



**UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente

ÁGUAS PLUVIAIS EM MEIO URBANO  
CONTRIBUIÇÃO DE LISBOA  
PARA O SEU USO SUSTENTÁVEL

*Por Ana Cristina Martins da Costa*

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Sanitária

*Orientador: Fernando Louro Alves*

*Co-orientador: António M. F. Rodrigues*

Lisboa

2010



## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho sofreu dificuldades que tiveram que ser ultrapassadas ou minimizadas, desde a escolha do tema, uma vez que, a obtenção de dados teria que ser mais ou menos expedita face à limitação do tempo, e para além disso, tivesse um certo enquadramento, não só, ao nível do Mestrado, como também, alguma utilidade e inovação nos serviços camarários de Lisboa, nomeadamente na Divisão de Ordenamento da Rede de Subsolo, onde, actualmente, desempenho funções na área do planeamento e drenagem de águas residuais. Por isso, agradeço pelo consentimento em realizar esta dissertação, pela permissão em efectuar deslocações às bibliotecas, à faculdade, para ter reuniões com os meus orientadores e pela consulta de documentos.

Foi uma constante aprendizagem, desde os procedimentos da faculdade, aos conhecimentos fornecidos pelas diferentes pessoas e instituições, e pelas pesquisas efectuadas.

Como tal, gostaria de agradecer ao meu orientador engenheiro Fernando Louro Alves, da Câmara Municipal de Lisboa (CML), por ter aceite em ser meu orