver. Como meta fundamental, colocamos o desenvolvimento e progresso constante do sistema, bem como alternativas económicas e soluções, uma vez que têm sido estes fatores do mercado que têm impossibilitado a propagação do sistema BIPV.

Barreiras e soluções no mercado europeu

Constituem barreiras, sem dúvida, o ainda elevado custo da instalação e produção. Os preços altos de fabrico e instalação poderão, a nosso ver, ser atenuados de diversas formas, nomeadamente através do processo de prefabricação em série, ou em diferentes situações, como coberturas, estruturas de vidro para vãos ou claraboias, substruturas, e também introduzido no material de construção como por exemplo nas vulgares telhas usadas nas coberturas tradicionais.

Atualmente, muitos proprietários, aquando do financiamento para casa própria, optam pela utilização do sistema BIPV, pois além de substituir outros materiais de construção

proporcionando uma redução de custo de 30 a 50 por cento, nalguns casos, a relação custo/benefício está bem fundamentada, o que significa que em simultâneo com o pagamento das prestações do financiamento, estão já a colher os benefícios gerados pelos sistemas fotovoltaicos, pela utilização direta da energia produzida ou até mesmo da sua venda às companhias elétricas nacionais.

Flexibilidade versus orçamento

Alguns projetos que utilizam o sistema BIPV exigem formas e tamanhos variáveis. Esta situação é vulgar e ao mesmo tempo necessária, pois a flexibilidade deverá sempre constar como uma das características fundamentais do BIPV. As variações podem ser observadas tanto nas células solares fotovoltaicas e espaçamentos entre estas, como nos próprios módulos fotovoltaicos. É, contudo óbvio, que os custos serão tanto mais elevados no mercado, quanto maior for a diferença de tipologia entre os módulos fotovoltaicos, diversificados e os padronizados.

Se se estabelecer um plano durante as primeiras etapas todos beneficiarão desde os agentes económicos já enunciados até aos fatores estéticos, otimizando-se tal ação. Não queremos contudo deixar de mencionar outro elemento importante que são os materiais de construção que se utilizam no edifício concomitantemente com os fotovoltaicos. Recomenda-se que estes elementos sejam iguais no que se refere à dimensão, propriedades estruturais, qualidade e sobretudo na sua durabilidade funcional no tempo.

Uma atitude de grande importância seria a de que os profissionais desta área tais como engenheiros, arquitetos e construtores se unissem na utilização do sistema de forma que proliferasse o seu uso, o que favoreceria o preço do fotovoltaico, atualmente elevado, uma vez que a sua produção se cinge a pequenas quantidades. Assim, as compras poderiam ser agregadas, reduzidos os custos, ampliado o mercado e por último tornar viável a produção.

Barreiras técnicas (algum desconhecimento do sistema)

Outro fator que acarreta problemas lamentáveis reside na ausência de conhecimento dos próprios donos de obra e do público, não se cingindo apenas aos profissionais daquela área.

Nalguns países tem havido uma tentativa de contrariar tal cenário, criando para o efeito, manuais acessíveis ao público com informação sobre tecnologias de painéis, desenhos auxiliares e de análise de eficácia do sistema.

No que respeita à educação e à faculdade de prestação de informação ao público, já se incluem nos programas, em variados países Europeus, conhecimentos sobre como trabalhar com fotovoltaicos, sua importância e formas de integração. Igualmente marcante é o papel das instituições públicas que, através das suas obras de construção, se transformam em peça chave para a difusão podendo pôr esta tecnologia ao alcance do cidadão comum.

3.2.9.4 O seu estado em Portugal

Portugal é um país com excelentes condições no que concerne à exposição solar, o que favorece a produção de energia solar elétrica. Contudo, os investimentos feitos com estes sistemas são residuais e fundamentalmente do tipo:

- pequenas habitações / casas que não têm acesso à energia da rede pública, essencialmente nas zonas do Alentejo e Algarve, e sem qualquer preocupação de o integrar na arquitetura;
- algumas aplicações do tipo mobiliário urbano, como sejam utilizações de sistemas de sinalização ao longo das autoestradas, e casos pontuais de iluminação pública fotovoltaica;
- poucos casos de pequenas instalações ligadas à rede pública (sistemas de 5 kW);
- para finalizar, o caso paradigmático do enorme investimento para a maior central de produção de energia solar do mundo (64 MW de potência instalada), construída em Moura, no baixo Alentejo.

De realçar que os exemplos que atrás referimos não espelham nenhum caso de BIPV, excetuando-se alguns casos isolados, sendo os de maior referência, o projeto da Escola Alemã em Lisboa, o edifício solar do Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, Instituto Público. (INETI), recém-constituído e um outro caso de integração que é de solar térmico e não fotovoltaico.

3.2.9.5 Algumas das dificuldades portuguesas

Uma das maiores dificuldades para a implantação do sistema BIPV, como já referimos, prende-se com o seu custo ainda elevado, sendo no entanto um fator idêntico para os outros países, distinguindo-se somente o potencial preço de instalação. Logo podemos decompor os fatores em:

Fatores políticos e legislativos.

Este fatores políticos e legislativos podem ser definidos como:

Alguma ausência de envolvência política no que respeita ao cumprimento dos propósitos de produção de energia renovável, no valor de 39 por cento do total da energia consumida até ao ano de 2010, assim como ausência de uma política estratégica séria para o desenvolvimento sustentável;

Quanto à definição de balizas para a produção de solar fotovoltaico, existe uma certa agitação estratégica, fazendo parecer inalcançável o desafio de 50 (MW) (numa primeira fase), e de 150MW (no momento), se bem que possa até ser possível de atingir. Não ocorreu contudo qualquer incentivo específico para as pequenas utilizações feitas nos edifícios;

Estabelecendo uma comparação entre Portugal e outros países da Europa, em que as taxas incidentes têm uma variação entre os 45 e os 60 por cento, ressalta que o peso fiscal no nosso País é muito pequeno para o custo da energia elétrica, o que resulta num fraco estímulo ao investimento no uso de energia solar, ao contrário daqueles.

Os preços de venda de energia à rede por sistemas fotovoltaicos, os chamados preços verdes, dividem-se entre os sistemas instalados até 5 kW, ou acima de 5 kW. Os preços que se praticam não se consideram prejudiciais, adotando valores até incentivadores, contudo neste caso os problemas advêm da concretização de legislação associada a este mercado, tais como: a) o período máximo de fornecimento à rede é de 15 anos; b) limitações na legislação em Baixa Tensão (pelo menos 51 por cento deve ser para consumo próprio), o que retira parte da rentabilidade; e c) dado o custo da tecnologia, as ajudas ao investimento direto são normalmente diminutas.

Fatores técnicos:

Em Portugal geralmente quem representa este tipo de ofertas são pequenos instaladores elétricos, que, dominam insuficientemente aquela tecnologia integrada na construção, o que amplia a possibilidade de falhas de dimensionamento e de informação técnica. Os níveis de investimento na formação profissional para instaladores do sistema solar fotovoltaico são também muito reduzidos em contraste com o solar térmico.

Fatores de informação e formação:

Relativamente às condições de formação e informação que se realizam em Portugal, dado que uma grande parte dos projetos dependem de informação técnica proveniente de

além-fronteiras, geralmente, dos gabinetes técnicos da sede dos fornecedores, e como Portugal tem um mercado marginal, normalmente a informação demora a chegar;

Por outro lado há uma ausência de currículos académicos ligados ao tema das energias renováveis, nas áreas de Engenharia e Arquitetura (sendo a abordagem feita de uma forma simplista, pelo que o BIPV nunca é focado), e as matérias de Construção e Arquitetura Sustentável só há muito pouco tempo começaram a ser alvo de ações académicas.

Fatores de mercado

Até há muito poucos anos, o modelo de desenvolvimento económico do nosso País estava focado quase exclusivamente na componente da construção civil e obras públicas, o que levou a que se promovesse mais a quantidade em detrimento da qualidade na construção, limitando inclusivamente a aplicação de novos conceitos, nomeadamente a construção sustentável.

Fatores estruturantes e organizacionais

Quanto aos fatores estruturantes e organizacionais, podemos indicar dois:

- o primeiro refere-se à estruturação dos sistemas de rede pública para a receção de energia produzida por fontes renováveis, que está ainda muito aquém das expectativas e carências, e no que respeita à função administrativa, ela é muito morosa no tratamento dos processos existe falta de formação dos técnicos, e juntando todos estes problemas temos que concluir que lidamos com grandes obstáculos;

- o segundo fator está relacionado com Códigos elétricos e Regulamentos de construção que são pouco esclarecedores quanto a estas novas aplicações.

Fatores culturais

A maior parte das cidades portuguesas manifestam inibição quanto à incorporação de construções com componentes arquitetónicos diferentes e mais arrojadas, sobretudo as cidades do interior do País, excessivamente limitadas a enquadramentos urbanos, excessivamente rigorosos.

Ideias preconcebidas

Experiências que não resultaram bem no passado em Portugal, como foi no passado a energia solar térmica, fizeram com que se generalizasse uma ideia de insucesso a toda a energia solar. O que se verifica é a ligação da noção que ficou dessa experiência do passado

ao risco de investimento na energia solar tendo a energia solar fotovoltaica ficado ainda mais penalizada face ao seu preço de execução, pelo que se acentuou numa suposição totalmente errada que, ainda hoje subsiste no meio dos intervenientes do mercado.

A iniciativa portuguesa

Finda esta apreciação que evidencia a dificuldade de entrada de novos conceitos que podemos acrescer ainda a reduzida procura do mercado pela diferenciação na oferta, estaríamos perante o desânimo total, não fora podermos introduzir algumas modificações positivas que começam a ocorrer no mercado, que representam sinais que acusa a abertura de muitas oportunidades para o sistema BIPV.

As mudanças a que nos referimos apresentam as seguintes características:

- oportunidade para a diferenciação e valor acrescentado na construção; dado que o modelo económico referido se encontra esgotado, as empresas e promotores de imobiliário, líderes de mercado, na busca de novos horizontes começam atualmente a identificar o mercado de valor acrescentado, pelo que estamos a começar a assistir a uma construção com boa qualidade, que se distingue pelos novos conceitos e materiais;
- implementação da Diretiva Comunitária para a Eficiência Energética em Edifícios - esta diretiva comunitária revelou-se o fator mais impulsionador das alterações estruturantes no setor da construção e obrigou a uma transformação do nível de preparação de arquitetos e projetistas na endogeneização de novas exigências e definição de novos objetivos, antevendo-se uma alteração no ambiente geral de todo o setor, havendo dois fatores que realçamos neste novo enquadramento legislativo - um que tem a ver com o fato de obrigar à análise económico-financeiro de viabilidade para a implementação de energias renováveis em edifícios, condição que possibilita estabelecer uma grande possibilidade para o sistema BIPV; outro é que estimula a iluminação natural controlada por meio de luz natural através do uso de fachadas semitransparentes, o que tem levado à procura de fachadas com vidro duplo e triplo, mas caracterizadas por outro tipo de vidro com determinados requisitos no controlo da luz natural assim como da função sombreamento. Esta nova circunstância pode dar origem a uma oportunidade para a nova geração de módulos com Células de Filme Fino semitransparente e opaco, que assumem atualmente bons níveis de eficiência em termos de produção de energia solar fotovoltaica;
- abertura de novos mercados preferenciais, como o do Turismo, e do Imobiliário ligado à oferta complementar turística, baseando-se nos desenvolvimentos estratégicos para

Portugal se tornar um País competitivo, o setor do Turismo deverá apostar grandemente em cadeias de valor associadas aos conceitos de Eco-Turismo, Turismo Ambiental e Turismo Sustentável, e de mercados de alta e média-alta qualidade, e este enfoque consentirá a utilização do BIPV como forte instrumento de marketing ambiental para a componente turística;

- tendência para uma cada vez maior discussão política sobre a sustentabilidade - especificamente no ambiente autárquico é bastante necessária a discussão do desenvolvimento das cidades e este reforço pode conduzir a que se fomentem a nível local, investimentos na componente renovável em edifícios a construir ou já construídos, o que proporcionará o ambiente desejado para a efetuação do sistema BIPV na relação com as Cidades Sustentáveis;
- maior proximidade de centros de conhecimento para as Energias Renováveis - verificámos que o mercado das Energias Renováveis teve em Espanha um grande crescimento o que possibilitam também, pela proximidade, um maior crescimento e conhecimento no nosso mercado, no domínio de sistemas tipo BIPV. Podemos recordar contudo, que até há poucos anos atrás, estes sistemas eram apenas desenvolvidos e pertencentes ao Norte da Europa, sendo muito difícil a sua dinamização num País da periferia como o nosso.

3.2.9.6 Um sistema voltado para o futuro

Com a utilização deste sistema (BIPV) são garantidas, em simultâneo, várias e importantes funções, como a utilização de elementos estruturais, de revestimento ou de proteção do edifício para a fixação das células fotovoltaicas, e a possível utilização cumulativa de espaços disponíveis para a fixação de módulos fotovoltaicos. Quer as células quer os módulos, podem ser colocados em coberturas, fachadas ou em palas de ensombramento.

Em parte, ou em toda a envolvente dos edifícios construídos ou a construir, podem ser usados módulos transparentes, como os de silício cristalino microperfurado e de silício amorfo transparente, cuja grande vantagem, reside na eventualidade de se for importante considerar para o edifício em concreto, dá-nos a garantia de obter a entrada de uma boa parte da luz natural para dentro do edifício através destes módulos. Existem também disponíveis células fotovoltaicas de variadas cores, sendo possível o seu uso, quer na fabricação dos módulos, quer na aplicação direta sobre os materiais de revestimentos final, e esta diversidade de cores torna-se interessante do ponto de vista de não limitar a imaginação de qualquer

arquiteto ou designer. Assim, para além da possível auto suficiência em termos de consumos energéticos a partir da produção gerada pelo sistema instalado em cada edifício, poderão ainda ficar com uma moderna imagem arquitetónica.

Este sistema integrado é o resultado de elevados investimentos mundiais em investigação, uma vez que foi necessário aplicar um elevado grau de conhecimentos que envolveu especialistas em arquitetura e nas engenharias civil e fotovoltaica, para que, no final, se tivesse obtido o crescente sucesso que atualmente se reconhece, das aplicações do referido sistema em termos mundiais com muito boas provas dadas.

Um dos fatores fundamentais para que o sucesso da instalação fotovoltaica seja garantido é a orientação, face ao sol, em cada local, uma vez que, uma maior e melhor incidência solar nas células e/ou módulos se vai traduzir diretamente num maior rendimento na produção de energia elétrica fotovoltaica. A Figura 133 ilustra, de uma forma esquemática os rendimentos do sistema fotovoltaico, em função da exposição solar. Deve observando-se quais as melhores orientações a utilizar para a implementação de qualquer tipo de sistema solar fotovoltaico de acordo com a localização, qualquer que seja o tipo de edifícios isolados ou não. Da leitura obtida verificaremos que a melhor orientação solar é a Sul, com um ângulo de inclinação o mais perpendicular ao Sol, durante o maior número de horas possíveis.

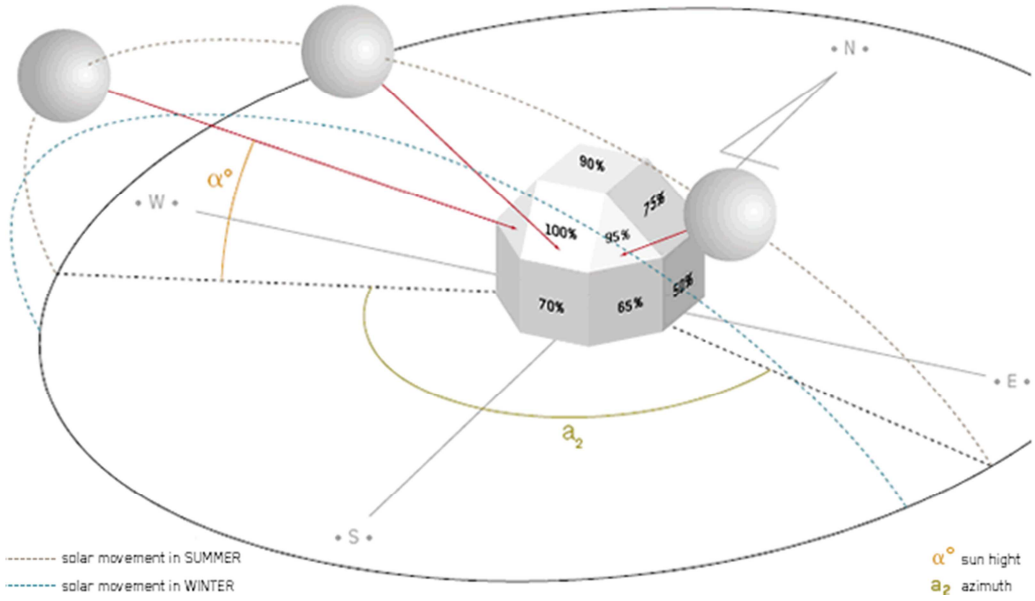


Figura 133
Esquema dos rendimentos solares fotovoltaicos face à exposição solar
Fonte: http://www.sapa-solar.com/performance-PV.html

3.2.9.7 Alguns dos módulos e painéis mais direcionados para a sua integração em edifícios

Como resultado do desenvolvimento tecnológico, relativamente aos meios técnicos disponíveis para transformação da energia solar fotovoltaica em energia elétrica, beneficiamos do aproveitamento da irradiação solar como fonte de energia renovável e limpa, assim como da sua contribuição para o embelezamento dos locais e dos edifícios onde forem aplicados e em simultâneo garantimos a produção da energia eléctrica que pode ser consumida localmente ou, lançada na rede geral de distribuição. Salienta-se também o facto destes módulos e painéis solares constituírem uma alternativa razoável para o revestimento final dos edifícios e que, por isso, representam mais um elemento à disposição dos projetistas.

Através de uma pesquisa internacional exaustiva sobre as possibilidades que o mercado atualmente oferece no que se refere aos tipos de módulos e células fotovoltaicas, apresentamos as imagens de algumas das mais recentes soluções retratados nas Figuras 134 a 144.



Figura 134
Fonte:http://www.flexcell.com/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=43

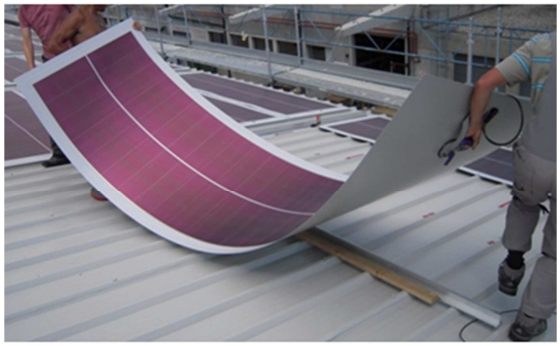


Figura 135
Fonte:http://www.flexcell.com/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=4

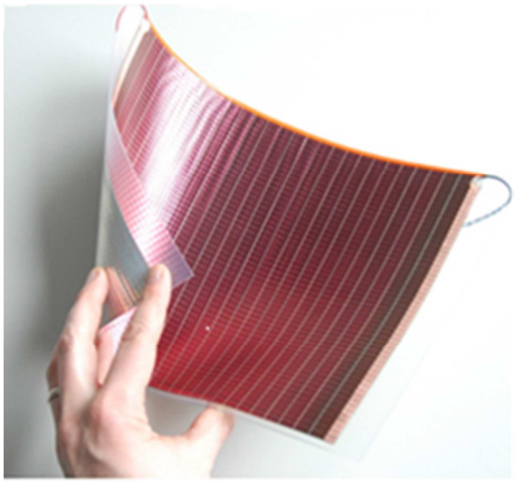


Figura 136
Fonte:http://www.flexcell.com/index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=43



Figura 137
Fonte: http://www.portal-energia.com



Figura 138
Telhas solares fotovoltaicas incorporando Células de Filmes finos
Fonte: http://divulgarciencia.com/categoria/telhas-solares



Figura 139
Cobertura com telhas solares fotovoltaicas incorporando Células de Filmes finos
Fonte: http://buildaroo.com/news/pt/article/dow-solar-powerhouse-solar-roofing-shingles/

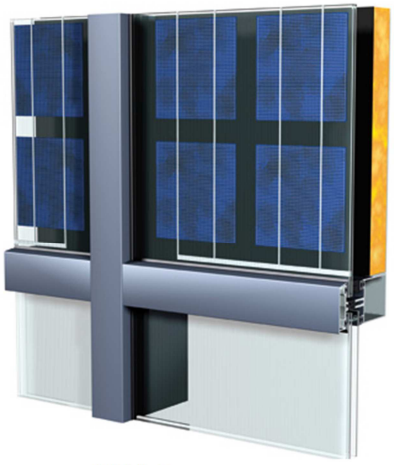


Figura140
Vista de módulo com células de Filmes finos, em envidraçado
Fonte:http://www.sapagroup.com/Companies/Sapa%20Portugal%20S.A/Noticias/CatalogoSapaSolar.pdf



Módulo de Filme Fino Opaco

Figura141
Vista de módulo opaco com células de Filmes finos, em envidraçado
Fonte:http://www.sapagroup.com/Companies/Sapa%20Portugal%20S.A/Noticias/CatalogoSapaSolar.pdf



Módulo Opaco

Figura 142
Vista de módulo opaco com células de Filmes finos, em envidraçado
Fonte:http://www.sapagroup.com/Companies/Sapa%20Portugal%20S.A/Noticias/CatalogoSapaSolar.pdf

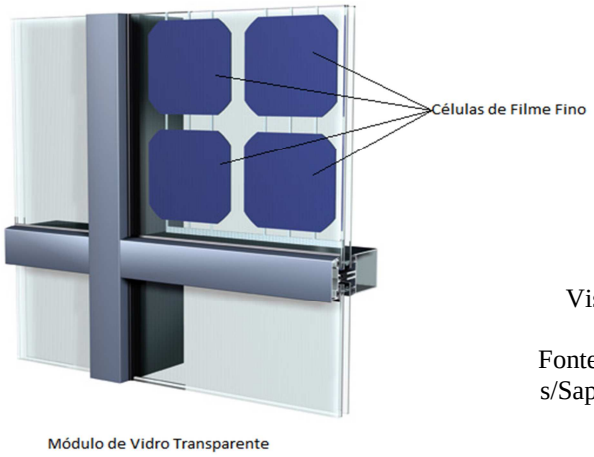


Figura143
Vista de módulo com células de Filmes finos, em envidraçado
Fonte:http://www.sapagroup.com/Companies/Sapa%20Portugal%20S.A/Noticias/CatalogoSapaSolar.pdf

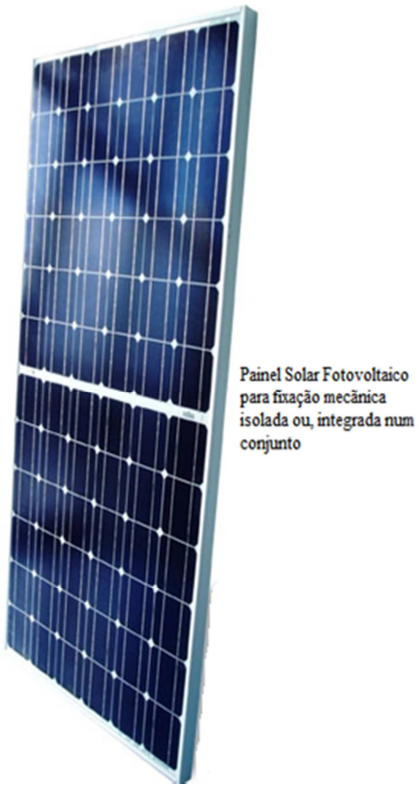


Figura 144
Vista de um painel solar fotovoltaico com aplicações múltiplas
Fonte: Sapa Solar

De todas as imagens apresentadas, que se referem a construções concretas de variados tipos de módulos ou painéis solares fotovoltaicos, quer individuais ou através da impregnação de células fotovoltaicas em diferentes bases, podemos concluir que são praticamente inesgotáveis as possibilidades de dotar com módulos e/ou células solares fotovoltaicas qualquer tipo de edifício destinado a Museu, quer se trate dos existentes ou

construídos de raiz.

3.2.9.8 . A capacidade de geração de energia elétrica pela via fotovoltaica em algumas cidades portuguesas

Como já foi referido, Portugal é um dos países da Europa com maior irradiação solar ao longo de todo o ano. Face a esta localização privilegiada e no sentido de avaliarmos a real possibilidade que temos para produzir, pelo menos uma grande parte da energia elétrica que consumimos, quer seja através de centrais fotovoltaicas isoladas, de capacidades de produção variáveis, ou de sistemas fotovoltaicos integrados nos edifícios construídos ou a construir, iremos referir de seguida relativamente à tecnologia fotovoltaica de Silício Cristalino, quais as melhores orientações solares dos painéis, em cada um dos locais escolhidos, assim como a capacidade de produção de energia elétrica por cada quilowatt (KW) de potência nominal instalado no sistema fotovoltaico utilizado.

Assim, foram escolhidas algumas cidades como sendo Faro, Beja, Lisboa, Castelo Branco, Coimbra, Porto e Bragança, que pensamos representarem, face às suas localizações, as diferentes características climatológicas existentes no nosso território continental e, face a essa escolha iremos apresentar de modo aproximado as respetivas capacidades de produção anuais de energia elétrica, a partir da energia solar fotovoltaica, usando a tecnologia fotovoltaica já referida acima.

Para a obtenção de alguns dos valores que vamos indicar, utilizaremos um programa específico disponível pela União Europeia no sítio:

"http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe"

Começamos pelo Sul do País e vamos analisar a capacidade de produção para a cidade de Faro, cuja localização é 37°0'59" N, 7°56'0" W e onde a energia eléctrica produzida e explicitada está relacionada apenas com uma potência instalada de 1,0 kWp. Todos os elementos que se indicam abaixo, são resultado da escolha múltipla permitida por esse programa que otimiza as direções, inclinações e altitudes, para que a produção de energia seja máxima em cada local, consoante a sua irradiação solar. A irradiação solar considerada foi retirada dos registos disponíveis nas bases de dados observadas pela União Europeia e, assim, teremos:

- potência nominal instalada para o sistema fotovoltaico considerado: 1,0 kWp (Silício cristalino);

- inclinação ótima dos módulos: 32,0 graus;
- orientação ótima (azimute) dos módulos: -1,0 grau;
- perdas estimadas devido à temperatura local ambiente: 9.6%;
- perdas devido aos efeitos da reflexão angular: 2.6%;
- outras perdas (cabos, inversores e outros acessórios): 14.0%;
- perdas combinadas do sistema fotovoltaico: 26.2%.

A partir da definição destas variáveis, obtivemos os resultados que se explicitam nas Figuras 145 e 146, salientando-se o facto de estes corresponderem a uma produção real, ou seja, foi considerado no seu cálculo um rendimento máximo de cerca de 75% para os módulos fotovoltaicos.

Obtêm-se assim, nas condições otimizadas, uma produção média mensal de energia elétrica de 127,00 kWh, e uma produção máxima de 159,00 kWh alcançada durante o mês de Julho, e uma produção mínima de 85,00 kWh atingida no mês de Dezembro. No entanto, é de salientar que, apenas em três meses do ano inteiro, foram atingidas produções inferiores a 100,00 kWh, por cada kWp de potência nominal instalado.

Esta capacidade de produção é muito significativa, uma vez que, por cada pequena «central» que possua instalada a quantidade de módulos solares das diferentes tecnologias e/ou outras formas disponíveis, com uma potência instalada de 1kWp, produz energia elétrica de 1524 kWh/por ano.

Como exemplo, podemos referir que, se a opção escolhida for a de instalar os tradicionais módulos solares, estes têm capacidades de produção muito variáveis, que podem atingir cerca de 240 Wh o que, grosso modo, significaria montar quatro módulos para que a produção fosse a atrás referida. O espaço físico necessário para a sua implantação seria de cerca de 1,5 m2 que, sendo devidamente estudada a sua integração no local, poderá ser utilizado como revestimento final de qualquer edifício.

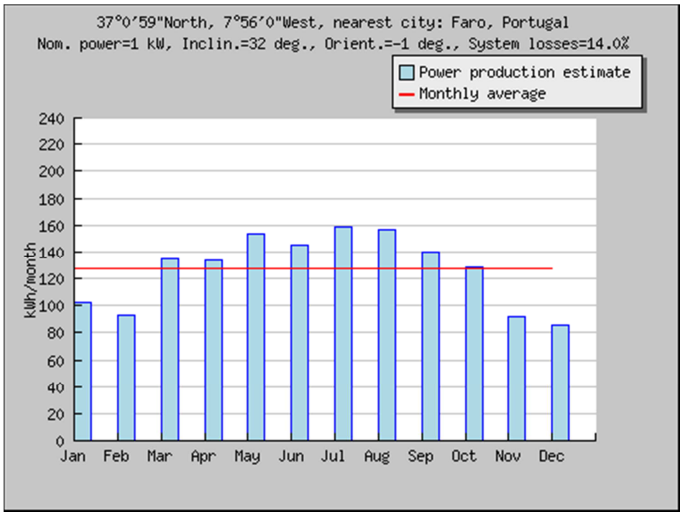


Figura 145
Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Nesta figura 145, temos uma visão gráfica global de toda a produção de energia elétrica estimada ao longo dos meses de cada ano para a cidade de Faro.

Geração de energia elétrica fotovoltaica para uma potência nominal instalada de 1,0 kWp e perdas no sistema de 14,0%		
Meses	Inclin. dos módulos = 32 graus e Orient.= -1 grau	
	Produção mensal (kWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	102	3,3
Fevereiro	93	3,3
Março	135	4,3
Abril	134	4,5
Maio	153	4,9
Junho	145	4,8
Julho	159	5,1
Agosto	157	5,1
Setembro	140	4,7
Outubro	129	4,2
Novembro	92	3,1
Dezembro	85	2,7
Produção média	127	4,2
Produção total (kWh)	1524	

Figura 146
Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Na Figura 146, os valores mencionados, representam com rigor a produção média estimada de energia elétrica quer diária quer mensal, na cidade escolhida (Faro).

Passando para a cidade de Beja, cuja localização é 38° 0' 50" N, 7° 51' 47" W: Os valores otimizados considerados para o cálculo do sistema fotovoltaico foram os seguintes:

- potência nominal considerada para o sistema fotovoltaico: 1.0 kWp (Silício cristalino)
- inclinação ótima dos módulos: 33,0 graus;
- orientação ótima (azimute) dos módulos: -1,0 grau;
- perdas estimadas devido à temperatura local ambiente: 9,7%;
- perdas devido aos efeitos da reflexão angular: 2,7%;
- outras perdas (cabos, inversores e outros acessórios): 14,0%;
- perdas combinadas do sistema fotovoltaico: 26,4%.

Com base nestes dados obtivemos os valores correspondentes à produção de energia elétrica que se explicitam nas Figuras 147 e 148, e que correspondem à produção real de energia, ou seja, tendo já introduzido o fator relativo ao rendimento máximo para os módulos fotovoltaicos em cerca de 75%.

Constatamos que a capacidade de produção de energia elétrica nesta cidade é muito semelhante à da cidade de Faro. Com uma produção média mensal de 127,00 kWh, atinge o máximo de 160,00 kWh durante o mês de Agosto, e vai até ao valor mínimo de 84,00 kWh durante o mês de Dezembro. No entanto, apenas em quatro meses durante todo o ano foram atingidos valores de produção inferiores a 100,00 kWh, por cada kWp de potência nominal instalado. A irradiação solar existente origina este bom desempenho.

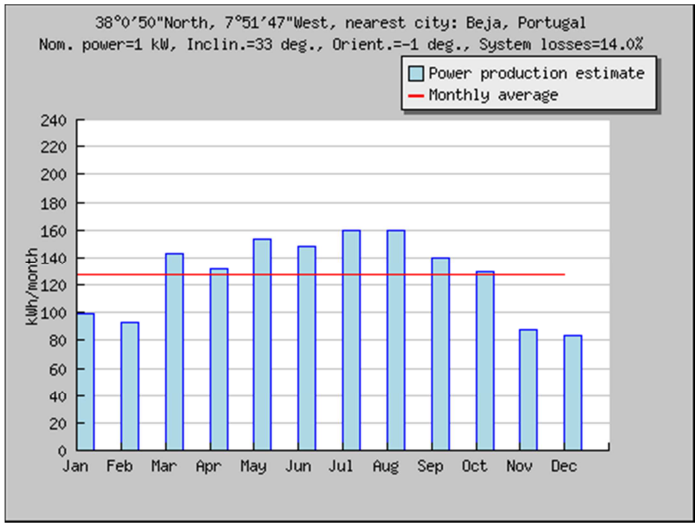


Figura 147
Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KWp de potência instalada
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Nesta figura 147, temos uma visão gráfica global de toda a produção de energia elétrica estimada ao longo de todos os meses do ano para a cidade de Beja.

Geração de energia elétrica fotovoltaica para uma potência nominal instalada de 1,0 kWp e perdas no sistema de 14,0%		
Meses	Inclin. dos módulos = 33 graus e Orient.= -1 grau	
	Produção mensal (kWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	99	3,2
Fevereiro	92	3,3
Março	143	4,6
Abril	132	4,4
Maio	153	4,9
Junho	148	4,9
Julho	159	5,1
Agosto	160	5,2
Setembro	140	4,7
Outubro	130	4,2
Novembro	87	2,9
Dezembro	84	2,7
Produção média	127	4,2
Produção total (kWh)	1527	

Figura 148
Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KWp de potência instalada
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Na Figura 148 os valores mencionados, representam, com rigor a produção média estimada de energia elétrica quer diária quer mensal, na cidade escolhida (Beja).

Para a cidade de Lisboa, localizada em 38° 43' 59" N, 9° 8' 0" W, os dados otimizados para o cálculo da produção de energia elétrica para o sistema fotovoltaico escolhido, foram os seguintes:

- potência nominal considerada para o sistema fotovoltaico: 1.0 kWp (Silício cristalino)
- inclinação ótima dos módulos: 33,0 graus;
- orientação ótima (azimute) dos módulos: 0,0 graus;
- perdas estimadas devido à temperatura local ambiente: 8,9%;
- perdas devido aos efeitos da reflexão angular: 2,6%;
- outras perdas (cabos, inversores e outros acessórios): 14,0%;

- perdas combinadas do sistema fotovoltaico: 25,5%.

A partir destes dados, que são os que melhores produções proporcionam, obtivemos os valores que se explicitam nas Figuras 149 e 150, que correspondem à produção real de energia, ou seja, tendo já introduzido o fator relativo ao rendimento máximo para os módulos fotovoltaicos de cerca de 75%.

Concluímos assim, que para o sistema fotovoltaico e condições definidas para a cidade de Lisboa, é atingida uma produção média mensal de energia elétrica de 118,00 kWh, com um valor máximo de produção de 152,00 kWh alcançado durante os meses de Julho e Agosto, sendo o valor mínimo de produção de 77,00 kWh atingido no mês de Dezembro. No entanto, apenas em quatro meses durante todo o ano foram atingidos valores de produção inferiores a 100,00 kWh. Por cada kWp de potência nominal instalado.

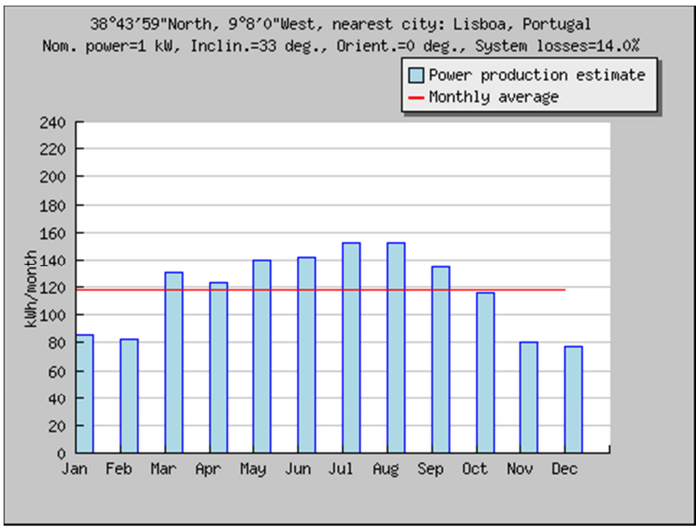


Figura 149
Estimativa gráfica mensal de produção de energia elétrica por cada 1KW de potência instalada
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Nesta figura 149, temos uma visão gráfica global de toda a produção de energia elétrica estimada ao longo de todos os meses do ano para a cidade de Lisboa.

Geração de energia elétrica fotovoltaica para uma potência nominal instalada de 1,0 kWp e perdas no sistema de 14,0%		
Meses	Inclin. dos módulos = 33 graus e Orient.= 0 graus	
	Produção mensal (kWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	85	2,8
Fevereiro	83	3
Março	130	4,2
Abril	124	4,1
Maio	140	4,5
Junho	142	4,7
Julho	152	4,9
Agosto	152	4,9
Setembro	135	4,5
Outubro	116	3,7
Novembro	80	2,7
Dezembro	77	2,5
Produção média	118	3,9
Produção total (kWh)	1416	

Figura 150
Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Na Figura 150, os valores mencionados representam com rigor a produção média estimada de energia elétrica quer diária quer mensal, na cidade escolhida (Lisboa).

Para a cidade de Castelo Branco, com a localização 39° 49’ 54’’N, 7° 29' 34" W, os dados otimizados para o cálculo da produção de energia elétrica para o sistema fotovoltaico escolhido, foram os seguintes:

- potência nominal considerada para o sistema fotovoltaico: 1.0 kWp (Silício cristalino);
- inclinação ótima dos módulos: 34,0 graus;
- orientação ótima (azimute) dos módulos: -1,0 graus;
- perdas estimadas devido à temperatura local ambiente: 9,2%;
- perdas devido aos efeitos da reflexão angular: 2,7%;
- outras perdas (cabos, inversores e outros acessórios): 14,0%;
- perdas combinadas do sistema fotovoltaico: 25,8%.

A partir destes dados, que são os que proporcionam melhores produções

obtivemos os resultados que se explicitam nas Figuras 151 e 152, que correspondem à produção real de energia, ou seja, tendo já introduzido o fator relativo ao rendimento máximo para os módulos fotovoltaicos de cerca de 75%.

Verificamos que os resultados obtidos, atingem uma produção média mensal de energia elétrica de 118,00 kWh, com um valor máximo de 156,00 kWh, alcançado durante o mês de Agosto e, um valor mínimo de 73,00 kWh atingido no mês de Dezembro. Apenas em quatro meses durante todo o ano foram atingidos valores de produção inferiores a 100,00 kWh por cada kWp de potência nominal instalado.

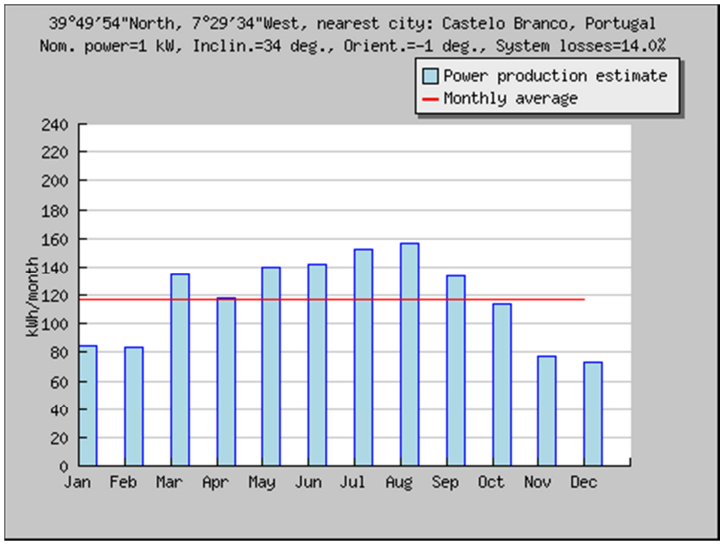


Figura 151
Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Nesta figura 151, temos uma visão gráfica global de toda a produção de energia elétrica estimada ao longo de todos os meses do ano para a cidade de Castelo Branco.

Geração de energia elétrica fotovoltaica para uma potência nominal instalada de 1,0 kWp e perdas no sistema de 14,0%		
Meses	Inclin. dos módulos = 34 graus e Orient.= -1 graus	
	Produção mensal (kWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	85	2,7
Fevereiro	83	3,0
Março	135	4,3
Abril	117	3,9
Maio	139	4,5
Junho	142	4,7
Julho	152	4,9
Agosto	156	5,0
Setembro	133	4,4
Outubro	114	3,7
Novembro	78	2,6
Dezembro	73	2,4
Produção média	117	3,8
Produção total (kWh)	1407	

Figura 152
Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Na Figura 152, os valores mencionados representam com rigor a produção média estimada de energia elétrica quer diária quer mensal, na cidade escolhida (Castelo Branco).

Para a cidade de Coimbra, cuja localização é 40° 12’ 21’’N, 8° 25' 15" W, os dados otimizados para o cálculo da produção de energia elétrica para o sistema fotovoltaico escolhido, foram os seguintes:

- potência nominal considerada para o sistema fotovoltaico: 1.0 kWp (Silício cristalino);
- inclinação ótima dos módulos: 34,0 graus;
- orientação ótima (azimute) dos módulos: -1,0 graus;
- perdas estimadas devido à temperatura local ambiente: 8,8%;
- perdas devido aos efeitos da reflexão angular: 2,7%;
- outras perdas (cabos, inversores e outros acessórios): 14,0%;
- perdas combinadas do sistema fotovoltaico: 25,5%.

A partir destes dados, que são os que melhores produções proporcionam,

obtivemos os resultados que se explicitam nas Figuras 153 e 154, que correspondem à produção real de energia, ou seja, tendo já introduzido o fator relativo ao rendimento máximo para os módulos fotovoltaicos de cerca de 75%.

Os resultados obtidos para a cidade de Coimbra, atingem uma produção média mensal de energia elétrica de 114,00 kWh, com um valor máximo de 151,00 kWh alcançado durante o mês de Agosto, sendo que o valor mínimo de 70,00 kWh foi atingido no mês de Dezembro. No entanto, em quatro meses durante todo o ano foram atingidos valores inferiores a 100,00 kWh, por cada kWp de potência nominal instalado.

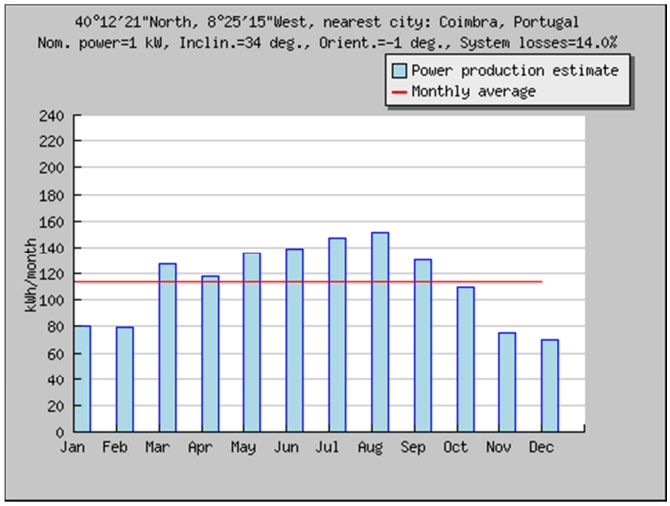


Figura 153
Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Nesta figura 153, temos uma visão gráfica global de toda a produção de energia elétrica estimada ao longo de todos os meses do ano na cidade de Coimbra.

Geração de energia elétrica fotovoltaica para uma potência nominal instalada de 1,0 kWp e perdas no sistema de 14,0%		
Meses	Inclin. dos módulos = 34 graus e Orient.= -1 graus	
	Produção mensal (kWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	80	2,6
Fevereiro	80	2,8
Março	127	4,1
Abril	118	3,9
Maio	136	4,4
Junho	139	4,6
Julho	147	4,7
Agosto	151	4,9
Setembro	131	4,4
Outubro	109	3,5
Novembro	75	2,5
Dezembro	70	2,2
Produção média	114	3,7
Produção total (kWh)	1363	

Figura 154
Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Na Figura 154, os valores mencionados, representam com rigor a produção média estimada de energia elétrica quer diária quer mensal, na cidade escolhida (Coimbra).

Para a cidade do Porto, com a localização de: 41° 8’ 59’’N, 8° 37' 0" W, os dados otimizados para o cálculo da produção de energia elétrica para o sistema fotovoltaico escolhido, foram os seguintes:

- potência nominal considerada para o sistema fotovoltaico: 1.0 kWp (Silício cristalino)
- inclinação ótima dos módulos: 34,0 graus;
- orientação ótima (azimute) dos módulos: -1,0 graus;
- perdas estimadas devido à temperatura local ambiente: 8,7%;
- perdas devido aos efeitos da reflexão angular: 2,8%;
- outras perdas (cabos, inversores e outros acessórios): 14,0%;
- perdas combinadas do sistema fotovoltaico: 25,4%.

A partir destes dados, que são os que melhores produções proporcionam,

obtivemos os resultados que se explicitam nas Figuras 155 e 156, que correspondem à produção real de energia, ou seja, tendo já introduzido o fator relativo ao rendimento máximo para os módulos fotovoltaicos de cerca de 75%.

Os resultados obtidos para a cidade do Porto, indicam uma produção média mensal de energia elétrica de 112,00 kWh, com um valor máximo de 149,00 kWh atingido durante o mês de Agosto, sendo que o valor mínimo de 64,00 kWh foi atingido no mês de Dezembro. No entanto, salienta-se que nesta cidade durante cinco meses foram atingidos valores inferiores a 100,00 kWh, por cada kWp de potência nominal instalado.

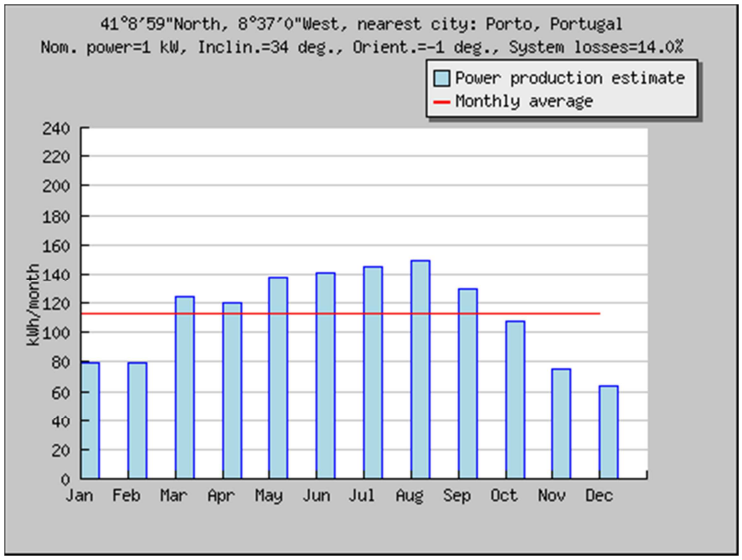


Figura 155
Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Nesta figura 155, temos uma visão gráfica global de toda a produção de energia elétrica estimada ao longo de todos os meses do ano na cidade do Porto.

Geração de energia elétrica fotovoltaica para uma potência nominal instalada de 1,0 kWp e perdas no sistema de 14,0%		
Meses	Inclin. dos módulos = 34 graus e Orient.= -1 graus	
	Produção mensal (kWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	79	2,6
Fevereiro	79	2,8
Março	124	4,0
Abril	120	4,4
Maio	137	4,7
Junho	141	4,7
Julho	145	4,8
Agosto	149	4,3
Setembro	129	3,5
Outubro	107	2,5
Novembro	75	2,1
Dezembro	64	2,4
Produção média	112	3,6
Produção total (kWh)	1349	

Figura 156
Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Na Figura 156, os valores mencionados, representam com rigor a produção média estimada de energia elétrica quer diária quer mensal, na cidade escolhida (Porto).

Finalmente para a cidade de Bragança, com a localização de: 41° 48’ 26’’N, 6° 45' 18" W, os dados otimizados para o cálculo da produção de energia elétrica para o sistema fotovoltaico escolhido, foram os seguintes:

- potência nominal considerada para o sistema fotovoltaico: 1.0 kWp (Silício cristalino);
- inclinação ótima dos módulos: 34,0 graus;
- orientação ótima (azimute) dos módulos: -1,0 graus;
- perdas estimadas devido à temperatura local ambiente: 8,1%;
- perdas devido aos efeitos da reflexão angular: 2,7%;
- outras perdas (cabos, inversores e outros acessórios): 14,0%;
- perdas combinadas do sistema fotovoltaico: 24,8%.

A partir destes dados, que são os que melhores produções proporcionam, obtivemos os resultados que se explicitam nas Figuras 157 e 158, que correspondem à

produção real de energia, ou seja, tendo já introduzido o fator relativo ao rendimento máximo para os módulos fotovoltaicos de cerca de 75%.

Para a cidade de Bragança, os valores de produção de energia elétrica obtidos, atingem uma média mensal de 111,00 kWh, com um valor máximo de 152,00 kWh atingido durante o mês de Agosto, sendo que o valor mínimo de 55,00 kWh foi atingido no mês de Dezembro. Em quatro meses durante todo o ano foram atingidos valores inferiores a 100,00 kWh, por cada kWp de potência nominal instalado.

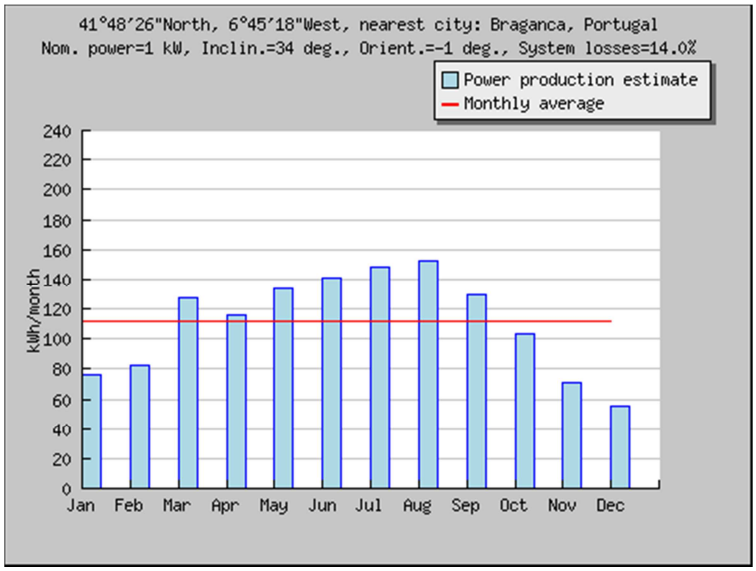


Figura 157
Estimativa gráfica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte:http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Nesta figura 157, temos uma visão gráfica global de toda a produção de energia elétrica estimada ao longo de todos os meses do ano em Bragança.

Geração de energia elétrica fotovoltaica para uma potência nominal instalada de 1,0 kWp e perdas no sistema de 14,0%		
Meses	Inclin. dos módulos = 34 graus e Orient.= -1 graus	
	Produção mensal (kWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	76	2,5
Fevereiro	83	2,9
Março	127	4,1
Abril	116	3,9
Maio	134	4,3
Junho	141	4,7
Julho	148	4,8
Agosto	152	4,9
Setembro	130	4,3
Outubro	103	3,3
Novembro	71	2,4
Dezembro	55	1,8
Produção média	111	3,7
Produção total (kWh)	1336	

Figura 158
Estimativa numérica de produção de energia elétrica mensal por cada 1KW de potência instalada
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvest.php?lang=en&map=europe

Na Figura 158, os valores mencionados representam com rigor a produção média estimada de energia elétrica quer diária quer mensal, na cidade escolhida.

Pelos exemplos atrás estudados, podemos concluir qual a produção de energia elétrica a partir da fonte solar fotovoltaica nestas cidades, que representam com alguma fidelidade os tipos de variações climáticas em Portugal oscilando entre a mais favorável, que é a cidade de Beja, com uma produção total anual de 1527,0 kWh e, a menos favorável, que é Bragança, com 1336,0 kWh.

Esta diferença de capacidade produtiva de cerca de 15%, entre os locais mais e menos favoráveis do nosso país, é apenas devido à menor ou maior irradiação solar, não sendo motivo para que não se capte e produza massivamente esta energia em qualquer ponto do país. A sua rentabilidade ambiental está assegurada de imediato e a económica só dependerá dos fortes investimentos que venham a ser feitos e que, necessariamente, surgirão a muito curto prazo. Este raciocínio é válido para todos os tipos de tecnologias fotovoltaicas já focadas, tendo-se apenas em conta as diferentes aplicações e diferenças de rendimento de cada uma.

3.2.9.9 Identificação e descrição sucinta de alguns tipos de sistemas fotovoltaicos integrados instalados em edifícios

Os sistemas fotovoltaicos integrados estão estudados e são concebidos para poderem produzir energia elétrica em condições físicas variáveis, que vão desde os módulos isolados apostos ou próximos dos edifícios até à sua perfeita integração nos próprios edifícios. No entanto, esta energia elétrica produzida pode ter destinos imediatos diversos, podendo servir para consumo local e, o excedente ser armazenado em baterias próprias para consumo posterior em dias de menor capacidade de produção ou, produzir e fornecer toda a sua produção ininterruptamente à rede geral de distribuição pública. Esta segunda possibilidade permite a obtenção de benefícios fiscais e apoios financeiros à luz da legislação portuguesa vigente constituindo um incentivo aos investimentos necessários nesta área das energias renováveis.

A Figura 159 apresenta o esquema simplificado de funcionamento da produção de energia elétrica a partir da energia solar fotovoltaica para consumo exclusivamente local, ou seja, em que toda a produção é consumida no local ou, quando o consumo é inferior à produção, esta é armazenada em baterias apropriadas para que nas alturas de baixa produção seja então consumida. É uma boa solução e mesmo preferencial para locais isolados dos centros urbanos ou, privados da rede de abastecimento pública de energia elétrica.

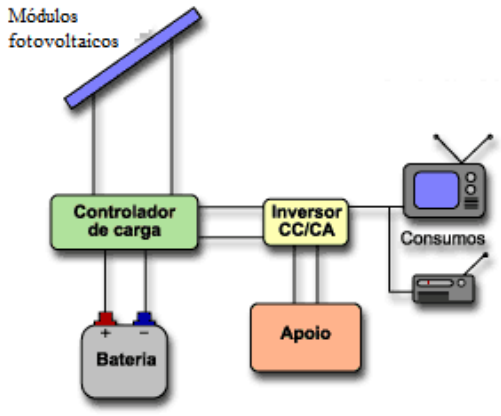


Figura 159
Esquema de um sistema solar fotovoltaico usando
baterias para armazenamento do excesso de produção
Fonte: http://www.google.pt/imgres?imgur

A Figura 160, representa o esquema de produção de energia elétrica a partir dos módulos ou sistemas fotovoltaicos, em que esta, tanto pode ser utilizada para consumo imediato, como para colocar na rede geral de distribuição toda a sua produção em algumas horas do dia, ou ainda, fornecer à rede geral de distribuição aquela que não for consumida.

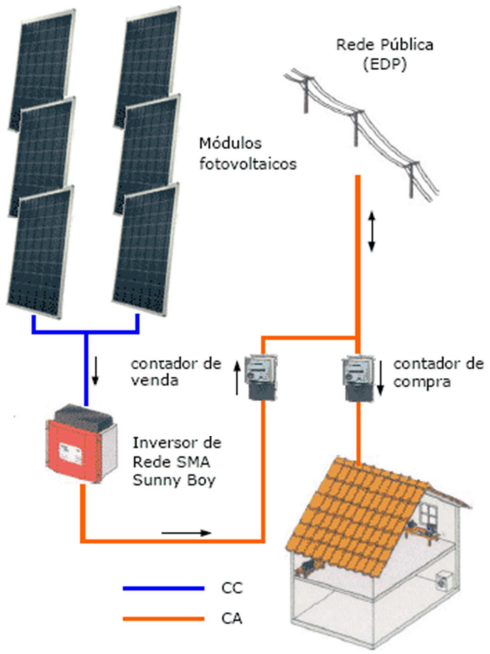


Figura 160
Esquema de um sistema solar fotovoltaico para produção de energia e/ou colocá-la na rede de distribuição geral
Fonte: http://www.google.pt/imgres?imgurl

Nesta situação as baterias não são normalmente utilizadas, trata-se de um recurso ainda bastante oneroso, uma vez que a sua vida útil não é muito longa e é exigida uma manutenção regular e frequente que naturalmente acarreta mais custos, sem que as contrapartidas daí provenientes o justifiquem. As baterias são fundamentais mas para as utilizar nos locais mais isolados, mas a sua utilização não se apresenta muito viável enquanto a sua tecnologia não evoluir de forma a permitir o seu fabrico a custos mais reduzidos e com vida útil mais prolongada.

Assim, para estes sistemas, será economicamente mais vantajoso colocar na rede geral de distribuição pública toda a energia produzida ou, aquela que não for consumida no momentos da sua produção.

Pelo mundo fora, os sistemas integrados fotovoltaicos já são utilizados para as mais diversas utilizações em alguns tipos de edifícios, desde os destinados a habitações e serviços, até aos edifícios públicos, onde se incluem os Museus.

Iremos no ponto seguinte referir alguns exemplos de edifícios que integram, com sucesso, estes sistemas fotovoltaicos, onde se incluem alguns imóveis onde funcionam Museus.

3.2.9.9.1 Museu Del Bambini, em Roma, Itália.

Neste Museu, ao abrigo e com o apoio de um programa da União Europeia «EU Energy Thermie ‘99», em colaboração com a Dinamarca (Cenergia) e Holanda (Ecofys) a

«INNOPEX - Innovative architectural integration of photovoltaic energy in existing buildings in DK, NL, IT nel 2001» levou a cabo, no ano de 2001, um projeto que visava instalar um sistema fotovoltaico integrado, colocando painéis fotovoltaicos na cobertura desses edifícios e em abrigos exteriores reguláveis, para obtenção das melhores condições meteorológicas. Foram instalados 72 painéis solares fotovoltaicos na cobertura do Museu que fazem, em simultâneo, a função de claraboias e, 108 em abrigos colocados junto do edifício, com uma potência fotovoltaica total instalada de 15,20 kWp. A instalação de todos estes painéis permitiu que todos os computadores e jogos eletrónicos instalados no Museu fossem integralmente alimentados de energia elétrica a partir desta «central fotovoltaica» integrada.

Com o objetivo de aumentar a potência fotovoltaica instalada, no ano de 2007, foi construído, no logradouro deste Museu, um parque de estacionamento automóvel coberto, tendo a sua cobertura sido executada com a integração de 100 painéis solares fotovoltaicos, correspondendo a uma potência fotovoltaica instalada de 18,00 kWp. A instalação desta segunda «central fotovoltaica» produz energia elétrica para fazer face às necessidades de consumo nas bilheteiras, na loja e ainda nos serviços administrativos de apoio ao Museu. Este segundo sistema fotovoltaico integrado foi construído graças aos incentivos fiscais existentes em Itália. Um deles, muito significativo, é o de ser pago ao Museu um valor de 0,49€/kWh por toda a produção de energia elétrica durante um período de 20 anos, havendo assim o reembolso total do investimento efetuado.

A potência fotovoltaica total instalada nas duas «centrais» existentes neste Museu é de 33,20kWp, produzindo mais de 40.000,00kWh por ano, que corresponde a mais de 3.300,00kWh por mês.

É de salientar que o edifício e todos os espaços envolventes foram alvo de uma intervenção profunda de forma a recuperar e adaptar, para Museu, o complexo que existia e reabilitar toda a zona envolvente, com apoio do Instituto do Património Histórico da Cidade de Roma.

As Figuras 161e 162, que se seguem, mostram, respetivamente, o edifício principal com o primeiro sistema fotovoltaico integrado funcionando em simultâneo como claraboia na cobertura e central de produção de energia elétrica, e o estacionamento automóvel coberto onde se localiza o segundo sistema fotovoltaico integrado que em simultâneo funciona como cobertura.

Obtêm-se deste modo soluções harmoniosas, quer do ponto de vista técnico, em

que o edifício integra sistemas fotovoltaicos sem que isso obrigue a modificar a sua imagem ou funcionalidade, e ainda obtém vantagens em termos ambientais em virtude de se estar a contribuir para a redução da poluição do planeta e económicas, uma vez que o Museu dispõe de energia própria a custos reduzidos.



Figura 161
Vista de edifício com integração de painéis solares fotovoltaicos
Fonte: http://www.mdbr.it/fotovoltaico/index.asp



Figura 162
Vista de estacionamento automóvel com integração
de painéis solares fotovoltaicos
Fonte: http://www.mdbr.it/fotovoltaico/index.asp

Este trabalho desenvolvido na aplicação destes dois sistemas solares fotovoltaicos integrados, é assim uma excelente ideia, sustentada pela tecnologia disponível cujos resultados obtidos e esperados, a curto prazo, são a garantia real para se continuar a seguir o caminho do desenvolvimento tecnológico destes sistemas, investindo cada vez mais nas fontes de energias limpas e renováveis.

3.2.9.9.2 Science House, no parque do Science Museum of Minnesota, em Minnesota, nos E. U. A.

Trata-se de outro edifício utilizado como Museu que está a utilizar esta energia. Não é de grandes dimensões mas foi projetado e construído de raiz no ano de 2004. A sua área de construção é cerca de 160,00 m2, onde foi tida em conta a enorme importância de investir na utilização das energias renováveis e nos pormenores construtivos fundamentais, nomeadamente no que se refere à iluminação natural e isolamentos térmico e acústico, de forma a ser obtida uma eficiência energética que conduzisse à máxima redução dos consumos de energia elétrica, que, deste modo garante, inclusivamente, a sua auto-suficiência, objetivo fundamental a concretizar nos edifícios, qualquer que seja a sua utilização.

As energias renováveis aqui incorporadas são a Geotermia de superfície para o sistema de aquecimento e arrefecimento e a energia Solar Fotovoltaica para a produção de energia elétrica.

É importante verificar neste edifício a existência de uma monitorização e sistema de leitura dos dados que permitem controlar a cada momento as temperaturas interiores e exteriores e alterar os valores para que o conforto térmico seja assegurado a cada momento e toda a produção e consumos de energia elétrica estejam disponíveis em tempo real.

Salienta-se o fato de que todo o conforto necessário para as pessoas e bens, bem como toda a energia elétrica consumida, provém apenas dos sistemas instalados na Science House, acontecendo ainda, que, quando nesta casa há excessos de produção, de imediato são direcionados para o contíguo edifício do Science Museum.

Nesta Science House, conforme se mostra na Figura 163, foi usado o sistema solar fotovoltaico integrado, com a colocação de painéis solares fotovoltaicos preenchendo toda a sua cobertura.



Figura 163
Vista de um sistema fotovoltaico integrado na cobertura da Science House, Minnesota
Fonte:http://www.smm.org/sciencehouse/about/

É importante verificar o tipo de monitorização usado através da utilização de gráficos de leitura direta e simplificada de todos os valores considerados importantes em termos de temperaturas, produção e consumos de energia.

A Figura 164 representa as leituras semanais da produção de energia fotovoltaica ao longo dos anos de 2006 a 2008, verificando-se que os picos máximos de produção atingem valores acima de 350,00kWh e os mínimos, muito próximo de zero na semana 50 do ano de 2008.

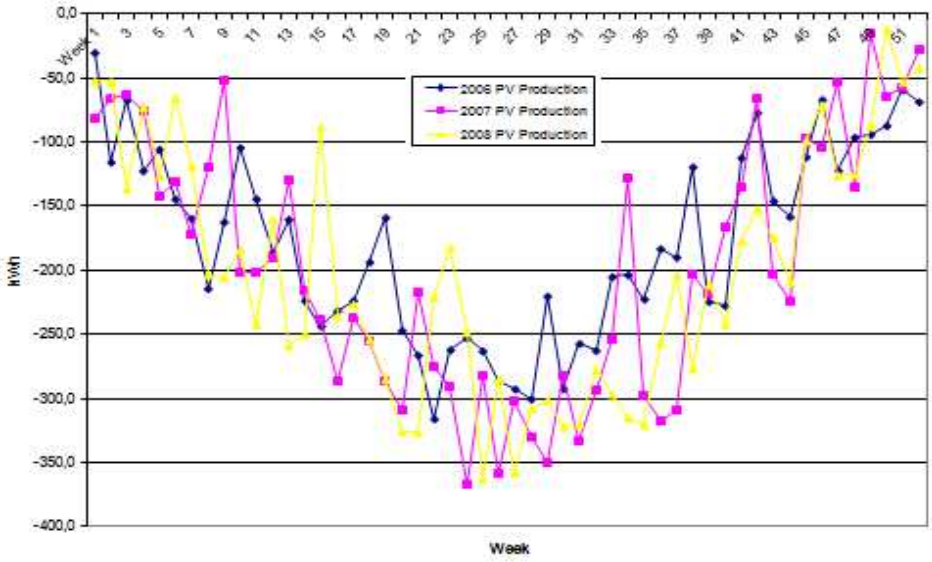


Figura 164
Leituras semanais da produção de energia fotovoltaica em kWh entre os anos 2006 e 2008
Fonte: http://www.smm.org/sciencehouse/about/

Na figura 165 estão representados os consumos, com leituras semanais ao longo

dos anos de 2006 a 2008, e confirma-se o que já tinha sido referido, ou seja, existe um equilíbrio entre a produção e o consumo.

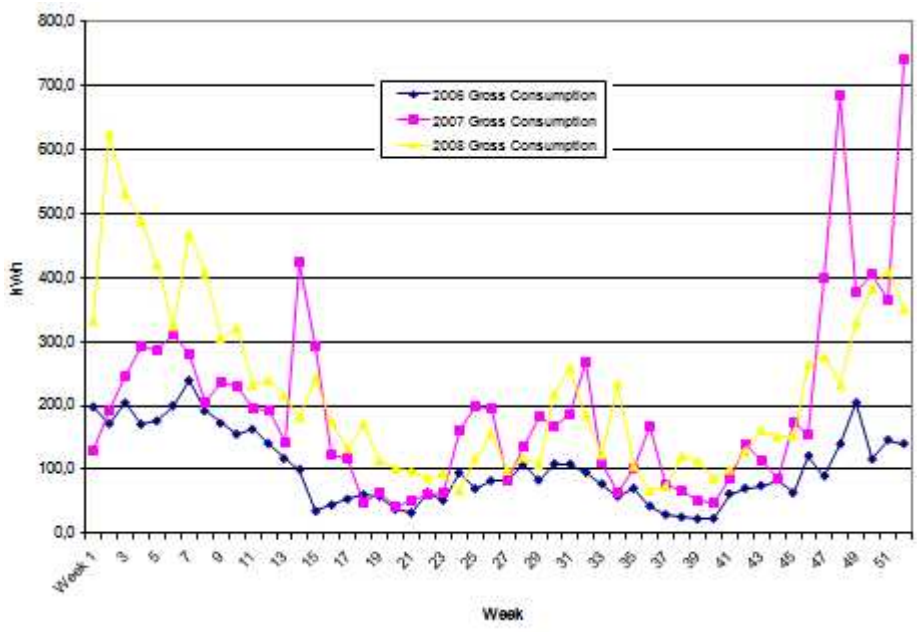


Figura 165
Leituras semanais dos consumos de energia fotovoltaica em kWh entre os anos 2006 e 2008
Fonte: http://www.smm.org/sciencehouse/about/

Na Figura 166 é apresentado um gráfico com a indicação das temperaturas (ºF) na abcissa da esquerda, energia elétrica (kWh) e na abcissa da direita as semanas do ano de 2008 nas ordenadas.

Neste gráfico pode observar-se a variação semanal das temperaturas locais no exterior do edifício que atingem um máximo de 80 ºF (26,7 ºC) e um mínimo de 5 ºF (-15,0 ºC) para o ano de 2008. Apresenta também o consumo de energia elétrica com as bombas de calor usadas no sistema de Geotermia de Superfície que, desde a semana 19 até à 42 não necessitam de funcionar. Pode ainda ler-se que as bombas de calor começam a funcionar quando a temperatura exterior atinge entre os 50 ºF e os 40 ºF (10,0 ºC e os 4,4 ºC) donde se pode concluir que o edifício possui uma qualidade construtiva elevada refletindo-se numa muito boa eficiência energética. Por último também nos é indicada a temperatura de conforto usada ao longo do ano que atinge cerca de 70 ºF (21,1 ºC).

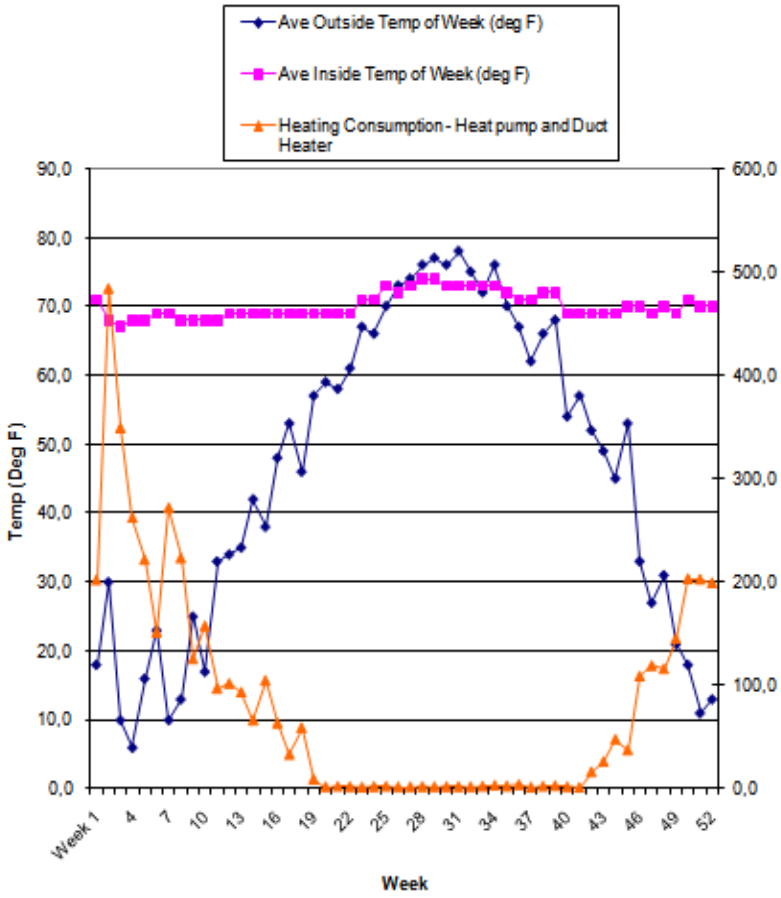


Figura 166
Leituras semanais das temperaturas locais exteriores, temperatura interior de conforto e consumo de energia com o aquecimento, no ano de 2008
Fonte:http://www.smm.org/sciencehouse/about/

Assim, constatamos tratar-se de mais um caso cujo contributo para a sustentabilidade ambiental é de extrema importância, face à associação da instalação de energias renováveis conjuntamente com uma construção de ótima eficiência energética.

3.2.9.9.3 Brooklyn Children's Museum, em Brooklyn, nos E. U. A.

Estamos perante um Museu que iniciou o funcionamento no ano de 1897 como a primeira secção do então chamado "Brooklyn Museum". No entanto, em 1899 a sua função e designação foram alteradas tendo sido transformado no primeiro Museu do mundo especialmente concebido para as crianças. No ano de 1972 foi alvo de uma ampliação com a construção de um novo edifício, quase todo ele subterrâneo, que ficou concluído em 1977. Em 2002, face às necessidades de espaço crescentes, foi decidido haver necessidade de aumentar o espaço que existia de forma a duplicar a sua área mas, com uma visão virada

para a proteção das gerações vindouras e com a preocupação da defesa do ambiente. Assim, esta ampliação teve como objetivos aumentar o espaço disponível e em simultâneo dotá-lo de uma sustentabilidade ambiental e consequentemente económica. Foi inserido nesta ampliação um sistema de aquecimento e arrefecimento pela via do uso da geotermia de superfície.

O sistema de ventilação instalado é acionado automaticamente através de sensores colocados nas salas, de forma a manter equilibrado o nível de CO2 exalado pelos visitantes com a ativação automática de equipamento que, de imediato, repõe o oxigénio em falta e necessário garantindo a estabilidade, proporcionando deste modo a redução progressiva da ventilação o que contribui para um menor gasto em energia.

A iluminação também é controlada através de sensores que em qualquer hora do dia proporcionam apenas aquela que é necessária e que previamente foi estabelecida. As células fotoelétricas colocadas em cada local permitem naturalmente esse tipo de controlo e assim reduzir os gastos com energia.

Nos materiais de acabamento foram usados, dentro do possível, aqueles que continham elevados níveis de conteúdo renováveis ou reciclados, onde se inclui nomeadamente o bambu, cortiça e linóleo, além de outros.

Para o abastecimento de energia elétrica ao Museu foi instalado um sistema integrado de energia solar fotovoltaica conforme se pode observar na Figura 167, com apoio de uma instituição de utilidade pública Americana criada em 1975 a “New York State Energy Research e Development Authority (NYSERDA) ”, que contribuiu com cerca de 250.000,00 USD tendo sido o suficiente para pagar os painéis solares e todo o sistema de análise da sua produção e gestão integrada dos sistemas instalados. Esta instituição tem como um dos seus objetivos o de ajudar New York a obter a redução do consumo de energia, promovendo o uso de fontes de energia renováveis e de proteção do ambiente.



Figura 167
Vista das fachadas do Brooklyn Children's Museum, mostrando o sistema solar fotovoltaico integrado
Fonte:http://www.brooklynkids.org/index.php/whoweare/thesolarpanels

A Figura 168 apresenta um quadro existente no Museu, em local a que o público tem acesso sem restrições, onde se pode consultar qual a produção de energia solar fotovoltaica diária e ao longo de cada mês. Estão instalados dois conjuntos de 48 painéis solares, um em cada uma das duas fachadas utilizadas.

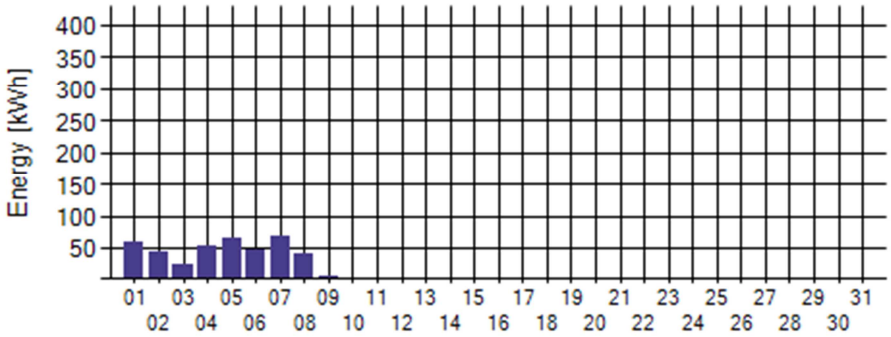


Figura 168
Quadro para leitura da produção de energia solar ao longo de cada mês
Fonte: http://www.brooklynkids.org/index.php/whoweare/thesolarpanels

No ano de 2008 foi aberta ao público a nova ampliação do "Brooklyn Children's Museum" dotado de meios de captação de energias renováveis que lhe permite obter uma sustentabilidade económica e ambiental. O Museu com a eficiência energética obtida e com os sistemas instalados para captação de energias renováveis estima uma economia de cerca de 100.000,00 dólares Americanos (USD) por ano em custos energéticos. Pode assim concluir-se ter sido um investimento muito valioso no longo caminho a percorrer até à obtenção do equilíbrio ambiental que o planeta necessita.

3.2.9.9.4 Palácio de Belém, Presidência da República, em Portugal

No ano de 2008, após ter sido mandado efetuar um relatório sobre o estado da Eficiência Energética do Palácio de Belém, que inclui o Museu da Presidência com uma área total utilizável de cerca de 1080,00m2, concluiu-se da necessidade de uma intervenção ao nível do melhoramento dos isolamentos existentes, iluminação interior e exterior, sistema de Ar Condicionado, conversão dos consumos de gasóleo para gás natural, e afinação ou modernização das antigas caldeiras a gás natural. A decisão recaiu apenas em implementar um sistema solar térmico para o aquecimento de água e um sistema solar fotovoltaico (Figura 169) para produção de energia elétrica.

Todas estas medidas visaram a redução de 40% na fatura energética e 30% nas

emissões de CO2. Trata-se de um investimento total de 176.000,00€ amortizável, pelas poupanças alcançadas, no máximo de três anos.

O sistema solar fotovoltaico integrado instalado na cobertura de um dos edifícios do Palácio, é composto por 126 painéis solares fotovoltaicos montados sobre a cobertura existente de um dos edifícios, ocupando uma área de cerca de 50,00m2, cuja potência instalada é de 5,00 kWp, obtendo-se uma produção anual de cerca de 7.550,00kWh, o que irá contribuir com cerca de 15% na redução dos consumos de energia elétrica do Palácio.



Figura 169
Vista de painéis solares fotovoltaicos no Palácio de Belém
Fonte:http://www.presidencia.pt/?idc=10&idi=21046#

Embora o custo deste sistema tenha sido de cerca de 25.000,00€, sendo a energia elétrica por ele produzida vendida, à rede, de acordo com o tarifário da legislação em vigor (D.L. 225/2007 – 0,542€/kWh para centrais fotovoltaicas de microgeração com potência até 5 kW), o retorno é de aproximadamente, 4.100,00€/ano, ou seja, o tempo necessário para pagar o investimento é cerca de 6 anos.

O Museu consome em média cerca de 4,3% do total da energia eléctrica consumida no Palácio, ou seja, aproximadamente 6.300,00kWh/ano. Mas é importante realçar que para a sua climatização não é utilizada esta fonte energética. Assim sendo, é de extrema importância que toda a iluminação e equipamentos informáticos ou outros instalados estejam a ser alimentados através de energia elétrica com a utilização da energia solar fotovoltaica.

3.3 A energia solar fotovoltaica como fonte energética privilegiada no abastecimento de energia elétrica aos edifícios destinados a Museus

Como já foi dito, a energia solar fotovoltaica, resultando na conversão direta em energia elétrica, é uma das fontes energéticas que tem apresentado um notável desenvolvimento ao longo dos últimos anos. Os sistemas fotovoltaicos têm obtido da comunidade científica e técnica internacional uma enorme atenção e como consequência direta são apontados como uma das grandes oportunidades no setor energético, atualmente e num futuro próximo. Têm características técnicas e condições para poderem ser usados em qualquer tipo de edifício como fonte principal de energia para consumos.

É certo, que a utilização destes sistemas de captação de energia elétrica proporcionará também a criação de grande satisfação entre os consumidores, através da geração de uma imagem positiva no que se refere aos cuidados e preocupações com o meio ambiente. Os sistemas solares fotovoltaicos vêm recebendo por parte dos governos de muitos países alguns incentivos fiscais para a sua rápida e massiva implementação.

As condições climáticas existentes em Portugal possibilitam que esta energia possa ser utilizada com enormes vantagens económicas e ambientais.

O desenvolvimento destes sistemas e as tecnologias neles utilizadas permitem que qualquer edifício, existente ou a construir, o possa incorporar com muita facilidade. Como já referimos, a energia elétrica proveniente desta fonte energética, pode ter origem em centrais localizadas fora dos locais de consumo, cuja produção é lançada na rede geral de distribuição ou, pode ser produzida individualmente para cada edifício, quer este exista ou seja a construir de raiz.

Assim, perante edifícios existentes ou a construir, podemos optar por colocar os painéis solares na sua cobertura, nas suas fachadas, devidamente integrados ou, num espaço disponível contíguo ou próximo destes. Consoante as necessidades energéticas para cada edifício, são colocadas as quantidades possíveis ou adequadas de painéis, isto porque, por vezes, o consumo ultrapassa a produção face à falta de espaço físico para colocação de maior número de painéis solares.

A variedade de painéis solares disponíveis no mercado é enorme, desde os mais tradicionais, com menor flexibilidade de integração local, até aos painéis de filmes finos moldáveis a qualquer tipo de superfície onde se pretendam aplicar, passando pela integração de células solares em qualquer tipo de envidraçados e de qualquer dimensão.

Acresce ainda a enorme variedade de cores com que os painéis solares podem ser acabados, o que, em termos arquitetónicos, é extraordinariamente interessante uma vez que facilita a sua integração em arquiteturas mais ou menos coloridas em qualquer edifício.

Estes sistemas permitem e devem ser implementados em edifícios já construídos ou a construir de raiz. A grande diferença entre ambos no que se refere aos sistemas solares fotovoltaicos é que, nos edifícios a construir, tudo foi estudado antecipadamente e a sua implementação vai naturalmente acompanhando a construção. No caso dos edifícios existentes, terá de ser feito um estudo de adaptação ao edifício em causa, o que origina sempre algumas obras de construção civil para desfazer e refazer algumas zonas necessárias à colocação de alguns elementos, acessórios ou passagens de cablagens para a sua implementação.

Naturalmente, que todos os Museus têm as condições técnicas para poderem implementar estes sistemas e, por isso beneficiarem com uma boa contribuição para a sua sustentabilidade económica e ambiental em termos gerais. É assim muito importante o uso massivo desta fonte energética para a produção da energia elétrica que consumirem ou, pelo menos uma boa parte dela. Estes tipos de edifícios são, na grande maioria património público, pelo que deveriam dar o exemplo no consumo de energias limpas e renováveis.

Na Figura 170 apresentamos um pormenor de uma fachada de um qualquer edifício, onde podemos verificar que, após a colocação do material de enchimento entre a estrutura do edifício e do seu tratamento acústico e/ou térmico adequados, são apostos como revestimento final módulos solares fotovoltaicos, cuja integração é agradável à vista e perfeita.

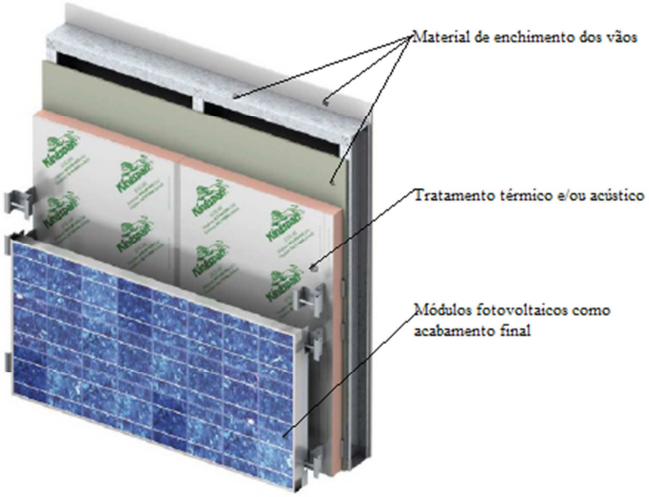


Figura 170
Vista de pormenor do revestimento de fachada com painéis solares
Fonte:http://www.cfsd.org.uk/eco-i-sum/speaker%20presentations/Andrea_Lally_solarcentury.pdf

A Figura 171 mostra-nos um outro tipo de aplicação de módulos solares, anteriormente referido, a aplicação das células fotovoltaicas em envidraçados, solução muito atraente do ponto de vista arquitetónico, uma vez que para além de produzir energia elétrica permite a iluminação natural dos espaços que encerra. Embora estejamos a mostrar uma cobertura, este princípio e tipo de aplicação é válido e aplicável para qualquer tipo de envidraçado qualquer que seja a sua função nos edifícios.



Figura 171
Vista da utilização de células solares em envidraçados
Fonte http://www.canadian-solar.com/en/products/project-references/project-references.html

A Figura 172 apresenta um pormenor na vista de uma fachada de um edifício que na sua composição tem painéis solares fotovoltaicos inseridos, sendo uma das soluções integradas possível de utilizar em edifícios com benefícios económicos provenientes da captação da energia solar e mesmo arquitetónicos.



Figura 172
Vista da fachada de um edifício com aplicação de módulos solares fotovoltaicos
Fonte:http://www.sapa-solar.com/BIPV-projects-living-tomorrow-brussels.html

Na figura 173, apresentamos uma solução a usar em qualquer cobertura de qualquer tipo de edifício. Trata-se da utilização de telhas solares fotovoltaicas cujo aspeto final visível é o de uma vulgar cobertura. É um sistema composto por módulos solares que,

por isso também podem ser inseridos nas fachadas ou mesmo num espaço livre fora dos edifícios.

Usando módulos solares como revestimento final das fachadas podemos não estar a onerar o custo final da construção sem mesmo quantificarmos os benefícios provenientes da produção de energia. Estudos recentes efetuados internacionalmente mostram-nos essa realidade.



Figura 173
Vista de um telhado de um edificio com aplicação de telhas solares fotovoltaicas
http://www.atlantechsolar.com/

A Figura 174 apresenta de forma gráfica, uma relação abreviada dos custos de investimento com os diferentes revestimentos vulgarmente usados em fachadas de edifícios, onde se verifica não serem os módulos solares os mais caros, de onde se conclui que, face ao desenvolvimento tecnológico dos métodos e sistemas de captação e produção de energia solar, estamos a caminhar na direção de, a curto prazo, obtermos valores muito mais competitivos sem quantificar os elevados benefícios ambientais e económicos já referidos. Estamos perante indicadores fundamentais que irão incentivar o investimento na captação e produção de energia solar fotovoltaica em edifícios isolados, nomeadamente em Museus.



Figura 174
Relação dos custos de investimento em revestimentos
Fonte:http://www.futursolutions.pt/4_%20Energia- Fotovoltaica-Integrada.html

Para além dos motivos primeiros, que se traduzem na utilização cada vez em

maior quantidade, das energias renováveis e limpas, acresce a enorme diversidade de aplicações sob a forma de centrais isoladas com dimensões adequadas ao local em causa e, a todas as diferentes formas e sistemas de utilização dos módulos ou das células solares, permitindo sempre, em cada caso concreto, uma adaptação e integração a todos os tipos de arquitetura, onde se incluem os Museus.

CAPÍTULO 4

Exemplo de aplicação da energia solar fotovoltaica num edifício destinado a Museu

Este capítulo é dedicado a um estudo de caso ou onde apresentamos uma proposta e um exemplo de aplicação de um sistema de energia fotovoltaico a um projeto arquitetónico concreto e real de museu.

Inicia-se com uma breve introdução ao caso em estudo, o qual inclui a caracterização do Museu nos seus aspetos históricos mais relevantes, a sua localização, características, plantas dos diferentes pisos e todos os serviços contemplados.

Apresentamos os principais aspetos a considerar para o dimensionamento do sistema fotovoltaico a implementar no Museu nomeadamente as orientações solares e os procedimentos fundamentais analisados.

4.1 Introdução

Os edifícios destinados a Museus podem ser históricos ou de construção recente sem esta classificação e localizar-se em grandes centros urbanos ou estar implantados em locais fora dos grandes aglomerados populacionais.

Sempre que estes equipamentos culturais se encontrem inseridos dentro dos perímetros urbanos, mesmo em pequenos aglomerados populacionais, dispõem de condições físicas que lhes permitem optar pela utilização da energia elétrica proveniente diretamente da rede geral de distribuição. Esta solução tem a desvantagem de consumir energia elétrica proveniente de várias fontes energéticas que incluem ainda uma elevada percentagem de energia com origem em fontes finitas e poluentes, nomeadamente as provenientes do petróleo e do carvão, que na maior parte é importada.

Somos da opinião que a solução da utilização massiva de energias renováveis captadas no nosso País, quer transportada através da rede pública de distribuição com origem em vários tipos de centrais construídas em locais apropriados, ou através da sua implementação local para servir edifícios isoladamente ou agrupados entre si, poderá ser, a muito curto prazo, a solução a seguir para que o ambiente não continue a degradar-se e possamos assim contribuir para o bem-estar de todos quantos habitam este Planeta.

Por forma a sensibilizar e demonstrar que estas energias podem ser utilizadas obtendo daí benefícios ambientais e económicos, iremos proceder à apresentação de um exemplo de aplicação prática da energia solar fotovoltaica num edifício destinado a Museu localizado na cidade de Faro.

Trata-se de um Museu que irá nascer num local - a cidade de Faro - com uma

enorme carga e valor históricos que remonta há alguns séculos atrás, e que os autores do projeto de "execução para a remodelação da antiga fábrica da cerveja/núcleo do Castelo" caracterizam da seguinte forma:

> "As origens do Castelo de Faro remontam ao período tardo-romano, embora as suas muralhas e torres, actualmente existentes, sejam claramente medievais, com evidências também de intervenções dos períodos de ocupação muçulmana do Algarve. No seu interior, durante o Sec XVII, foi edificado o Quartel, a que se seguiram, durante os Sec XVIII e XIX, diversos outros edifícios para acomodação de novas instalações militares, as quais se foram adicionando sem praticamente destruir nenhum elemento relevante do Castelo, o que só veio a acontecer no início do Sec. XX, com a abertura da Rua do Castelo que o cortou o recinto em duas partes, destruindo um troço da muralha virada para o largo de São Francisco e a torre que flanqueava a porta principal do castelo, a qual também foi demolida, culminando uma acção continuada de alteração do conjunto edificado, iniciada no final do Sec. XIX, com a progressiva substituição das funções militares por actividades privadas, sobretudo de cariz industrial, como uma destilaria, uma fábrica de gelo e finalmente, a Fábrica de Cerveja, enorme mole construída já no Sec.XX, que modifica radical e definitivamente a volumetria do Castelo de Faro" (hartmann+cid, arquitectos e consultores, a.c.e.)[83] (2009).

4.2 Características do edifício

A localização do edifício, que ilustramos na Figura 175, é bem no centro da cidade de Faro e muito próximo da Ria Formosa.

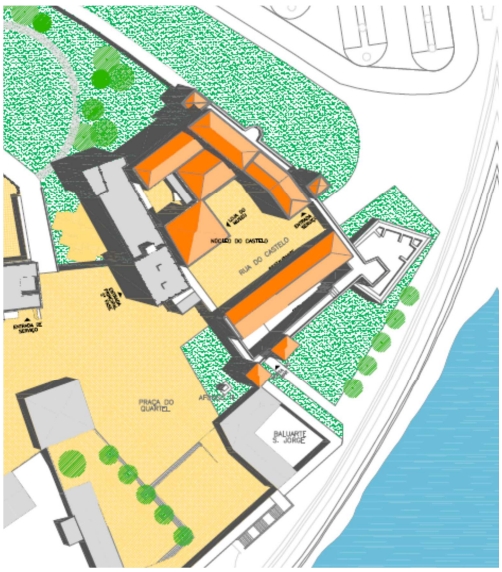


Figura 175
Planta de localização do novo Museu de Arte Contemporânea de Faro
Fonte:hartmann+cid, arquitectos e consultores, a.c.e. (2009)

Trata-se de um local com um conjunto de edifícios históricos degradados onde agora se pretende fazer uma intervenção para a adaptação e remodelação profundas,

[83] Arquitetos Projetistas do Museu de Arte Contemporânea de Faro

visando instalar o futuro Museu de Arte Contemporânea de Faro, aproveitando os amplos espaços interiores, sem desvalorizar a riqueza histórica e patrimonial que os edifícios encerram.

O projeto arquitetónico concebido para o Museu de Arte Contemporânea de Faro tem a qualidade técnica que lhe permite responder à integração e remodelação deste vasto conjunto de edificações históricas e em simultâneo oferecer à cidade um espaço museológico dotado das características e funcionalidades exigidas pelos museus contemporâneos.

É contemplado o reaproveitamento das volumetrias existentes desenvolvendo-se por diferentes corpos até uma altura máxima de seis pisos, sendo que o último piso apenas possui terraços acessíveis e visitáveis. Os restantes pisos albergam os espaços requeridos por este tipo de equipamentos, que vai desde as várias salas para exposições, serviços educativos, reservas técnicas, salas de conferências e auditórios, até aos serviços de apoio necessários ao Museu e aos visitantes/utilizadores, acessibilidades verticais, zonas de circulação horizontais e espaços de lazer.

Iremos de seguida apresentar as plantas (Figuras 176 a 181) de todos os diferentes pisos, onde se pode observar com rigor os espaços e os serviços que o projeto contempla.

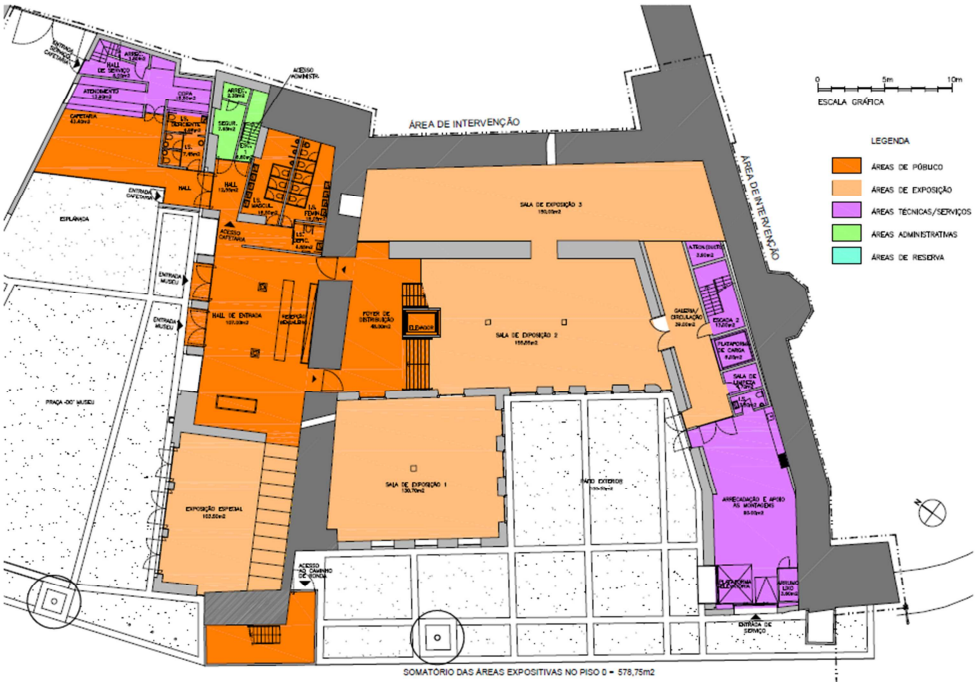


Figura 176
Planta do Piso 0 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro
Fonte: hartmann+cid, arquitectos e consultores, a.c.e. (2009)

Verificamos ao nível do piso 0 a existência do hall de entrada, receção, instalações sanitárias, cafetaria com esplanada e serviços de apoio, arrecadações, zonas de circulação e quatro amplas salas destinadas a exposições.

Ao nível do piso 1 existem espaços para as reservas, arrecadação, instalações sanitárias, vestiários, sala para o pessoal e cofre-forte.

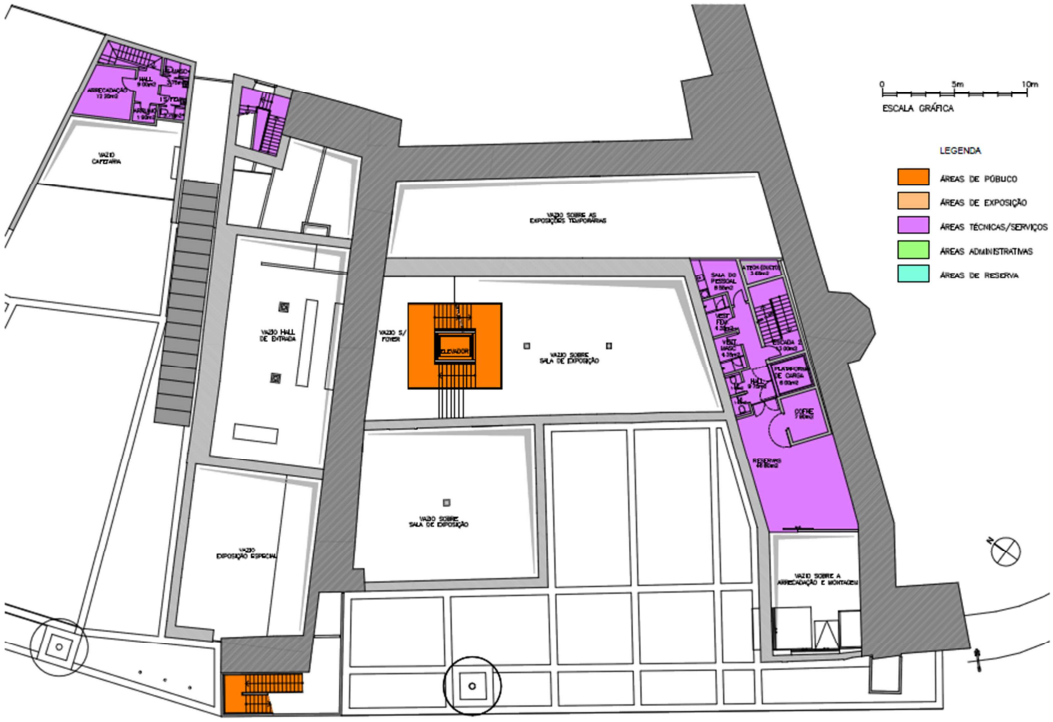


Figura 177
Planta do Piso 1 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro
Fonte: hartmann+cid, arquitectos e consultores, a.c.e. (2009)

No piso 2 localizam-se os serviços educativos, instalações sanitárias, arrumos, salas de interpretação das muralhas, galeria, sala polivalente, zonas de circulação e três salas para exposições.

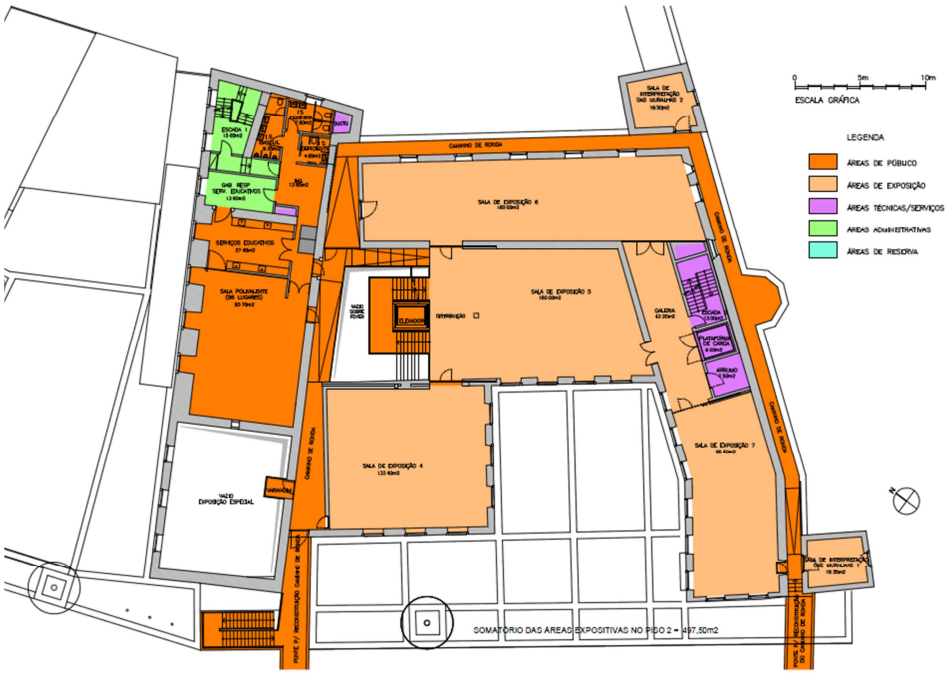


Figura 178
Planta do Piso 2 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro
Fonte: hartmann+cid, arquitectos e consultores, a.c.e. (2009)

No piso 3 estão localizados os gabinetes para investigação, sala para o pessoal, instalações sanitárias, arrumos, duas zonas para reservas, zonas de circulação, duas salas para exposições e um terraço.

No piso 4 existe um bar, áreas técnicas, arrumos e terraços visitáveis.

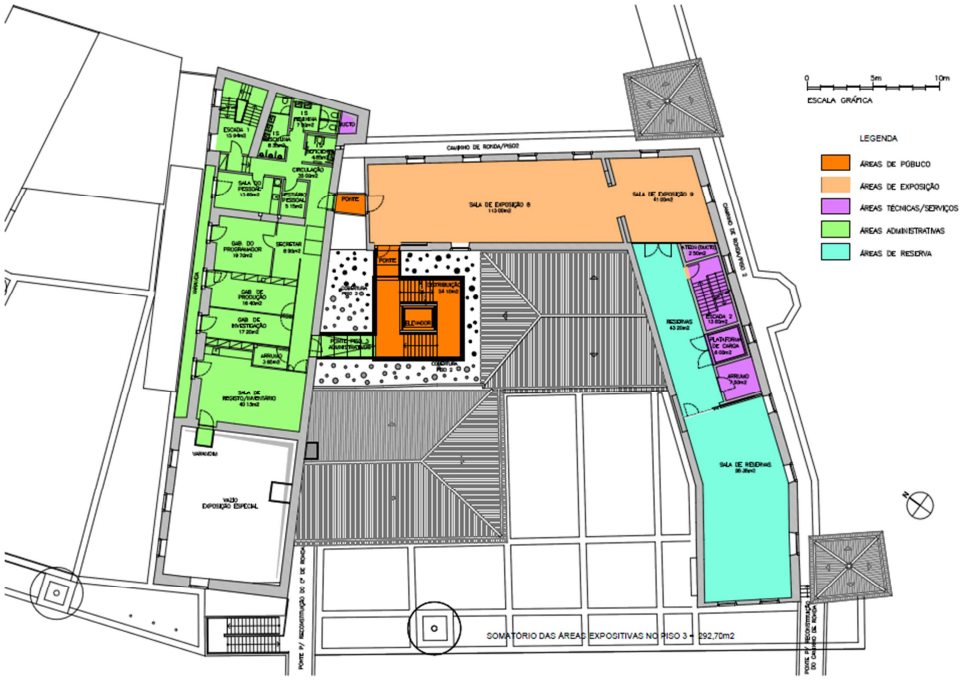


Figura 179
Planta do Piso 3 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro
Fonte: hartmann+cid, arquitectos e consultores, a.c.e. (2009)

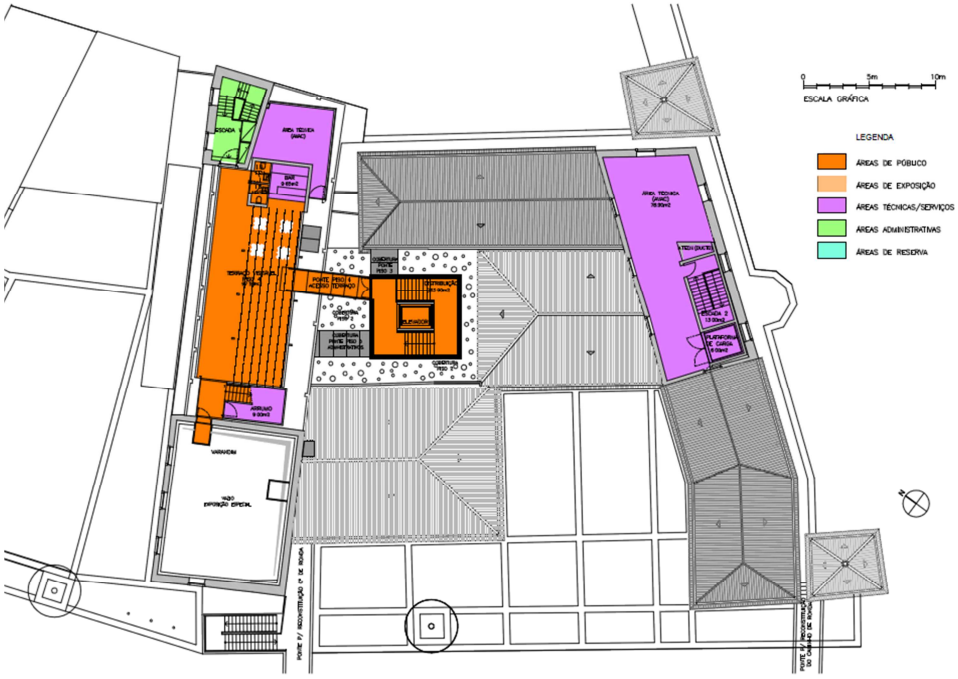


Figura 180
Planta do Piso 4 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro
Fonte: hartmann+cid, arquitectos e consultores, a.c.e. (2009)

Finalmente o piso 5 apenas dispõe de um terraço acessível e visitável.

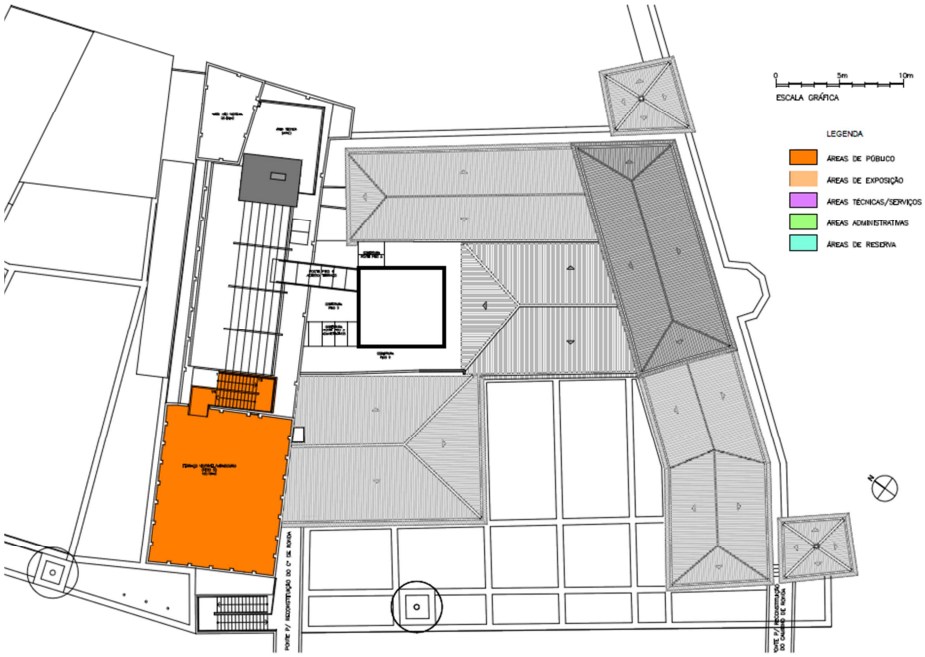


Figura 181
Planta do Piso 5 - novo Museu de Arte Contemporânea de Faro
Fonte: hartmann+cid, arquitectos e consultores, a.c.e. (2009)

4.3 Princípios básicos a considerar

Toda a região Algarvia goza de um clima que lhe permite usufruir de uma quantidade de horas de Sol diárias ao longo de todo o ano, superior à grande maioria de outras zonas de Portugal, mostrando-se na Figura 182 como essa incidência solar se distribui no Algarve.

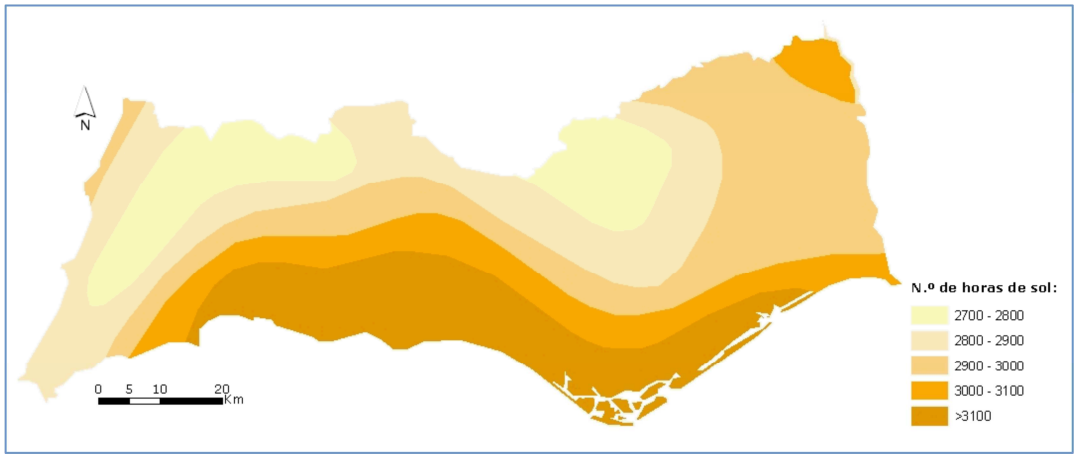


Figura 182
A irradiação solar no Algarve
Fonte: http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/

Da leitura do mapa a que a Figura 182 se refere, é fácil verificar que a cidade de Faro se encontra localizada num local onde a incidência solar se faz sentir durante um maior número de horas, o que significa uma elevada insolação para todos os meses ao longo do ano, que indicamos pormenorizadamente na Figura 183.

Quantidade anual de horas de sol	
Meses	Cidade de Faro
Janeiro	166,70
Fevereiro	167,90
Março	224,00
Abril	254,00
Maio	316,00
Junho	341,50
Julho	371,90
Agosto	357,00
Setembro	274,00
Outubro	228,70
Novembro	179,80
Dezembro	160,80
Média mensal	**253,52**

Figura 183
Insolação anual para a cidade de faro
Fonte: http://sniamb.apambiente.pt/webatlas/

A partir dos valores apresentados obtemos uma média mensal de 253, 52 horas de Sol ao longo do ano, o que é um valor muito expressivo e que interfere e contribui diretamente para um elevado desempenho na produção de energia renovável.

Na Figura 184 apresentamos o desenvolvimento gráfico da irradiação solar relacionada com a capacidade de produção de energia fotovoltaica em função da área e por dia ao longo do ano, em duas distintas situações: uma considerando-se a irradiação solar horizontal e outra considerando o ângulo mais adequado para captação da melhor irradiação solar para o local escolhido, que neste caso é a cidade de Faro.

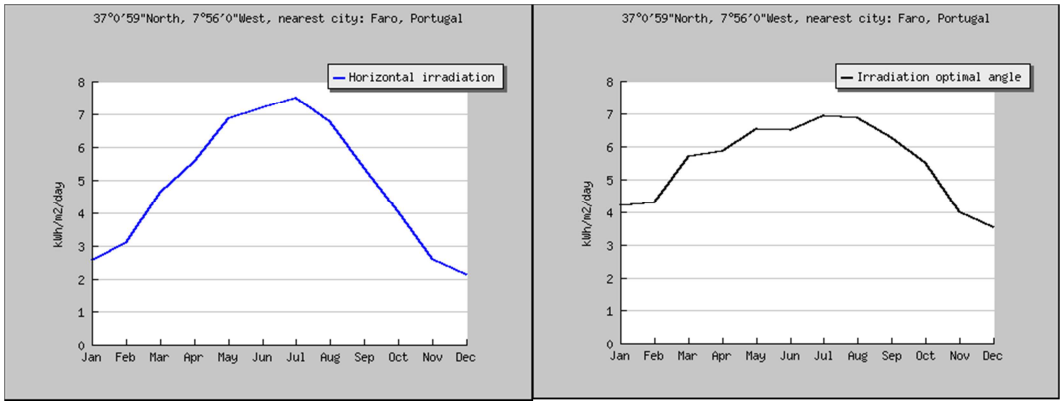


Figura 184
Irradiação solar horizontal e ótima e anual na cidade de Faro
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe

Em qualquer projeto que tenhamos de executar para captação e produção de energia solar fotovoltaica, devemos ter em conta as opções mais adequadas ao tipo de edifício e ao local, em função dos sistemas disponíveis e utilizáveis, sendo que a irradiação solar é uma componente fundamental que deve ser captada na posição mais favorável possível, para que a rentabilização económica, a par da ambiental seja um sucesso.

Para a produção de energia fotovoltaica, a tecnologia a utilizar necessita da existência de luminosidade, da irradiação solar e da maior quantidade de horas diárias de exposição destas. Sendo o Sol a fonte energética principal, as Figuras 185 e 186 representam os trajetos solares diários e as horas em que se verificam, em função da correspondente capacidade de produção de energia para a cidade de Faro.

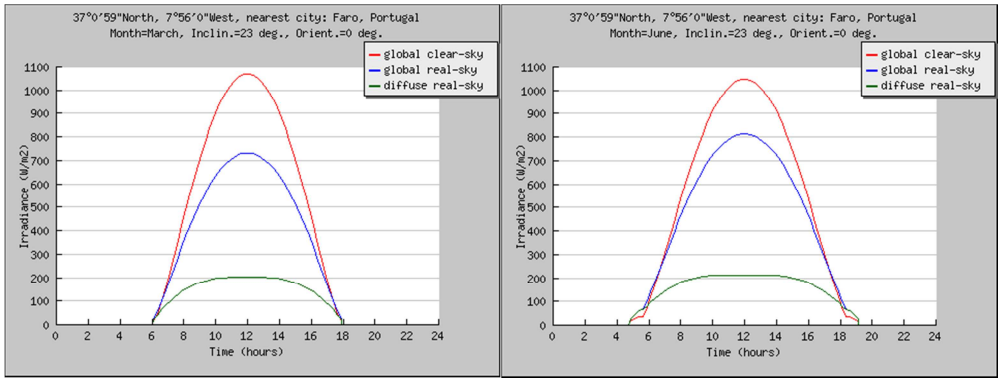


Figura 185
Trajetos solares diários na cidade de Faro (Março e Junho)
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe

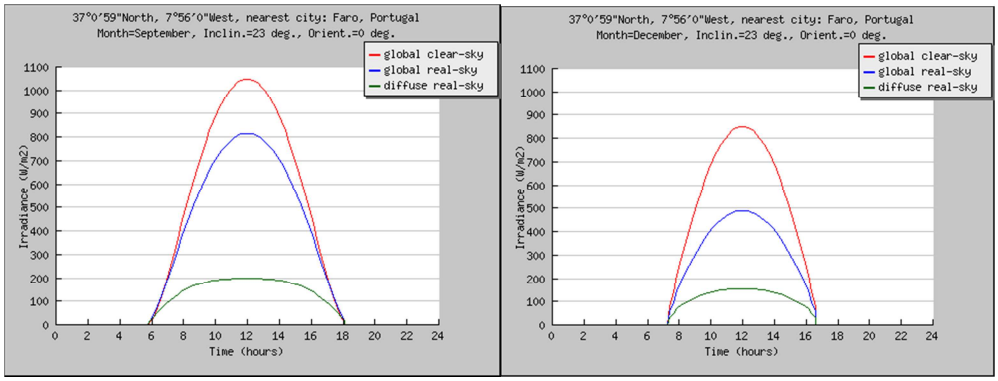


Figura 186
Trajetos solares diários na cidade de Faro (Setembro e Dezembro)
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe

Para os referidos trajetos solares diários optámos por considerar quatro situações diferentes que correspondem a espaços temporais equitativos ao longo do ano, ou seja, em Março, Junho, Setembro e Dezembro, que nos fornecem a informação de uma amostragem das variações máximas e mínimas entre as horas de sol que os dias possuem ao longo do ano.

Assim, a existência de luminosidade natural com e/ou sem Sol, são variáveis fundamentais para a maior ou menor capacidade de produção de energia fotovoltaica, e como já referido ao longo deste trabalho, o efeito fotovoltaico permite a transformação da energia proveniente das partículas de luz solar (fotões) incidentes sobre os materiais escolhidos para semicondutores, em energia elétrica.

Na Figura 187, podemos observar os trajetos solares diários ao longo do ano função da inclinação do Sol, desde que nasce até pôr-se, sem a interferência de qualquer tipo de sombras.

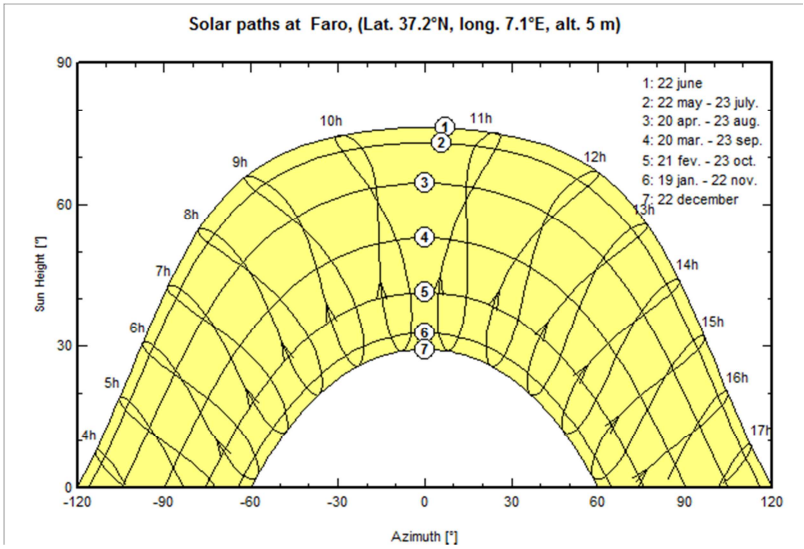


Figura 187
Trajetos solares para a cidade de Faro ao longo do ano,
função da inclinação do Sol e desde que nasce até pôr-se
Fonte: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/radmonth.php?lang=en&map=europe

Na Figura 188 mostramos uma curva característica genérica da corrente ***(IPV)***, em relação à variação da tensão genérica (***UPV***) de um módulo fotovoltaico.

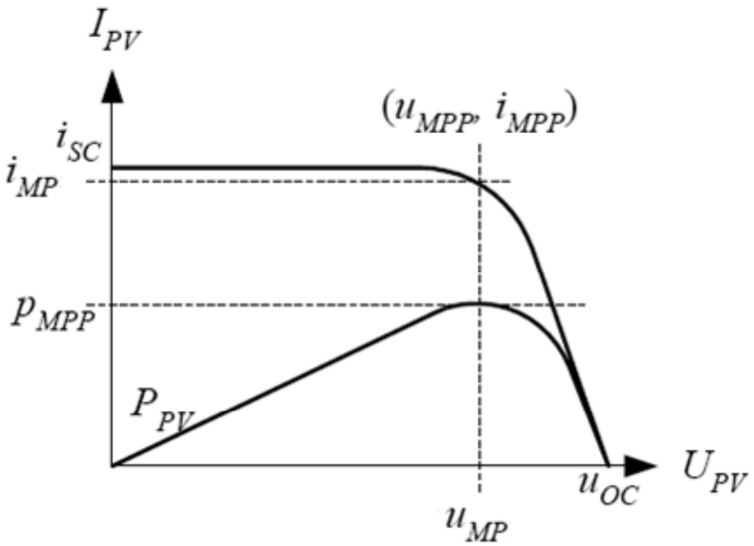


Figura 188
Curvas características de um módulo fotovoltaico
Fonte: http://paginas.fe.up.pt/~ee00273/images.pdf

Observamos também na Figura 188 que a corrente de curto-circuito (***isc***) que representa a máxima corrente que o dispositivo fotovoltaico pode entregar sob determinadas condições de radiação e temperatura com tensão nula. A tensão de circuito

aberto (***uoc*)** representa a máxima tensão que o dispositivo fotovoltaico pode entregar sob determinadas condições de radiação e temperatura com corrente nula.

É desejável que um módulo ou conjunto deles funcione no ponto (***umpp***; ***impp***) de forma a poder fornecer o máximo de potência para a rede. Este corresponde ao ponto da curva no qual o produto da tensão pela corrente é máximo. A corrente (***imp*)** é relativa ao ponto de máxima potência e que é utilizado para definir o valor da corrente nominal do dispositivo e, a tensão (***ump*)** é a tensão relativa ao ponto da máxima potência que é utilizada para definir o valor da tensão nominal do dispositivo fotovoltaico.

Um módulo fotovoltaico ou conjunto deles fornecem uma tensão e corrente contínua (CC), não podendo por isso serem injetados diretamente na rede de distribuição de energia eléctrica. Sendo para isso necessário a existência de um sistema de conversão de energia que, a partir das variáveis elétricas dos diferentes módulos fotovoltaicos utilizados, gera um sinal de corrente alternada (AC) e tensão com as características necessárias para injetar na referida rede para a partir daí ser consumida no circuito comercial. Este processo de transformação da energia é conseguido através de equipamentos existentes para o efeito denominados de inversores, que possuem diferentes capacidades consoante a potência fotovoltaica a instalar e que funcionarão automaticamente sempre que os módulos fotovoltaicos estejam a captar e produzir energia sob a forma de corrente contínua (CC). Trata-se de um equipamento que também consome alguma energia, mas só funciona quando houver luminosidade que o justifique, sendo regulado para o efeito.

Podemos então concluir que a produção de energia elétrica através do efeito fotovoltaico não é constante ao longo do dia devido à interrupção da luminosidade, nem durante a existência de luminosidade constante devido ao processo de transformação depender da rentabilidade das células fotovoltaicas usadas e temperaturas locais.

Na Figura 189 representamos as curvas características da capacidade de produção para um módulo fotovoltaico existente no mercado (Qs Solar 70Wp) em função da radiação e temperatura a que está exposto.

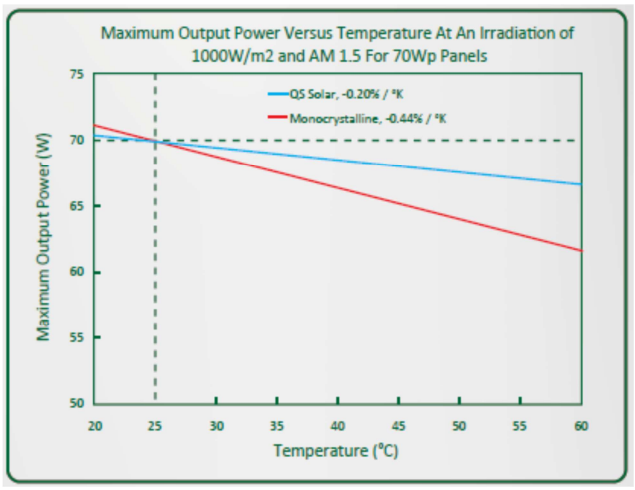


Figura 189
Curvas características da potência de um módulo fotovoltaico
Fonte: Qs Solar

Podemos aqui observar da inconstância que surge na produção de energia sempre que as temperaturas locais sobem para valores elevados.

Perante um equipamento cultural que vai ser construído praticamente de raiz, consideramos isso como uma boa oportunidade para nele serem incorporadas algumas fontes de captação de energia renovável, nomeadamente a energia solar fotovoltaica, sobre a qual nos iremos debruçar seguidamente.

Salienta-se também que para o dimensionamento de qualquer sistema fotovoltaico, considera-se como base a necessidade de determinação da quantidade de módulos fotovoltaicos necessários para responder à procura de energia em cada situação concreta ou, à instalação da máxima potência face à disponibilidade física de cada local, tendo sempre em conta a melhor relação entre tecnologia a utilizar e os benefícios ambientais e económicos daí provenientes. A escolha deve ser efetuada de uma forma muito criteriosa, principalmente em sistemas autónomos, uma vez que os seus custos são ainda relativamente elevados em relação à sua capacidade de produção. Sendo também importante adotar critérios de dimensionamento adequados dado que instalações superdimensionadas conduzem a custos de instalação muito altos que podem inviabilizar o projeto. Ao contrário, instalações subdimensionadas levam ao descrédito da tecnologia.

Segundo informações dos projetistas das especialidades, para fazer face ao seu consumo este equipamento necessitará de uma potência elétrica instalada de cerca de 120kVA, o que equivale a cerca de 96kW. Não sendo possível para este caso concreto fazer face a essas necessidades energéticas autonomamente com a implementação de qualquer

um dos sistemas de captação de energia fotovoltaica devido ao seu insuficiente rendimento no espaço disponível.

No entanto, é possível a inserção de um sistema fotovoltaico que proporcione benefícios do ponto de vista ambiental e económico. Assim, iremos propor a implementação neste novo Museu de Faro de um sistema fotovoltaico integrado, utilizando apenas as suas coberturas inclinadas compostas por três e quatro águas distribuídas pelos seus vários corpos numa área total disponível e aproveitável com cerca de 580,0 m2 para aí colocarmos os módulos da tecnologia fotovoltaica escolhida. Poderíamos também fazer a integração desta tecnologia sob diferentes formas nas suas fachadas, mas uma vez que estamos perante um conjunto de edifícios inseridos numa zona histórica é desaconselhável a sua utilização do ponto de vista estético por provocar alterações de estilo.

A rentabilidade de um projeto de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, está diretamente relacionado com:

- a localização geográfica com maior ou menor irradiação solar;
- o espaço físico disponível, orientação e ângulo de inclinação possíveis;
- as características arquitetónicas e/ou estéticas do edifício ou local;
- as temperaturas locais;
- as especificações técnicas dos módulos e/ou células fotovoltaicas e inversores escolhidos;
- as disponibilidades financeiras para investir.

Face à superfície que dispomos no edifício para a localização da tecnologia fotovoltaica, temos a possibilidade de implementação de um de dois tipos de captação e produção de energia fotovoltaica, um instalando uma potência igual ou inferior a 20kW e outro instalando uma potência maior que esta mas inferior a 96kW. Para a primeira possibilidade haveria a vantagem de eventualmente poder ser enquadrada no regime bonificado vigente ao longo de 15 anos, mas é uma potência bastante inferior às necessidades de consumo bem como à potência que é possível instalar. No entanto para a segunda possibilidade, ao abrigo do Decreto-Lei 34/2011, de 8 de Março, é possível fazer a venda da produção excedente à rede pública de distribuição a valores unitários leiloados, o que significa que os valores de venda dependerão da oferta e da procura momentânea, que no limite mais desfavorável nunca serão inferiores ao valor da compra. Esta situação torna-se vantajosa porque dispensa a necessidade de baterias para o armazenamento da energia

produzida em períodos de baixo ou não consumo.

Iremos então optar pela solução de instalar um sistema de captação e produção de energia fotovoltaica funcionando na maior parte do tempo para autoconsumo, que se enquadra na segunda possibilidade atrás referida, ou seja, superior a 20kW e inferior a 96,0kW. Esta solução vai permitir produzir uma parte da energia elétrica necessária para o funcionamento dos equipamentos instalados no Museu. Salvo em períodos pontuais de fim de semana e/ou durante algumas horas dos dias, o sistema funcionará sempre em déficit em relação aos consumos que necessita.

Como explicitado ao longo deste trabalho, existem no mercado diferentes tipos de tecnologias fotovoltaicas disponíveis para poderem ser aplicadas sob diferentes formas nos edifícios. No entanto, a sua escolha objetiva variará consoante cada caso concreto, sendo necessário ter sempre em conta a sua capacidade de produção, dimensões e formas, adaptação e enquadramento local bem como o valor do investimento.

Assim, neste Museu começamos por proceder à identificação das zonas com diferentes orientações solares, que são três e cada uma inclui corpos distintos. Disso nos dá conta a Figura 190, onde temos uma zona com cerca de 200,0 m2 virada a Sul (zona 3), outra virada SW com cerca de 240,0 m2 (zona 2) e finalmente uma zona virada Norte com cerca de 140,0 m200V (zona 1). Por questões estéticas e também face aos condicionalismos inerentes à zona histórica, iremos fazer a integração do sistema fotovoltaico nas diferentes águas da cobertura utilizando as inclinações definidas no projeto arquitetónico, conseguindo-se assim evitar qualquer impacto visual menos agradável para quem visite o local.

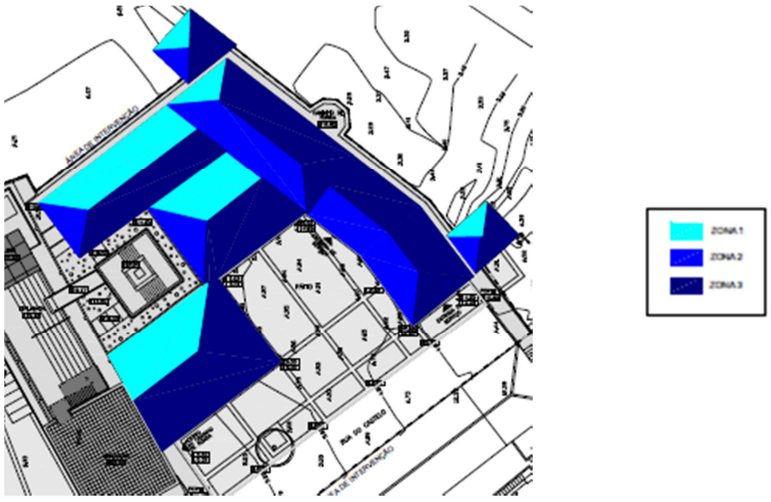


Figura 190
Identificação em planta das diferentes zonas solares consideradas para os cálculos.
Fonte: Adaptação do próprio (2011)

Após a análise dos diversos módulos fotovoltaicos disponíveis seguindo o critério de escolha anteriormente definido face aos espaços que vamos utilizar e suas características, optou-se pelos módulos de Silício Amorfo de película fina com uma potência de 70Wp, dimensões de 1,404mx0,794mx0,035m com o peso de 19,4kg.

A opção tomada para a utilização destes módulos traduz a solução mais adequada não só pelo seu custo atrativo, mas também pelo seu bom rendimento nas diferentes orientações em que vão ser colocados.

Sendo os módulos que maior capacidade de produção têm apenas com a incidência de luz indireta, e considerando que nem todas as águas da cobertura estão orientadas a Sul, consegue-se gerar com esta solução cerca de 10% a 15% de energia anual a mais que com outro tipo de módulos, dado que estes garantem produção desde do nascer do sol ao crepúsculo mesmo em dias nebulosos devido à sua elevada sensibilidade luminosa. A performance dos módulos de Silício Amorfo (de película fina) é significativamente melhor quando comparada com a de módulos de Silício Cristalino devido ao seu baixo coeficiente de temperatura, ou seja, não perdem mais rendimento a altas temperaturas.

Os equipamentos e os acessórios que controlam e transportam a produção da energia têm as potências e características adequadas a cada um dos conjuntos de módulos a que estiverem ligados entre si nas três diferentes zonas consideradas.

Para os procedimentos de cálculo começamos por separar cada uma das zonas consideradas consoante a sua orientação solar. Assim, definido o tipo de módulo a utilizar, a sua potência e dimensões deste, concluímos da quantidade de módulos necessários para cobrir a superfície que dispomos, bem como da potência total possível de instalar que é função direta da quantidade total de módulos a usar.

Os dados referentes aos módulos solares foram facultados em documento técnico emitido pelo seu fabricante, empresa de origem chinesa com elevada penetração nos mercados fotovoltaicos europeu e mundial. Salientamos que a quantidade de módulos indicados estão relacionados com as suas dimensões e superfície total a cobrir, e a potência total dos módulos corresponde à da totalidade destes.

Como aplicação do que atrás foi dito descrevem-se a seguir as opções consideradas para as três zonas em estudo.

Na Figura 191, indicamos os valores que vamos utilizar para o cálculo da produção de energia elétrica fotovoltaica na zona do Museu que contém a cobertura virada a Sul (zona 3),

Módulos fotovoltaicos de filmes finos (Silicio Amorfo)		
Eficiência :	4,70%	[redacted]
Quantidade de módulos:	180 un	
Potência unitária:	70 Wp	
Área de cada módulo:	1,11 m2	
Potência total dos módulos:	12600 Wp	
Área total de módulos:	199,80 m2	
Inclinição dos módulos:	23 °	

Figura 191
Alguns dos dados para o cálculo da produção de energia na zona virada a Sul.
Fonte: Execução do próprio (2011)

Seguidamente usando o mesmo procedimento para a zona da cobertura virada a SW (zona 2), os valores a utilizar são os referidos na Figura 192

Módulos fotovoltaicos de filmes finos (Silicio Amorfo)		
Eficiência :	4,70%	[redacted]
Quantidade de módulos:	216 un	
Potência unitária:	70 Wp	
Área de cada módulo:	1,11 m2	
Potência total dos módulos:	15120 Wp	
Área total de módulos:	239,76 m2	
Inclinição dos módulos:	23 °	

Figura 192
Alguns dos dados para o cálculo da produção de energia na zona virada a SW.
Fonte: Execução do próprio (2011)

Por último para a zona virada a Norte (zona 1), tomaram-se os valores indicados na Figura 193.

Módulos fotovoltaicos de filmes finos (Silicio Amorfo)		
Eficiência :	4,70%	[redacted]
Quantidade de módulos:	126 un	
Potência unitária:	70 Wp	
Área de cada módulo:	1,11 m2	
Potência total dos módulos:	8820 Wp	
Área total de módulos:	139,86 m2	
Inclinição dos módulos:	23 °	

Figura 193
Alguns dos dados para o cálculo da produção de energia na zona virada a Norte.
Fonte: Execução do próprio (2011)

Definidos estes parâmetros fundamentais que estão relacionados com as características e condições locais, áreas disponíveis para aplicação dos módulos, suas dimensões e potência unitária e tecnologia fotovoltaica escolhida, no subcapítulo seguinte

apresenta-se o desenvolvimento do cálculo ao caso em estudo e referência ao software considerado.

4.4 Software de cálculo utilizado, variáveis consideradas e energia produzida

Utilizamos um programa de cálculo automático que tem capacidade para determinar a produção de energia fotovoltaica na Europa "PVGIS" (Photovoltaic Geographical Information System), que se encontra disponibilizado online através do Site da União Europeia (http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/PVcalc.php?1). As variáveis que considerámos estão relacionadas com a tecnologia fotovoltaica selecionada, para que a partir daí se possam obter os valores de produção de energia elétrica para as três diferentes zonas consideradas neste estudo que, todas somadas, darão o valor total final de energia elétrica produzida e disponível para consumo neste novo Museu na cidade de Faro.

Assim, as variáveis com as quais o programa de cálculo irá determinar a energia produzida para a zona orienta a Sul (zona 3) são as seguintes:

- Tecnologia Fotovoltaica de Filmes Finos;
- Potência instalada de 12,6 kWp;
- Eficiência de 4,7% para a tecnologia usada;
- Inclinação utilizada de 23º que coincide com as coberturas;
- Sua orientação face aos pontos cardeais (Sul);
- As coordenadas geográficas correspondentes ao local de implantação do Museu (37º 0' 59'' N, 7º 56' 0''W).

Após a introdução destas variáveis no citado programa de cálculo automático obtêm-se diretamente as perdas de rendimento referentes às variações de temperatura dos módulos, efeitos da refletância, existência de inversores, cablagens e ligações que se situam num total de 15,5%. Este valor é de seguida introduzido no referido programa de cálculo a fim de obtermos diretamente os resultados da capacidade de produção de energia elétrica fotovoltaica, quer mensal quer diária, para todos os meses ao longo do ano e que se encontram referidos na Figura 194.

Área de módulos PV (m2):	199,8	
Potência instalada (kW):	12,6	
Meses	Produção mensal (KWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	1264	41
Fevereiro	1206	43
Março	1832	59
Abril	1903	61
Maio	2260	73
Junho	2203	73
Julho	2417	78
Agosto	2328	75
Setembro	1985	66
Outubro	1728	56
Novembro	1173	39
Dezembro	1055	34
Produção média	1779	58
Produção total anual (kWh):		**21351**

Figura 194
Distribuição dos valores mensais e diários referentes à produção de energia elétrica para a zona virada a Sul
Fonte: Execução do próprio (2011)

Completamos ainda esta informação com a apresentação gráfica desses valores através da Figura 195, onde se visualiza de uma forma fácil e imediata o desenvolvimento de toda a produção energética ao longo do ano.

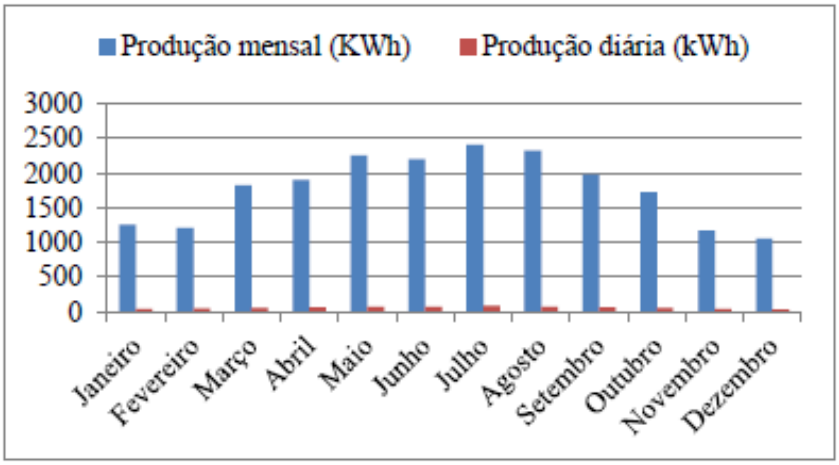


Figura 195
Representação gráfica mensal ao longo do ano da produção de energia elétrica para a zona virada a Sul
Fonte: Execução do próprio (2011)

Dos resultados obtidos para esta zona da cobertura conclui-se que a produção média diária de energia elétrica se situa nos 58kWh.

As variáveis com as quais o programa de cálculo irá determinar a energia

produzida para a zona orienta a SW (zona 2) são as seguintes:

- Tecnologia Fotovoltaica de Filmes Finos;
- Potência instalada de 15,12 kWp;
- Eficiência de 4,7% para a tecnologia usada;
- Inclinação utilizada de 23º que coincide com as coberturas;
- Sua orientação face aos pontos cardeais (SW);
- As coordenadas correspondentes ao local de implantação do Museu (37º 0' 59'' N, 7º 56' 0''W).

Após a introdução destas variáveis no citado programa de cálculo automático obtêm-se diretamente as perdas de rendimento referentes às variações de temperatura dos módulos, efeitos da refletância, existência de inversores, cablagens e ligações que se situam num total de 15,5%. Valor este que introduzimos de seguida no referido programa de cálculo a fim de obtermos diretamente os resultados da capacidade de produção de energia elétrica fotovoltaica, quer mensal quer diária, que se encontram referidos na Figura 196 para todos os meses ao longo do ano, tal como para o caso anterior.

Área de módulos PV (m2):	239,76	
Potência instalada (kW):	15,12	
Meses	Produção mensal (KWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	977	32
Fevereiro	1070	38
Março	1794	58
Abril	2070	67
Maio	2632	85
Junho	2658	89
Julho	2874	93
Agosto	2592	84
Setembro	2000	67
Outubro	1549	50
Novembro	964	32
Dezembro	811	26
Produção média	1832	60
Produção total anual (kWh):		**21989**

Figura 196
Distribuição dos valores mensais e diários referentes à produção de energia elétrica para a zona virada a SW
Fonte: Execução do próprio (2011)

Completando-se esta informação com a representação gráfica do desenvolvimento desses valores na Figura 197, onde se visualiza de uma forma imediata toda a produção energética ao longo do ano.

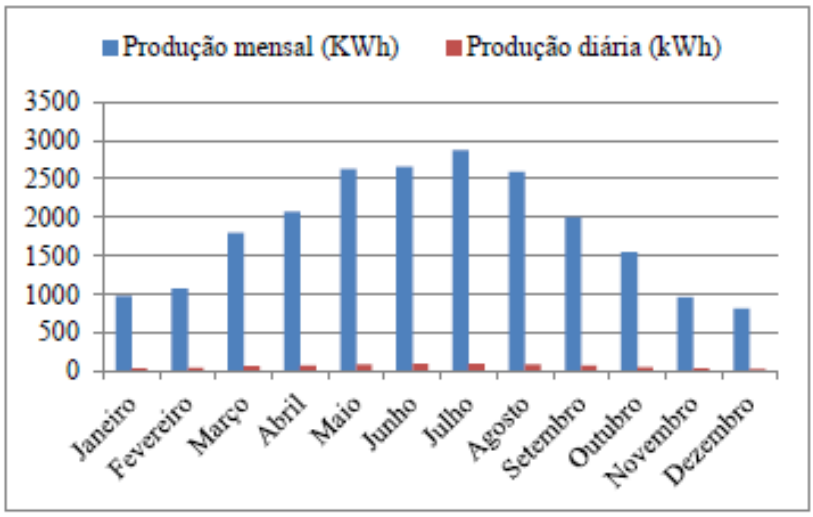


Figura 197
Representação gráfica mensal e diária ao longo do ano da produção de energia elétrica para a zona virada a SW.
Fonte: Execução do próprio (2011)

Dos resultados obtidos para esta zona da cobertura conclui-se que a produção média diária de energia elétrica se situa nos 60kWh.

As variáveis com as quais o programa de cálculo irá determinar a energia produzida para a zona orienta a Norte (zona 1) são as seguintes:

- Tecnologia Fotovoltaica de Filmes Finos;
- Potência instalada de 8,82 kWp;
- Eficiência de 4,7% para a tecnologia usada;
- Inclinação utilizada de 23º que coincide com as coberturas;
- Sua orientação face aos pontos cardeais (Norte);
- As coordenadas correspondentes ao local de implantação do Museu (37º 0’ 59’’ N, 7º 56’ 0’’W).

Após a introdução destas variáveis no citado programa de cálculo automático obtêm-se diretamente as perdas de rendimento referentes às variações de temperatura dos módulos, efeitos da refletância, existência de inversores, cablagens e ligações que se situam num total de 15,5%. Valor este que introduzimos no referido programa de cálculo a fim de obtermos diretamente os resultados da capacidade de produção de energia elétrica fotovoltaica, quer mensal quer diária, que se encontram referidos na Figura 198 para todos os meses ao longo do ano, tal como para os casos anteriores.

Área de módulos PV (m2):	139,86	
Potência instalada (kW):	8,82	
Meses	Produção mensal (KWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	571	18
Fevereiro	634	23
Março	1068	34
Abril	1247	40
Maio	1596	51
Junho	1615	54
Julho	1745	56
Agosto	1568	51
Setembro	1202	40
Outubro	922	30
Novembro	564	19
Dezembro	471	15
Produção média	1100	36
Produção total anual (kWh):		**13201**

Figura 198
Distribuição dos valores mensais e diários referentes à produção de energia elétrica para a zona virada a Norte
Fonte: Execução do próprio (2011)

Tal como para as situações anteriores e para uma mais fácil leitura procedemos à sua representação gráfica, Figura 199, onde se visualiza de uma forma imediata toda a produção energética ao longo do ano

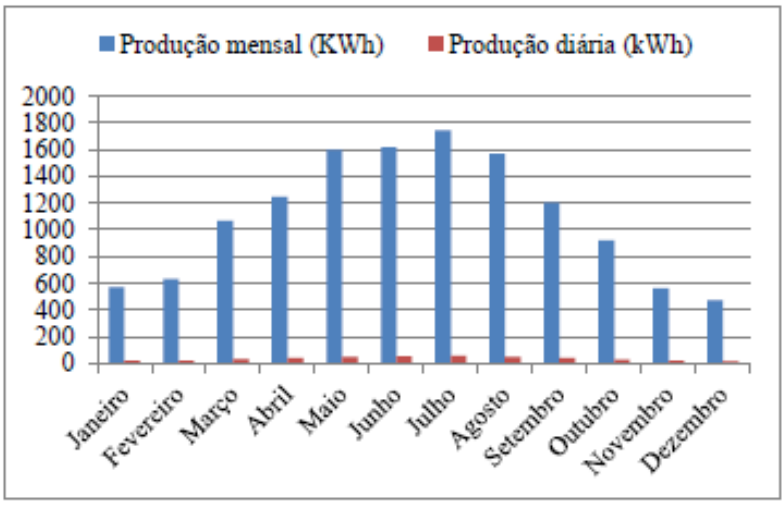


Figura 199
Representação gráfica mensal e diária ao longo do ano da produção de energia elétrica para a zona virada a Norte
Fonte: Execução do próprio (2011)

Para esta zona da cobertura, os resultados obtidos são 36 kWh para a produção média diária de energia elétrica ao longo do ano, o que é significativamente inferior às duas

anteriores zonas.

Na posse das quantidades de energia elétrica produzida ao longo do ano em cada uma das diferentes zonas da cobertura deste Museu, tendo tido em consideração os parâmetros definidos de acordo com as diferentes situações explicitadas, procederemos ao somatório das produções mensais e diárias obtidas em cada uma conforme se mostra na Figura 200.

Área total de módulos PV (m2):	579,42	
Potência total instalada (kW):	36,54	
Meses	Produção mensal (KWh)	Produção diária (kWh)
Janeiro	2811	91
Fevereiro	2910	104
Março	4694	151
Abril	5220	168
Maio	6488	209
Junho	6475	216
Julho	7036	227
Agosto	6488	209
Setembro	5186	173
Outubro	4199	135
Novembro	2700	90
Dezembro	2337	75
Produção média	4712	154
Produção total anual (kWh):		**56541**

Figura 200
Resumo geral dos valores mensais e diários referentes à produção total de energia elétrica para a solução global considerada.
Fonte: Execução do próprio (2011)

É assim obtida uma produção total média mensal de energia elétrica ao longo de todo o ano de 4.712,0kWh.

Na Figura 201 mostramos a representação gráfica do somatório de toda a produção de energia elétrica ao longo do ano, quer mensal quer diária. Este gráfico indica-nos que o mês de Dezembro é o que possui uma produção menor e que apenas em quatro meses durante todo o ano a produção é inferior a 3.000,0kWh, atingindo o máximo durante o mês de Julho onde atinge valor superior a 7.000,0kWh.

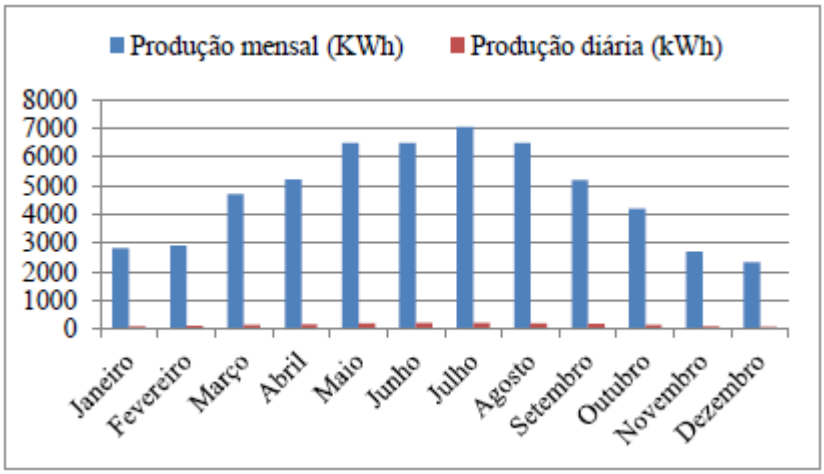


Figura 201
Representação gráfica mensal e diária ao longo do ano da produção total de energia elétrica para a solução global considerada.
Fonte: Execução do próprio (2011)

Determinada a produção de energia elétrica em toda a área escolhida para a colocação dos módulos fotovoltaicos, concluímos que, ao utilizarmos esta solução técnica, a produção média de energia elétrica mensal é de 4712 kWh, diária de 154 kWh e anual de 56541 kWh.

4.5 Cálculos financeiros, viabilidade económica do sistema fotovoltaico proposto e suas vantagens

A partir destes valores de energia elétrica produzida podemos determinar qual o valor que não necessitamos pagar pela energia elétrica consumida ao longo da vida útil do sistema que, segundo informações de diferentes fabricantes se situa por volta dos 30 anos.

Assim, sabendo que o valor atual de compra de energia elétrica é de 0,12456 €/kWh e prevendo uma taxa média de atualização de 3,0% ao ano, vamos calcular qual o valor que não iremos pagar a um fornecedor de energia elétrica considerando um prazo de 26 anos, que é um pouco inferior à sua vida útil prevista.

Para isso tomamos os valores da produção mensal de eletricidade ao longo de todo o ano e multiplicamos pelo valor do custo do kWh atrás referido para o seu primeiro ano de produção e acrescentamos a taxa de atualização do custo definida para cada um dos anos seguintes. Obtendo-se assim todos os valores parciais que corresponderiam à compra de energia elétrica mensais e anuais ao longo do prazo definido, como se pode verificar através da leitura da Figura 202.

Meses	Produção (kWh)	Rendimentos médios (€)									
		1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	6º ano	7º ano	8º ano	9º ano	10º ano
Janeiro	2811	350,1	360,6	371,4	382,5	394,0	405,8	418,0	430,5	443,5	456,8
Fevereiro	2910	362,4	373,3	384,5	396,0	407,9	420,2	432,8	445,7	459,1	472,9
Março	4694	584,6	602,2	620,2	638,8	658,0	677,7	698,1	719,0	740,6	762,8
Abril	5220	650,2	669,7	689,8	710,4	731,8	753,7	776,3	799,6	823,6	848,3
Maio	6488	808,1	832,4	857,3	883,1	909,6	936,8	964,9	993,9	1023,7	1054,4
Junho	6475	806,5	830,7	855,6	881,3	907,8	935,0	963,0	991,9	1021,7	1052,3
Julho	7036	876,4	902,7	929,8	957,7	986,4	1016,0	1046,5	1077,9	1110,2	1143,5
Agosto	6488	808,1	832,4	857,3	883,1	909,6	936,8	964,9	993,9	1023,7	1054,4
Setembro	5186	645,9	665,3	685,3	705,8	727,0	748,8	771,3	794,4	818,3	842,8
Outubro	4199	523,0	538,7	554,9	571,5	588,6	606,3	624,5	643,2	662,5	682,4
Novembro	2700	336,3	346,4	356,7	367,5	378,5	389,8	401,5	413,6	426,0	438,8
Dezembro	2337	291,1	299,8	308,8	318,1	327,6	337,4	347,6	358,0	368,7	379,8
Rendimento médio anual (€)		7042,8	7254,1	7471,7	7695,8	7926,7	8164,5	8409,5	8661,7	8921,6	9189,2

Meses	Produção (kWh)	Rendimentos médios (€)									
		11º ano	12º ano	13º ano	14º ano	15º ano	16º ano	17º ano	18º ano	19º ano	20º ano
Janeiro	2811	470,5	484,6	499,1	514,1	529,5	545,4	561,8	578,6	596,0	613,9
Fevereiro	2910	487,1	501,7	516,7	532,2	548,2	564,7	581,6	599,0	617,0	635,5
Março	4694	785,7	809,3	833,5	858,5	884,3	910,8	938,1	966,3	995,3	1025,1
Abril	5220	873,8	900,0	927,0	954,8	983,4	1012,9	1043,3	1074,6	1106,9	1140,1
Maio	6488	1086,1	1118,6	1152,2	1186,8	1222,4	1259,0	1296,8	1335,7	1375,8	1417,1
Junho	6475	1083,9	1116,4	1149,9	1184,4	1219,9	1256,5	1294,2	1333,1	1373,1	1414,2
Julho	7036	1177,8	1213,2	1249,6	1287,1	1325,7	1365,4	1406,4	1448,6	1492,1	1536,8
Agosto	6488	1086,1	1118,6	1152,2	1186,8	1222,4	1259,0	1296,8	1335,7	1375,8	1417,1
Setembro	5186	868,1	894,1	921,0	948,6	977,1	1006,4	1036,6	1067,7	1099,7	1132,7
Outubro	4199	702,9	724,0	745,7	768,1	791,1	814,8	839,3	864,5	890,4	917,1
Novembro	2700	451,9	465,5	479,4	493,8	508,6	523,9	539,6	555,8	572,5	589,7
Dezembro	2337	391,2	402,9	415,0	427,5	440,3	453,5	467,1	481,1	495,5	510,4
Rendimento médio anual (€)		9464,9	9748,9	10041,3	10342,6	10652,8	10972,4	11301,6	11640,7	11989,9	12349,6

Meses	Produção (kWh)	Rendimentos médios (€)					
		21º ano	22º ano	23º ano	24º ano	25º ano	26º ano
Janeiro	2811	632,3	651,2	670,8	690,9	711,6	733,0
Fevereiro	2910	654,6	674,2	694,4	715,3	736,7	758,8
Março	4694	1055,9	1087,6	1120,2	1153,8	1188,4	1224,1
Abril	5220	1174,3	1209,5	1245,8	1283,2	1321,6	1361,3
Maio	6488	1459,6	1503,3	1548,5	1594,9	1642,8	1692,0
Junho	6475	1456,7	1500,4	1545,4	1591,7	1639,5	1688,7
Julho	7036	1582,9	1630,4	1679,3	1729,7	1781,6	1835,0
Agosto	6488	1459,6	1503,3	1548,5	1594,9	1642,8	1692,0
Setembro	5186	1166,7	1201,7	1237,7	1274,8	1313,1	1352,5
Outubro	4199	944,6	972,9	1002,1	1032,2	1063,2	1095,1
Novembro	2700	607,3	625,6	644,3	663,7	683,6	704,1
Dezembro	2337	525,7	541,5	557,7	574,5	591,7	609,4
Rendimento médio anual (€)		12720,1	13101,7	13494,7	13899,6	14316,5	14746,0

Figura 202
Demonstração dos valores dos consumos de energia elétrica produzida por este sistema fotovoltaico ao longo do prazo definido.
Fonte: Execução do próprio (2011)

Somando todos esses valores mensais ao longo dos 26 anos considerados, concluímos que estamos perante um valor total de 271.520,9 €, o que permite poder investir-se com segurança num projeto com alguma dimensão.

Salientamos também que o consumo dessa energia de origem limpa contribui diretamente para a sustentabilidade ambiental do nosso Planeta pois os 56.541,0 kWh de

energia produzida equivalem 23.713,30 kg de CO2 que desta forma não são anualmente lançados para a Atmosfera.

Na posse destes dados, e com a viabilidade ambiental deste projeto já garantida, vamos verificar em seguida a viabilidade económica na implementação de um sistema captação e produção de energia solar fotovoltaica, cujos equipamentos necessários são os seguintes:

- Fornecimento e montagem de 522 Módulos fotovoltaicos de filmes finos de Silício Amorfo da QS Solar com potência unitária de 70 Wp;
- Fornecimento e montagem de 6 Inversores do tipo Sunways da série NT 3700, ou equivalente;
- Fornecimento e montagem de estrutura em alumínio para fixação dos Módulos;
- Fornecimento e aplicação de cabos para AC, incluindo todas as ligações necessárias;
- Fornecimento e aplicação de cabos para DC, incluindo todas as ligações necessárias;
- Fornecimento e montagem de fichas de ligação MC4 (machos e fêmeas);
- Fornecimento e montagem de caixas/Quadros de ligação para DC, incluindo o necessário equipamento e ligações;
- Fornecimento e montagem de um sistema de contagem da energia do tipo Siemens Landis+Gyr, ou equivalente;
- Implementação de sinalização e monitorização da instalação de forma a que o seu controlo seja eficaz;
- Fornecimento e montagem de proteção contra sobretensão e descargas atmosféricas;
- Fornecimento e montagem de Quadro Geral de interligação DC/AC, incluindo o equipamento necessário e ligações;
- Fornecimento e montagem dos Relés de corte necessários para as interligações;
- Execução dos testes finais do sistema.

Consultadas algumas empresas da especialidade, percebemos que apresentavam valores muito semelhantes para execução deste trabalho, pelo que optámos por uma delas que contempla a execução do sistema fotovoltaico completo do tipo “chave na mão” pelo

valor de: 132.288,2€, incluindo o Imposto Sobre o Valor Acrescentado (IVA) à taxa de 13%.

Estamos então em condições de calcular a viabilidade económica do sistema fotovoltaico proposto para um período de 26 anos, que nos permite ainda uma margem de segurança face à sua vida útil de 30 anos. Para isso, vamos demonstrar como é feita a sua amortização e se obtem o retorno do investimento, usando o rendimento obtido nos valores de energia eléctrica que não são pagos ao distribuidor da rede pública, mas sim produzida por este sistema.

Construímos uma grelha (Figura 203) onde se refletem anualmente os benefícios provenientes da produção energética e a amortização do investimento efetuado utilizando esses valores, obtendo-se o desenvolvimento pormenorizado no período considerado. A metodologia utilizada foi a de ir diminuindo anualmente o valor que corresponderia à compra de energia em quantidade igual à produzida, ao investimento inicial.

Valor do investimento inicial:		-132.288,2 €		
Anos	Lucros Brutos Anuais (LBA)	Valor Actual Líquido (VAL)	Rendim. anual função do investim. (%)	Rendim. acumulado (%)
1°	7.042,8 €	-125.245,4 €	5,32	-94,68
2°	7.254,1 €	-117.991,3 €	5,48	-89,19
3°	7.471,7 €	-110.519,6 €	5,65	-83,54
4°	6.596,4 €	-103.923,2 €	4,99	-78,56
5°	7.926,7 €	-95.996,5 €	5,99	-72,57
6°	8.164,6 €	-87.832,0 €	6,17	-66,39
7°	8.409,5 €	-79.422,5 €	6,36	-60,04
8°	8.661,7 €	-70.760,8 €	6,55	-53,49
9°	8.921,6 €	-61.839,2 €	6,74	-46,75
10°	9.189,3 €	-52.650,0 €	6,95	-39,80
11°	9.464,9 €	-43.185,0 €	7,15	-32,64
12°	9.748,9 €	-33.436,1 €	7,37	-25,28
13°	10.041,4 €	-23.394,8 €	7,59	-17,68
14°	10.342,6 €	-13.052,1 €	7,82	-9,87
15°	10.652,8 €	-2.399,3 €	8,05	-1,81
16°	10.972,4 €	8.573,1 €	8,29	6,48
17°	11.301,6 €	19.874,7 €	8,54	15,02
18°	11.640,7 €	31.515,4 €	8,80	23,82
19°	11.989,8 €	43.505,2 €	9,06	32,89
20°	12.349,5 €	55.854,7 €	11,88	42,22
21°	12.720,1 €	68.574,8 €	9,62	51,84
22°	13.101,7 €	81.676,4 €	9,90	61,74
23°	13.494,7 €	95.171,1 €	10,20	71,94
24°	13.899,6 €	109.070,7 €	10,51	82,45
25°	14.316,5 €	123.387,2 €	10,82	93,27
26°	14.746,1 €	138.133,3 €	11,15	104,42

Figura 203
Evolução do estudo económico numérico do sistema fotovoltaico considerado para um período de 26 anos
Fonte: execução do próprio (2011)

Verificamos assim que, no final do prazo considerado, obtivemos um benefício económico de valor correspondente a mais do dobro do investimento, com retorno de todo o investimento a partir do 15º ano.

Na Figura 204 mostramos o desenvolvimento gráfico deste estudo onde numa fácil leitura verificamos que o período de retorno para o investimento feito é de 15 anos, o que é francamente positivo, conseguindo-se em simultâneo obter resultados económicos e ambientais favoráveis.

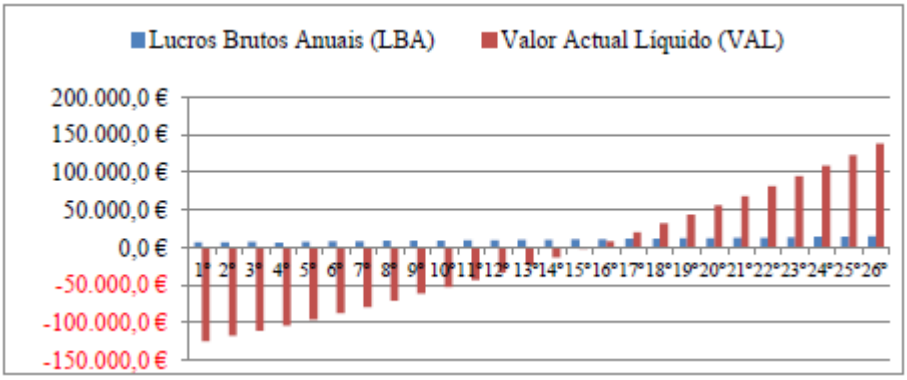


Figura 204
Evolução gráfica do estudo económico deste sistema fotovoltaico
para o período de 26 anos
Fonte: Execução do próprio (2011)

Este período de retorno alcançado para o investimento efetuado com um sistema fotovoltaico idealizado para integrar nas coberturas do novo Museu de Arte Contemporânea de Faro é significativo, pois fica comprovado que é necessário pensar e executar mais soluções destas ou equivalentes face aos resultados obtidos neste caso concreto. No final do período considerado obtemos um rendimento acumulado superior ao dobro do capital investido. Refira-se ainda que a manutenção do sistema tem um valor que podemos classificar de residual e sem grande significado, uma vez que se situa por volta dos 2% do valor do investimento.

Claro que como já foi referido, a energia elétrica produzida mensalmente através deste sistema fotovoltaico é uma quantidade que, embora insuficiente para as necessidades de consumo do Museu, é uma contribuição que em muitos dias apresenta produção suficiente sem necessidade de recorrer à compra de energia à rede pública de distribuição.

A seguir, com o objetivo de demonstrarmos as necessidades de energia elétrica para alguns dos consumos do Museu, nomeadamente a iluminação, apresentamos na Figura

205 um estudo sobre os espaços que o Museu possui, os Luxs considerados, os watts necessários para os Luxs considerados e as horas de consumo previstas.

Admitimos que a fonte luminosa se situa entre 2,0m a 2,5m de distância da superfície a iluminar. Temos ainda a certeza de que os valores considerados estarão por excesso, uma vez que, por exemplo, os espaços expositivos que ocupam cerca de 1.400,00m2, terão acervos cuja exposição à luz artificial será bastante inferior à considerada, e o tempo de iluminação considerado nalguns dos outros espaços considerados, na prática irá ser significativamente inferior.

Relação dos espaços e consumos energéticos com a Iluminação

Compartimentos	Iluminação considerada (lux)	Watts necessários (W/m2)	Áreas dos espaços (m2)	Consumos horários (W/h)	Tempo de funcinamento		Consumo mensal	
					(horas/dia)	(dias/mês)	(W/mês)	(kWh/mês)
Áreas expositivas e salão polivalente	200	6,0	1400,0	8400,0	8	30	2016000,0	2016,00
Zonas de circulação e loja	200	6,0	300,0	1800,0	8	30	432000,0	432,00
Bares e cafetarias	300	10,0	100,0	1000,0	8	30	240000,0	240,00
Instalações sanitárias	300	10,0	110,0	1100,0	8	30	264000,0	264,00
Serviços administrativos, educativos e de investigação	500	17,0	220,0	3740,0	8	30	897600,0	897,60
Arrecadações	300	10,0	120,0	1200,0	8	30	288000,0	288,00
Reservas	200	6,0	250,0	1500,0	8	30	360000,0	360,00
Total de consumo mensal								4497,60

Figura 205
Espaços e consumos energéticos com a iluminação
Fonte: Execução do próprio (2011)

Com a obtenção destes resultados que nos indicam da necessidade de eletricidade mensal de 4.497,6kWh, concluímos que esta solução fotovoltaica responde com eficácia às necessidades para toda a iluminação do Museu, sobrando ainda produção para, por exemplo, poder ser utilizada em alguns computadores, uma vez que cada um consome cerca de 250W por hora. Esta situação é vantajosa até contando apenas com a satisfação das questões económicas, que em nossa opinião, são de menor importância comparadas com os benefícios ambientais daí provenientes.

A solução proposta com este sistema fotovoltaico embora não respondendo à totalidade das necessidades de eletricidade deste Museu tem a capacidade de superar uma parte em condições vantajosas. No entanto, pensamos que a muito curto prazo face aos indicadores mundiais, será possível a utilização de tecnologias fotovoltaicas mais evoluídas com rendimentos mais elevados e a preços significativamente mais baixos, não só por via do elevado rendimento conseguido mas também devido à crescente massificação das suas vendas.

Regra geral, os consumos mais elevados de energia elétrica num Museu estão relacionados com a climatização dos seus espaços. Neste caso concreto do Museu de Arte Contemporânea de Faro, em que existe a disponibilidade de um logradouro, poderá ser equacionada a utilização da energia geotérmica de superfície com captação vertical, que por certo, responderia com êxito a toda a necessidade de climatização.

Do nosso ponto de vista, acrescentaríamos ainda a estas soluções, a captação da energia solar térmica para fazer face ao aquecimento das águas utilizadas especialmente nos bares, cafetarias e sanitários.

Conclusões

Numa esmagadora maioria ou mesmo em todos os edifícios destinados a Museus, independentemente da sua localização, vetustez ou tipo de construção, é possível instalar uma ou mais fontes de energias renováveis. No entanto, edifícios de Museus que se situem em locais mais afastados dos aglomerados populacionais, dispõem normalmente de condições naturais que permitem implementar maior número de soluções e sistemas para captação e produção de energias renováveis localmente disponíveis.

Sendo os Museus um equipamento cultural de elevada importância com funções sociais nas áreas da recolha, estudo, conservação e divulgação da cultura e dos bens patrimoniais, é também de extrema importância social a sua contribuição para a sustentabilidade ambiental e económica através da utilização de energias renováveis e limpas.

Entendemos que entidades promotoras ou que tutelem estes equipamentos culturais, devem intervir com celeridade de forma a que em todos eles se instalem energias renováveis, quer em simultâneo com a sua construção de raiz, quer promovendo a sua integração em edifícios construídos, de acordo com as características geográficas locais utilizando sistemas de captação e produção que melhor se adequem em cada caso real.

Ao longo deste trabalho foram referidas uma a uma as energias renováveis referidas cuja tecnologia desenvolvida permite a captação e produção com origem em diferentes fontes, começando pela sua origem, produção e consumo final. Desta análise constatámos que todas elas podem ser utilizadas em qualquer tipo de edifícios estando estes localizados próximos ou não das fontes de captação, desde que para isso exista construída uma rede própria para a sua distribuição a partir de qualquer central. No entanto, é vantajoso que estes edifícios incorporem alguma ou algumas das tecnologias disponíveis, individualmente ou em grupos, que lhes permitam o aproveitamento dos recursos naturais locais, produzindo a totalidade ou parte das energias de origem limpa que necessitam, contribuindo-se assim para a sua sustentabilidade económica e ambiental.

Os edifícios destinados a Museus têm à sua disposição diferentes possibilidades de incorporarem na sua construção, a tecnologia disponível que lhes permite de forma individual, captar e produzir, se não a totalidade, pelo menos uma grande parte das suas necessidades energéticas sem recurso às fontes poluidoras tradicionais. Sendo que as energias mais apropriadas e tecnicamente desenvolvidas para captação e aplicação individual são:

- a energia solar fotovoltaica e a energia eólica:

Ambas destinam-se à produção de energia elétrica com possibilidade de venda ou armazenamento de toda a que não for consumida.

- a energia solar térmica:

De enorme importância para o aquecimento de águas cuja utilização poderá servir todos os serviços de apoio, nomeadamente instalações sanitárias, restaurantes e cafetarias, e por último:

- a energia geotérmica de superfície:

Que permite a climatização dos diferentes espaços que os edifícios de Museus dispõem.

Entre as duas fontes de captação de energia mencionadas, para a produção de energia elétrica, a energia solar fotovoltaica proveniente do aproveitamento direto do sol e/ou da luminosidade natural, é aquela que, face ao desenvolvimento tecnológico, dispõe de melhores e maiores possibilidades técnicas de inserção em qualquer local ou tipo de edifícios, em virtude das suas múltiplas possibilidades de aplicação sob a forma de módulos e/ou células solares em qualquer superfície disponível destes, ou em qualquer terreno livre contíguo aos Museus.

Quanto à energia eólica proveniente do aproveitamento direto da existência de vento em que a transformação em energia é obtida por meio de Aerogeradores com dimensões bastante variáveis consoante a sua potência e local de aplicação, podendo ser captada no mar (offshore) ou em terra (onshore), e utilizadas separadas ou conjuntamente, a sua aplicação em Museus depende apenas da localização geográfica dos edifícios.

Para o aquecimento de águas através da energia solar térmica proveniente do aproveitamento direto do sol, dispõe-se de uma tecnologia muito desenvolvida a nível mundial, que oferece múltiplas soluções de módulos solares térmicos utilizáveis em coberturas de todos os tipos de edifícios, espaços disponíveis contíguos a estes e mesmo em módulos integráveis quer em coberturas quer em fachadas, ficando visível como sendo acabamento final das superfícies utilizadas.

Por fim, podemos utilizar a energia geotérmica de superfície, que recorre ao aproveitamento das temperaturas existentes no interior da terra a baixa profundidade, na climatização de todos os espaços que a necessitem. A tecnologia disponível e desenvolvida para captação desta energia contempla três possibilidades: em profundidade; com a vantagem de ser necessário menos área de terreno disponível; horizontal: em que só será possível havendo suficiente área de terreno livre, e em lençol freático: que apenas depende

da existência local de um caudal de água suficiente ao longo de todo o ano.

É de destacar que qualquer destas soluções são totalmente integradas nos locais onde sejam colocadas sem que haja lugar a impactos visuais, uma vez que estamos a falar de sondas geotérmicas e tubagens enterradas, bombas de calor em espaço técnico a definir no edifício e distribuição da climatização através de condutas, grelhas e/ou convetores.

O nosso país possui incidência solar anual de cerca de 3.000 horas de Sol a Sul e um mínimo de cerca de 2.000 horas na zona Norte em áreas reduzidas e por isso pouco significativas. Isto significa que dispõe de uma capacidade enorme na área das energias renováveis provenientes do Sol, o que permite investimentos com períodos de retorno cada vez menores, quer na energia solar fotovoltaica quer energia solar térmica.

No entanto, sendo a energia elétrica aquela que é fundamental ao funcionamento dos equipamentos com diferentes funções em edifícios destinados a Museus, é importante realçar a capacidade fotovoltaica existente em Portugal, com potencialidades para a produção de energia elétrica, diretamente relacionadas com a irradiação solar (kWm2) obtida, a capacidade fotovoltaica de produção de energia elétrica (kWh/1kWp) e inclinação e direção da tecnologia utilizada face ao Sol.

Considerando cinco grandes zonas para o nosso país: o Algarve, Alentejo, Lisboa e Vale do Tejo, Centro, e a região Norte, observamos que podemos obter uma capacidade de produção de energia elétrica global média máxima anual de 1.495,0 kWh por cada kWp instalado, descendo a um mínimo médio anual de 1.299,0 kWh por cada kWp instalado no Norte de Portugal, sendo o máximo regional médio anual de 1.570,0 kWh por cada kWp instalado, no Alentejo.

Conclui-se assim da homogeneidade do nosso país em termos de exposição solar, pois existe apenas uma diferença de produção de energia de cerca de 15% entre a situação média mais e menos favorável, o que nos conduz face à diversidade de tecnologias fotovoltaicas disponíveis, à obtenção de soluções pontuais e globais ajustadas e compensadoras para qualquer que for a opção.

Como se verifica, Portugal possui características ótimas para instalar elevadas potências fotovoltaicas, que em nossa opinião pode trazer-nos enormes benefícios de caráter ambientais, energéticos, sócio-económicos e mesmo no embelezamento arquitetónico da construção existente ou a construir com a sua inserção no planeamento urbano.

Independentemente dos incentivos e benefícios fiscais em vigor, medidas

governamentais para incentivar e massificar estes investimentos, especialmente para os pequenos consumidores de Baixa Tensão, que reduzem drasticamente o período de retorno do capital investido, pensamos que a muito curto prazo, com o crescimento acentuado do desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica iremos conseguir competitividade direta perante fontes energéticas tradicionais, contribuindo também para isso a aplicação massiva desta fonte energética especialmente com ligação à rede de distribuição pública.

De uma forma prática e resumida apresentamos na Figura 206, uma lista de energias renováveis que entendemos serem as mais apropriadas para utilizar individualmente em edifícios destinados a Museus, bem como as características que estes devem possuir para aplicação adequada das diferentes soluções possíveis.

Quadro resumo das energias renováveis mais apropriadas para aplicação individual em edifícios destinados a Museus

Tipos de edifícios	Tipo de localização	Para produção de energia elétrica							Para aquecimento de águas			Para climatização		
		Energia solar fotovoltaica - formas de captação					Energia Eólica - formas de captação		Energia solar térmica - formas de captação			Energia geotérmica de superfície - formas de captação		
		Módulos fotovoltaicos isolados	Integração de módulos fotovoltaicos em fachadas	Integração de módulos fotovoltaicos em coberturas	Integração de células fotovoltaicas em revestimentos de fachadas e/ou coberturas		Aerogeradores em mar (offshore)	Aerogeradores em terra (onshore)	Módulos solares térmicos isolados	Integração de módulos solares térmicos em fachadas	Integração de módulos solares térmicos em coberturas	Em profundidade	Horizontal	Em lençol freático
Históricos	sem logradouro		v	v	v					v	v			
	com logradouro	v	v	v	v			v	v	v	v	v	v	
	próximo de nascente													v
	próximo de mar						v							
Construção existente	sem logradouro		v	v	v					v	v			
	com logradouro	v	v	v	v			v	v	v	v	v	v	
	próximo de nascente													v
	próximo de mar						v							
A construir de raiz	sem logradouro		v	v	v					v	v			
	com logradouro	v	v	v	v			v	v	v	v	v	v	
	próximo de nascente													v
	próximo de mar						v							

Figura 206
Aplicabilidade de energias renováveis em edifícios de Museus - Quadro resumo
Fonte: Execução do próprio (2011)

Constatámos ao longo deste trabalho que a massificação do uso das energias renováveis, independentemente de se utilizar uma ou mais para o mesmo local, reveste-se de uma necessidade absoluta para aplicação nos edifícios onde funcionem Museus. Por motivos que se desconhecem, a verdade é que não houve a determinação da parte das entidades responsáveis de incorporarem este investimento nestes importantes equipamentos culturais. Este trabalho que desenvolvemos vai assim no sentido de ajudar, de uma forma

prática e acessível, a colmatar uma necessidade inquestionável, solucionando uma lacuna bastante cara e dispendiosa para toda a sociedade, não só do ponto de vista económico como ambiental.

- Pensamos ter conseguido, através do trabalho que nos determinámos realizar, demonstrar a possibilidade de utilização de energias renováveis nos edifícios onde estão instalados Museus.

- Apresentamos um estudo prático que demonstra como a utilização da energia solar fotovoltaica é adequada para edifícios históricos, como é o caso de tantos Museus portugueses.

- Concluímos que um sistema solar fotovoltaico instalado num Museu com um período de retorno do capital investido de 15 anos, constitui forte incentivo à sua aplicação em muitos outros casos semelhantes.

- Finalmente reiteramos a necessidade dos Museus, enquanto instituições dedicadas à preservação patrimonial, preocupadas com os problemas da sociedade contemporânea nomeadamente a sustentabilidade ambiental, adotarem cada vez mais os sistemas que permitam a captação e produção de energias renováveis e limpas.

Bibliografia

Bibliografia citada

Brigola, João; Teixeira, Madalena; Nabais, António (2003). Perspectiva histórica da evolução do conceito do museu em Portugal. In: *Lugar em Aberto, nº1 – I Série da Revista da Apom*. Lisboa: Apom.

Bruno, Cristina. (1997). Museologia e Museus: Princípios, Problemas e Métodos In: *Cadernos de Sociomuseologia*, 10. Lisboa: ULHT.

Bruno, Cristina. (1996). Museologia e Comunicação. In: *Cadernos de Sociomuseologia*, 9. Lisboa: ULHT.

Chagas, Mário; Santos, Myriam Sepúlveda. (2007). *Museus, colecções e património: Narrativas polifónicas.*Colecção Museo, memória e cidadania. Rio de Janeiro: Garamond Universitária.

Chagas, Mário; Santos, Myriam Sepúlveda. (2002). Museu e politicas de Memória. In: *Cadernos de Sociomuseologia*, 19. Lisboa: ULHT.

Chagas, Mário. (1994). O campo de actuação da museologia. In: *Cadernos de Sociomuseologia*, 19. Lisboa: ULHT.

Chagas, Mário. (1990). *O objecto de pesquisa no caso dos museus*.Comunicação apresentada no Encontro de Pesquisadores em Museus. Rio de Janeiro: Museu histórico nacional.

Comissão Nacional Portuguesa do ICOM. (2003). *Código Deontológico para os Museus*. Lisboa: ICOM-Portugal.

ICOMOS. (1976). *Carta de Turismo Cultural.* In: http://www.international.icomos.org/charters.htm. Acedido em 6/06/2010

Maure, Marc-Alain. (1984). Identité, écologie, participation: In: Bary, Marie-Odile de; Desvallés, André; Wasserman, Françoise. (Dir.). (1994). *Vagues: une anthologie de la nouvelle muséologie*. Paris: MNES.

Mensch, Peter van. (1988). Muséologie et musées. In: *Nouvelles de L'ICOM*. Vol. 41, 3. UNESCO: Paris.

Moutinho, Mário. (2007). *Definição Evolutiva de Sociomuseologia. Proposta para Reflexão*. Comunicação apresentada no XII Atelier Internacional do MINOM. Lisboa: ULHT.

Moutinho, Mário. (2000). *Autonomia Ritmo e Criatividade na Museologia Contemporânea*. Encontros "Linguagens e Processos Museológicos". S. Paulo. USP.

Moutinho, Mário. (1989). Museus e sociedade. In: *Cadernos de património*, 5. Museu Etnográfico de Monte Redondo.

ONU. (1997). *Declaração sobre as Responsabilidades das Gerações Presentes para com as Gerações Futuras.* In: http://www.un.org/en/index.shtml. Consultado em 6 de Junho de 2010.

Póvoas, Liliana; Lopes, César. (2001). Construir uma memória da terra para o futuro. In: *XIII Jornadas sobre a Função Social do Museu*. Alcoutim e Tavira. Texto Policopiado.

Primo, Judite. (1999). (org.). Museologia e Património: documentos fundamentais. In: *Cadernos de Sociomuseologia*, 15. Lisboa: ULHT.

Rivière, Georges Henry. (1993). *La museologia.* Madrid: Ediciones Akal.

Scheiner, Tereza. (2000). Museu: génese, ideia e desenvolvimento. In: *Curso Fundamentos da Museologia Teórica e Aplicada*. Lisboa: ULHT. Texto policopiado.

Silva, P. da S. (2009). Citações e pensamentos de Fernando Pessoa – Uma compilação dos melhores textos do maior poeta da língua portuguesa do século XX (3ª edição). Alfragide: Casa das Letras.

UNESCO. (2001). *Declaração Universal sobre a Diversidade Cultural.* In: http://portal.unesco.org/la/conventions_by_country.asp?language=E&typeconv=1&contr=PT Acedido em 6/06/2010.

UNESCO. (1976). *Carta de Nairobi*. In: http://portal.unesco.org/la/conventions_by_country.asp?language=E&typeconv=1&contr=PT Acedido em 6/06/ 2010.

UNESCO. (1972). *Convenção do Património Mundial, Cultural e Natural*. In: http://portal.unesco.org/la/conventions_by_country.asp?language=E&typeconv=1&contr=PT Acedido em 6/06/ 2010.

UNESCO. (1971). *Convenção Relativa às zonas húmidas e de importância internacional*. In: http://portal.unesco.org/la/conventions_by_country.asp?language=E&typeconv=1&contr=PT Acedido em 6/06/2010.

Varine, Hugues. (1987). *O Tempo Social*. Rio de Janeiro: Livraria Eça Editora.

Varine, Hugues. (1982). Rapport de synthèse. In: *XVI Conferencia Geral do ICOM*. Canadá: ICOM.

Varine, Hugues. (1978). L'écomusée. In: Bary, Marie-Odile de; Desvallés, André;

Wasserman, Françoise. (Dir.). (1994). *Vagues: une anthologie de la nouvelle muséologie*. Paris: MNES.

Verhelst, T. (1997). *As funções sociais da cultura*. LEADER Magazine 8. www.rural-europe.pt. Acedido em 14/08/2002.

Bibliografia consultada

AA.VV. (1996). *Actas do V Encontro nacional Museologia e Autarquias - Cadernos de sociomuseologia, 8.* Lisboa: ULHT

AA.VV. (1999). *Museologia: teoria e prática - Cadernos de sociomuseologia, 14.* Lisboa: ULHT.

AA.VV. (1996). *Museus e acção cultural - Cadernos de sociomuseologia, 5.* Lisboa: ULHT.

AA. VV. (2009). *Planning Successful musem building Projects*. USA. AltaMira Press.

AA.VV. (2009). *Ressurreição de Santa Clara-a-Velha - Ecdj.12 em cima do joelho*. Coimbra: Editorial do Departamento de Arquitectura da FCTUC.

AA.VV. (2010) Revista de Museología nº48. "*Museos y Medio Ambiente*".Madrid. Asociación de Museólogos.

AA.VV. (2009): *Rua Larga - Revista da Reitoria da Universidade de Coimbra, 25*. Coimbra: Litografia Coimbra, S A.

Abreu, R., Chagas, M. S. & Santos, M. S. Dos, (2007). *Museus, Colecções e Patrimônios: Narrativas Polifônicas.* Brasil: Coleção Museu Memória e Cidadania/Garamond Universitária.

Allee, V., (2003). *The future of knowledge*. Burlington: Butterworth-Heinemann Publications.

Aguiar, R., Viana, S. C. & Joyce, A. (2002). *Estimativas Instantâneas do desempenho de Sistemas Solares Fotovoltaicos para Portugal Continental*. Albufeira: XI Congresso Ibérico / VI Congresso Ibero Americano de Energia Solar.

Anais do II Encontro Internacional de Ecomuseums/ IX ICOFOM LAM. Rio de Janeiro, 2000.

André, R. Q. P. (2006). *Fundamentos de Eficiência Energética Industrial, Comercial e Residencial.* São Paulo, Brasil: Ensino Profissional Editora

Antunes, J. L. (2003). *A Ciência como uma linguagem comum num mundo globalizado - Conferência Globalização, Ciência, Cultura e Religiões*. Lisboa: Dom Quixote.

Araújo, M. M. & Oliveira, M. C. (1995). *Apresentação. In: A Memória do Pensamento Museológico Contemporâneo*. Brasil: ICOM.

Barbosa, L. A. G. *Iluminação de museus, galerias e objectos de arte, projectos de iluminação* – Museus e Galerias de Arte.

http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Museus/ILUMINA%C7%C3O%20DE%20MUSEUS%20GALERIAS%20E%20OBJETOS%20DE%20ARTE.pdf. Acedido em 04/09/2009:

Bassi, S., Bouchard, D., Butigan-Vučaj, T., Francesco, G. De, Dobreva, M., Dolff-Bonekämper, G.et al., (2008). *Heritage and Beyond*. Council of Europe: Publishing Editions.

Bedekar, V.H. (2000). *The ecomuseum projects in the Indian context. In: Anais do II Encontro Internacional de Ecomuseums*. Rio de Janeiro: IX ICOFOM LAM.

Brito, C. A. (1991). *A nova museologia: da teoria às práticas. In: Textos de Museologia. Cadernos do Minom 1*. Lisboa: MINOM.

Bruno, Cristina, (1999). *Museologia Teoria e Prática,* Cadernos de Sociomuseologia, 16, Lisboa. ULHT.

Bruno, Cristina, (1996). *Museologia e Comunicação*, Cadernos de Sociomuseologia, 6, Lisboa. ULHT.

Bruno, Cristina, (1997). *Museologia e Museus: princípios, problemas e métodos*, Lisboa, Cadernos de Sociomuseologia, 10, Lisboa. ULHT.

Bolaños, M. (2002). La *Memoria del Mundo Cien Años de Museologia 1900-2000*. Gijón: Ediciones Trea.

Brophy, S. S. & Wylie, E., (1961). *The Green Museum – A primer on environmental pratice*. Plymouth: AltaMiraPress.

Camacho, C., (2007) Temas de Museologia, *Plano de Conservação Preventiva*, Instituto dos Museus e da Conservação, Lisboa. TEXTYPE.

Camacho, C. (1991). *Museu e participação das populações (1988) In: Textos de Museologia. Cadernos do Minom 1*. Lisboa: MINOM.

Casanovas, L. E. E. (2008). *Conservação Preventiva e Preservação das Obras de Arte (1ª. Edição)*. Lisboa: Edições Inapa/Santa Casa da Misericórdia de Lisboa.

Casanovas, L. E. E. (1992). *Conservação e Condições Ambiente. Segurança. in Iniciação à Museologia.* Lisboa: Universidade Aberta.

Castells. M., (2007). *A Era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura, Volume I, A Sociedade em Rede (3ª Edição)*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Castells. M., (2007). *A Era da Informação: Economia, Sociedade e Cultura,*

Volume III, O Fim do Milénio (2ª Edição). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Chagas, M. (1999). *Há uma gota de sangue em cada museu: a óptica museológica de Mário de Andrade - Cadernos de sociomuseologia, 13.* Lisboa: ULHT.

Chagas, M. (1996). *Museália*. Rio de Janeiro: J. C. Editora.

Chagas, M. (1994). *Novos rumos da museologia* - Cadernos de Sociomuseologia, 2. Lisboa: ULHT.

Clair, J. (1992). *Les origines de la notion d'écomusée. In: Vagues, une anthologie de la nouvelle muséologie, vol. 1. MNES.* Savigny –le-temple: Editions W.

Chivelet, N. M., Solla, I. F., (2007). *La envolvente Fotovoltaica en la arquitectura – Criterios de diseño y aplicaciones.* Barcelona: Editorial Reverté.

Constância, J.P. (1993). *A evolução de conceitos entre as Declarações de Santiago e de Caracas - Cadernos* de Sociomuseologia, 1. Lisboa: ULHT.

Côrte-Real, Artur. (2009). (Coord.). *Mosteiro Santa Clara-a-Velha*. Coimbra: Direcção Regional de Cultura do Centro.

Davis, P. S. (1999). *Ecomuseums: a sense of place*. London & New York: Cassells Academic/Leicester University Press.

Davis, P.S. (1997). *Ecomuseums - an introduction. In: Proceedings of the Ecomuseums Seminar held at Kilmartin House.* Argyll: Scottish Museums Council.

Fernández, Luis Alonso, (1993) *Museologia Introducción a la teoria y práctica del museo,* Madrid, Ediciones Fundamento Maior.

Ferreira, C. S. F. M. (2008). *Importância da inércia higroscópica em museus*, Dissertação submetida para obtenção do grau de mestre em Reabilitação do Património Edificado pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Foddy, W., (2002). *Como Perguntar – Teoria e Prática da Construção de Perguntas em Entrevistas e Questionários*. Oeiras: Celta Editora.

Fonseca, V. J. R. - Os museus e a globalização.

http://www.revistamuseu.com.br/artigos/art_.asp?id=1116, edição brasileira, Quinta, 4 Março de 2010 ISSN 1981-6332. Acedido em 07/08/2009.

Fortin, Marie-Fabienne.(2009). *O processo de Investigação. Da concepção à realização.* Loures: Lusociência

[Fórum] Fórum Energias Renováveis em Portugal, Relatório Síntese, Agência de Energia & Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial – ADENE & INETI, Lisboa, Novembro 2001.

Fuchs, M., Hegger, M., Martin, Z., and Stark, T. (2008). *Energy Manual: Sustainable Architecture*, Darmstadt. Birkh'a'user Architecture.

Gevorkian, P., (2008). *Solar Power in Building Design – The engineer's complete design resource*. New York: Mc Graw Hill.

Gevorkian, P., (2006). *Alternative Energy Systems in Building Design*. Mc Graw Hill.

Gonzalo, R., and Habermann, K. J., (2006). *Energy-Efficient Architecture – Basics for Planning and Construtions*, Darmstadt.. Birkh'a'user Architecture.

Gonçalves, H., Joyce, A. & Silva, L., (2002). *Uma Contribuição para os Objetivos de Política Energética e Ambiental*. Lisboa: ADENE/INETI.

Gouveia, H. C., (1985), *Acerca do Conceito e Evolução dos Museus Regionais Portugueses desde finais do século XIX ao regime do Estado Novo*, in Bibliotecas, Arquivos e Museus, vol, I, nº. 1, Lisboa.

Guillemard, D. & Laroque, C. (1999). *Manuel de Conservation Préventive – gestion et contrôle des colecctions*, (2ª. Edition). Bourgogne: Université Paris I, OCIM e DRAC.

Hannigan, J., (2009). *Sociologia Ambiental*. Petrópolis: Editora Vozes.

Hernandez, Francisca Hernandez (1998). *Manual de Museologia*, Madrid, Col. "Biblioteconomia Y documentación", Editorial Sintesis.

Hestnes, A. G., Hastings, R. & Saxhof, B., (2003). *Solar Energy Houses – Strategies, Technologies, Examples (Second Edition)*. London: James & James.

Jiménez, Carlos, (1999). Manual de Luminotecnia – Museos y exposiciones, Ediciones CEAC, SA, Barcelona

JORNADAS SOBRE A FUNÇÃO SOCIAL DO MUSEU. 1988- 2001 Minom Archives, Lisbon.

Justicia, Maria José, (2000). *Historia Y Teoria de la Conservatión Y Restauración Artística*, Madrid, Editorial Tecnos,

Lampugnani, Vittorio Magnano e Sachs, Angel, (1999). *Museus para o Novo Milénio*, Prestel Verlag, Munique

Lord, Gail Dexter; Lord, Barry. (2003). *THE MANUAL OF MUSEUM PLANING*. (2ND EDITION). Great Britain: ALTAMIRA PRESS.

Lord, Barry e Gail Dexter (1998). *Manual de Gestion de Museos*, Barcelona, Edições Ariel.

Lorenzo, E., (2006). *Volumen II – Radiación Solar y Dispositivos Fotovoltaicos.* Sevilla: Universidad Politecnica de Madrid.

Martin Chivelet, Nuria; Fernández Solla, Ignacio. (2007). *La envolvente FOTOVOLTAICA em la arquitectura*, Barcelona: Editorial Reverté, SA.

Mayrand, P. (1998). *Ecomuseologia como forma de desenvolvimento integrado*. X Jornadas sobre a Função Social do Museu. Póvoa do Lanhoso.

Mayrand, P. (1991). *A Nova Museologia: da teoria as práticas: resumo da comunicação (1989).* In: Textos de Museologia. Cadernos do Minom 1. MINOM, Lisboa.

Mayrand, P. (1991). *L'Ecomusée à la défense des patrimoines vivants*. Texto inédito policopiado.

Mensch, Peter van. (1992). *Modelos conceituais de museus e sua relação com o patrimônio natural e cultural*. ICOFOM-LAM.

Mensch, Peter van. *Museus em movimento*. In: Cadernos Museológicos 1. Rio de Janeiro, Sep., 1989.

Mineiro, C. & Dias, M., (2007). *Temas de Museologia – Plano de Conservação Preventiva – Bases orientadoras, normas e procedimentos*. Lisboa: Ministério da Cultura/Instituto dos Museus e da Conservação.

MINOM – Movimento Internacional para uma Nova Museologia, (2006). *Actas das XVI Jornadas sobre a função social do museu – ecomuseu de barroso identidade e desenvolvimento*. Montalegre: Câmara Municipal de Montalegre e Ecomuseu de Barroso

Moe, K., (2008). *Integrated Design in Contemporary Architecture*. Boston. Princeton Architectural Press.

Montaner, Josep Maria. (1990). *Nuevos museos. Espacios para el arte y la cultura*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Morais, J. L., (2009). *Sistemas fotovoltaicos - da teoria à prática*. Porto: Weidmüller

Morales, C. R., Serrano, F. V. & Lozano, C. C., (2007). *Domótica e Inmótica – Viviendas y Edificios Inteligentes (2ª Edición).* Madrid: Alfaomega Grupo Editor, S.A.

Moreira, Fernando João. *O futuro presente nos museus*. Paper presented during the VIII Jornadas sobre a Função Social dos Museus, Portugal, 1995. Tecnologias. In: Revista de Museologia. Asociación Española de Museólogos, Madrid, 2001.

Moutinho, Mário, M. (2008). *Os museus como instituições prestadoras de serviços*. In: Revista Lusófona de Humanidades e Tecnologias, n.º 12. Lisboa: ULHT.

Moutinho, Mário, *20 anos de museologia: um caminho de dúvidas e opções*. In: Anais do II Encontro Internacional de Ecomuseus/ IX ICOFOM LAM. Rio de Janeiro, 2000.

Moutinho, Mário, (1996). *Museologia Informal*. Boletim da Associação Portuguesa de Museologia, n.º 3. Lisboa: APOM.

Moutinho, Mário, (1994). *A construção do objecto museológico*. Cadernos de Sociomuseologia, 4. Lisboa: ULHT.

Moutinho, Mário, (1993). Sobre o conceito de museologia social. Cadernos de Sociomuseologia, 1. Lisboa: ULHT.

Moutinho, Mário, (1989). Museus e sociedade. Cadernos de Património, 5. Museu Etnográfico do Monte Redondo.

Moutinho, Mário, Museologia e economia (1989b). In: Textos de Museologia. Cadernos do Minom 1. MINOM, Lisboa, 1991.

Moya, J. M. H. & Tejedor, R. J. M., (2008). *Domótica – Edificios Inteligentes (3ª Reimpresión actualizada)*. España: Creaciones Copyright, S.L.

Nabais, António, (1993) Museus na Actualidade, in "Iniciação à Museologia – XE Museologia", coordenado por Maria Beatriz Rocha Trindade, Lisboa, Universidade Aberta.

Nabais, José Casalta e Silva, Suzana Tavares, (2006). *Direito do Património Cultural*, (2ª edição). Edições Almedina, Coimbra.

Novaes, A., Dupuy, J.P., Santos, L. G., Oliveira, L. A., Bignotto, N., Lessa, R. et al., (2007). *Mutações – Ensaios sobre as novas configurações do mundo*. Brasil: Edições SESCSP/A AGIR.

Panesi, A. R. Q., (2006). *Fundamentos de Eficiência Energética – Industrial, Comercial e Residencial*. São Paulo: Editora Ensino Profissional.

Pedro, João A. C. B. O. (2000). *Definição e Avaliação da Qualidade Arquitectónica Habitacional* (Tese de Doutoramento). Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Primo, Judite. (2008). *Património, política, cultural e globalização em contexto museal*. In: Revista Lusófona de Humanidades e Tecnologias, 12. Lisboa: ULHT.

Primo, J. (2000). *Museus locais e ecomuseologia – estudo do projecto para o ecomuseu da Murtosa*. Dissertação apresentada na ULHT para obtenção de grau de Mestre em Museologia. Lisboa.

Primo, J. (1999b). *Pensar contemporaneamente a museologia*. Cadernos de

Sociomuseologia, 16. Lisboa: ULHT.

Priosti, Odalice Miranda. *Ecomuseu urbano e iniciativas comunitárias: autonomia, liberdade e cidadania na relação com o patrimônio*. In: Anais do II Encontro Internacional de Ecomuseums/ IX ICOFOM LAM. Rio de Janeiro, 2000.

R. Quinteros Panesi, André. (2006). *Fundamentos de Eficiência Energética Industrial, Comercial e Residencial.* São Paulo, Brasil: Ensino Profissional Editora.

Ramos, Paulo Oliveira - *Breve História do Museu em Portugal* in "*Iniciação à Museologia – XE Museologia"*coordenado por Maria Beatriz Rocha Trindade, Lisboa, Universidade Aberta, 1993.

Reibel, D. B., (1991). *Registration Methods for the Smal Museum*. Plymouth: AltaMiraPress.

Ribeiro, F. R., (2008). *A Energia da Razão – Por uma Sociedade com menos CO_2.* Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa/Gradiva Publicações, S.A.

Rico, J. C., Vaquero, M., Fraile, J. A. G., Hernández, M. G., Curats, M. R. J., (2008). *Como enseñar el objecto cultural*. Madrid: Sílex.

Rico, J. C., (2007). *Montaje de Exposiciones*. Madrid: Sílex.

Rico, J. C., (2006). *Manual práctico de museologia, museografia y técnicas expositivas.* Madrid: Sílex.

Rico, J. C., (2004). *El paisagismo del siglo XXI entre la ecologia, la técnica y la plástica*. España: Sílex.

Rico, J. C., (2002). *Por qué no vienen a los museos? – história de un fracasso*. Madrid: Sílex.

Rico, J. C., (1999). *Museos Arquitectura Arte – Los Espacios Expositivos*. España: Sílex.

Rico, J. C., (1999). *Los conocimientos Técnicos – Museos Arquitectura Arte.* Madrid: Sílex Ediciones.

Rivière, G. H. (1992). *L´écomusée, un modèle évolutif*. Vagues, une anthologie de la nouvelle muséologie, vol. I. MNES: Savigny – le – Temple.

Rivière, Georges Henri. *L'écomusée (1971-1980), un modèle évolutif*. In: Vagues, une anthologie de la nouvelle muséologie, vol. 1. MNES, Editions W, Savigny –le-temple, 1992.

Rivière, Georges Henri. *Role of museums of art and of human and social sciences*. In: Museum vol. 25, no. 1/2,1973.

Rodrigues, V., (2009). *Desenvolvimento Sustentável – uma introdução crítica*. Parede: Principia.

Santos, C., (2002). *Reflexões museológicas: caminhos de vida*. Cadernos de Sociomuseologia, 18. Lisboa: ULHT.

Santos, Célia (s.d.). *Nova Museologia*. São Paulo: USP.

Scheiner, Tereza Cristina. *Museologia, Identidades, Desenvolvimento Sustentável: estratégias discursivas*. In: Anais do II Encontro Internacional de Ecomuseums/ IX ICOFOM LAM. Rio de Janeiro, 2000.

Serrasolses, J., (2004). *Tejados Fotovoltaicos – Energia Solar Conectada a la red eléctrica*. (primera edición) Sevilla: Progensa.

Skistad, H. & Bronsema, B., (2008). *Ventilação e fumo – Redução da exposição a FTA em edifícios.* Lisboa: Rehva.

Teixeira, M. B. (2000) *Primórdios da investigação e da actividade museológica em Portugal*, Espanha, Revista de Museologia, RDM

The Interactive Learning System for Renewable Energy, Institute of Electrical Power Engineering, Renewable Energy Section, Technical University of Berlin (TU-Berlin).

http://www.emsolar.ee.tu-berlin.de/~ilse/. Acedido em 27/02/2009.

Thomson, Gary, (1998) *El Museo Y su Entorno*, Madrid. Ediciones Akal, S.A.

Tirone, L., e Ken, N. (2007). *Construção Sustentável*. Lisboa. Tirone Nunes, S. A.

Toledo, Franciza, Controle climático em museus quentes e húmidos Conservação preventiva e o controle climático.

http://www.museuvictormeirelles.org.br/agenda/2003/seminario/franciza_toledo.htm. Acedido em 2/7/2010.

Varine, Hugues de. Património e educação popular, n.p. (photocopied manuscript), 2003 (a). French version in http://www.interactions -online.com, last captured on 3 October 2003.

Varine, Hugues de. *Ecomuseus, museus comunitários, desenvolvimento local*. Comunicação apresentada nas X Jornadas sobre a Função Social do Museu. Póvoa do Lanhoso, 1997.

Varine, Hugues de. (1978). *L'écomusée*. Vagues, une anthologie de la nouvelle muséologie, vol. I. MNES: Savigny – le - Temple. 1992.

Varine, Hugues de. *L'écomusée*. In: Gazette, CMA/AMC, Ottawa, vol. 11, no 2.

Printemps, 1978.

Varine, Hugues de. *Le musée au service de l'homme et du développement"* (1969). In: Vagues, une anthologie de la nouvelle muséologie, vol 1. MNES, Editions W, Savigny – le temple, 1992.

Velho, J. L. (2010). Petróleo – Dádiva e Maldição 150 anos de história. Lisboa: bnomics.

Viloria, J. R., (2008). *Fuentes de Energía – intalacciones eólicas, instalaciones solares térmicas*. Cengage: Paraninfo.

Waterfield, P. (2006). *The Energy Efficient Home - A Complete Guide First published*. Marlborough Wiltshire SN8 2HR: Crowood Press Ltd Ramsbury.

Yepes, J. L., (1996). *La Aventura de la Investigacion Científica. Guia del Investigador y del Director de Investigación*. Madrid: Editorial Síntesis, S. A.

Recursos da Internet

ABENGOA SOLAR.
http://www.abengoasolar.com/corp/web/en/index.html. Acedido em 18/01/2010.
APISOLAR- Associação Portuguesas da Industria Solar
http://www.apisolar.pt/site/default.asp. Acedido em 3/01/2009.
[BP Solar] BP Solar.
http://www.bp.com/genericsection.do?categoryId=4312&contentId=7035134, acedido em 2 de Fevereiro de 2009
Direcção Geral de Energia e Geologia.
http://www.dgge.pt/. Acedido em 2/02/2009.
Écomuseé Creusot-Montceau.
http://www.ecomusee-creusot-montceau.fr/rubrique.php3?id_rubrique=9. Acedido em 23/07/2010.
European Commission Energy.
http://ec.europa.eu/energy/renewables/ocean/ocean_en.htm. Acedido em 21/01/2009.
European Commission-Joint Research Centre.
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps/pvreg.php?lang=en&map=europe.
Acedido em 25/09/2010.
EPIA - European Photovoltaic Industry Association.
http://www.epia.org/solar-pv/how-to-take-the-next-step.html. Acedido em 21/01/2009.
[Foto galerias do Expresso].
http://aeiou.expresso.pt/gen.pl?p=stories&op=view&fokey=ex.stories/464300. Acedido em 27/02/2009.
[IEA-PVPS] International Energy Agency – Photovoltaics Power Systems, Trends in Photovoltaic Applications in Selected IEA Countries between 1992 and 2007.
http://www.iea-pvps.org/. Acedido em 30/01/2009.
Instituto dos Museus e da Conservação - Conceito de Acessibilidade.
http://www.imc-ip.pt/pt-PT/iniciativas/acessibilidades/ContentDetail.aspx?id=1285. Acedido em 19/01/2010.
Instituto dos Museus e da Conservação - História da Conservação e Restauro em Portugal, Áreas de Intervenção.
http://www.ipmuseus.pt/pt-

PT/conservacao_restauro/areas_intervencao/HighlightList.aspx. Acedido em 19/01/10.

[NREL] National Renewable Energy Laboratory.

http://www.nrel.gov/programs/solar.html. Acedido em 30/01/2009

Photovoltaic Energy Systems – Experiment PE1: Solar-Modules, Institute of Electrical Power Engineering, Renewable Energy Section, Technical University.

http://emsolar.ee.tu-berlin.de/lehre/english/pv1/. Acedido em 27/02/2009.

Konarka Techonologies.

http://www.konarka.com/. Acedido em 23/ 09/2009.

Jack L. Stone, "Photovoltaics: Unlimited Electrical Energy From the Sun", US Department of Energy.

http://www.eren.doe.gov/pv/onlinelrn.html. Acedido em 23/02/2009.

[Sapa Solar] - Integração de Energia Solar em edifícios BIPV (Building Integrated Photovoltaic).

http://www.sapagroup.com/pt/Company-sites/Sapa-Building-System-Portugal/Produtos/Produtos/Sistemas-de-Fachada/. Acedido em 27/02/2009

Shell Solar, Shell SM100-12 Photovoltaic Solar Module.

http://www.shell.com/home/content/shellgasandpower-en/products_and_services/solar/solar_1017.html: Acedido em 27/02/2009.

[SOLARPV] Siemens Solar Industries.

http://www.siemens.nl/sunit_en/Default.asp?p=29: Acedido em 27/02/2009.

SunTechnics – instalações fotovoltaicas.

http://www.suntechnics.de/pt/refs/ausserberg_ref.htm: Acedido em 27/02/2009.

United States Department of Energy, Center for Renewable Energy and Sustainable technology.

http://www.lboro.ac.uk/departments/el/research/crest/research-pv-systems.html: Acedido em 17/02/2009.

US Departement of Energy - Energy Efficiency and Renewable Energy http://www1.eere.energy.gov/solar/photovoltaics_program.html. Acedido em 17/02/2009.

Indice Remissivo

acervos: 5, 41, 46, 51, 54, 57, 58, 61, 75, 76, 79, 84, 85, 86, 87, 88, 91, 94, 96, 99, 103, 104, 117, 118, 122, 124, 128, 131, 134, 139, 196, 284

ambiente: 3, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 44, 53, 64, 74, 79, 80, 82, 105, 110, 112, 117, 123, 125, 126, 127, 130, 133, 134, 136, 137, 142, 156, 160, 162, 167, 201, 204, 206, 227, 229, 230, 231, 232, 238, 260, 272, 278, 279, 284

benefícios: 115, 116, 211, 221, 235, 272, 273, 284

células: 59, 236, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257 258, 259, 260, 261, 263, 264, 269, 270, 272, 274, 279, 280, 281, 284

conforto: 44, 46, 61, 63, 86, 93, 94, 96, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105, 109, 112, 114, 116, 121, 127, 129, 133, 137, 143, 155, 166, 186, 191, 193, 194, 196, 272, 284

eficiência: 43, 44, 88, 89, 90, 91, 94, 99, 100, 102, 103, 104, 110, 116, 140, 143, 146, 180, 195, 196, 209, 218, 229, 230, 239, 240, 242, 243, 244, 252, 254, 257, 258, 270, 272, 278, 284

eficiência energética: 88, 89, 90, 91, 94, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 140, 143, 195, 196, 231, 270,278, 284

energia: 24, 39, 40, 42, 44, 46, 87, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 110, 115, 120, 121, 127, 133, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 227, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 252, 254, 255, 258, 260, 262, 263, 264, 265, 266, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 280, 281, 284

energias: 3, 24, 26, 27, 29, 32, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 85, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 104, 141, 142, 143, 144, 145, 148, 150, 151, 155, 156, 157, 160, 165, 173, 175

85, 186, 191, 202, 203, 218, 221, 227, 232, 235, 246, 247, 250, 269, 277, 278, 284

energias renováveis: 3, 24, 26, 27, 32, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 85, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 95, 104, 141, 142, 143, 145, 148, 150, 151, 155, 160, 173, 175, 185, 186, 202, 218, 227, 232, 246, 269, 277, 278, 284

energia solar fotovoltaica: 3, 24, 46, 239, 240, 243, 244, 246, 260, 277, 278, 281, 284

fonte energética: 97, 161, 166, 167, 191, 192, 196, 200, 205, 209, 210, 220, 221, 235, 284

fontes de energia: 59, 143, 147, 148, 156, 157, 165, 167, 177, 199, 200, 218, 242, 284

módulos fotovoltaicos: 236, 245, 259, 260, 263, 264, 265, 267, 269, 270, 271, 272, 274, 279 284

Museologia: 3, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 56, 65, 67, 78, 85

Museus: 3, 24, 25, 27, 28, 29, 32, 34, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 99, 103, 104, 105, 113, 116, 118, 119, 120, 122, 127, 128, 130, 134, 135, 137, 138, 139, 140, 141, 143, 165, 167, 173, 184, 186, 193, 194, 195, 196, 202, 203, 209, 210, 221, 235, 236, 284

Museu: 3, 25, 28, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 66, 68, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 116, 117, 118, 119, 133, 137, 138, 139, 140, 166, 236, 284, 320

Nova Museologia: 25, 28, 29, 35

painéis solares: 143, 242, 243, 244, 254, 281, 284

património: 3, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 59, 65, 78, 84, 95, 117, 143, 161, 167, 284

público: 28, 33, 36, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 59, 61, 62, 63, 66, 68, 73, 77, 81, 84, 85, 87, 88,

90, 91, 92, 94, 97, 103, 116, 119, 121, 138, 140, 147, 150, 151, 152, 173, 208,274, 284

Ser Humano: 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 40, 53, 75, 76, 102, 119, 136, 138, 140, 155, 157, 192, 201, 203

sistemas fotovoltaicos: 247, 248, 266, 267, 268, 269, 273, 274, 276, 284

Sociomuseologia: 3, 25, 27, 28, 29, 39, 40, 41

sol: 106, 108, 109, 127, 167, 200, 221, 222, 223, 224, 225, 227, 228, 231, 235, 236, 238, 246, 268, 269, 280, 284

sustentabilidade ambiental: 3, 24, 29, 37, 38, 93, 95, 97, 104, 140, 143, 157, 166, 183, 235, 244, 264, 284

sustentabilidade económica: 29, 41, 44, 95, 97, 98, 284

vantagens: 40, 44, 45, 142, 161, 162, 169, 171, 173, 183, 184, 190, 191, 194, 196, 200, 202, 205, 206, 209, 211, 220, 221, 232, 233, 235, 260, 269, 272, 284

Anexos
(em formato digital)

Lista de Anexos: (1 a 4, em formato digital)

Suporte digital Pasta: Anexo 1_Energia Solar Fotovoltaica

Sub-pasta 1a_Módulos fotovoltaicos:

Bosch_Solar_Module_a_Si

Bosch_Solar_Module_a_Si_Plus

bpSolar_BP SOLAR 3200N_P

bpSolar_BP SOLAR 3210N a 3230N_P

bpSolar_BP SOLAR 4175N_M

CanadianSolar_All-Black_CS5A_M

CanadianSolar_CS5A-M

CanadianSolar_CS5A-P

CanadianSolar_CS5P-M

CanadianSolar_CS5P-P

CanadianSolar_CS6A-M

CanadianSolar_CS6A-P

CanadianSolar_CS6A-PE

CanadianSolar_CS6P-M

CanadianSolar_CS6P-P

CanadianSolar_CS6P-PE

Conergy_C175M_M

Conergy_P175-180M_M

Conergy_P190-195-200P_P

Conergy_PowerPlus_170MC-185MC_M

Parabel AG_Uniflat_136_a Si

Parabel AG_Uniflat_272_a Si

Parabel AG_Uniflat_Metal_a Si

Q.Cells_ q6ltt3_P

Q.Cells_q6lmx3_M

Q.Cells_QBase_215_230_P

Q.Cells_Qpro_225_240_P

Q.Cells_QSMART_(CIGS)_UF_75_95

Q.Cells_QSMART_(CIGS)_UF_90_110

QS Solar_ (a-Si)_QS60_A
QS Solar_(a-Si)_QS70_A
QS Solar_(a-Si)_QS100_A
Sapa Solar_Celulas Impressas
YingliSolar_3UsLAwuFj3_P
YingliSolar_CaEFUye8J8_P
YingliSolar_ddQWUz8Xat_P
YingliSolar_Panda_YL_245-265_M
YingliSolar_SUQ0Z2rCJS_P
YingliSolaR_x4KdD82ebY_P

Sub-pasta 1b_Acessorios:
Fronius_Inversores de rede
Kaco_Inversores de rede
KLIXX_Estruturas de fixação Modulos
A Siemens_Contador
SMA_Inversores de rede
Sunways_Inversores de rede
Xantrex_Inversores ve rede

Suporte digital Pasta: Anexo 2_Energia Eolica
Sub-pasta 2a_Aerogeradores:
Aerogeradores de eixo Vertical
Aerogeradores_Enercon
Aerogeradores_Gamesa_V112-3.0MW
Aerogeradores_Gamesa-g128-45
Aerogeradores_Hannevind
Aerogeradores_Ropatec_eixo Vertical

Sub-pasta 2b_Acessorios:
Inversores_Enertron_100kw
Inversores_Enertron_500kw

Inversores_Power-One_Aurora_PVI_3600

Inversores_Power-One_Aurora_PVI_ALL

Inversores_SMA_Windy_Boy_3300-3800

Inversores_SMA_Windy_Boy_Protection-Box

Invesrores_SMA_Windy_Boy_2500-3000

Suporte digital Pasta: Anexo 3_Energia Geotermica

Bombas de Calor_AQUALEA

Bombas de Calor_BUDERUS

Bombas de Calor_France Géothermie

Bombas de Calor_OCHSNER

Suporte digital Pasta: Anexo 4_Energia Solar Termica

Sub-pasta 4a_Kits:

Solar_Giordano_KSH_Thermosiphon

Solar_Tekno_Kit_AQS

Solar_Tekno_Kit_AQS+Aquecimento

Solar_Teknoenergy_KN_Termossifao

Sub-pasta 4b_Coletores:

Coletores_Giordano

Coletores_Meireles

Coletores_Solar_Tekno

Sub-pasta 4c_Acessórios:

Controladores_Vulcano

Controlares_Solar_Tekno

Depósitos_Solar_Tekno

Estruturas_Solar_Teknoenergy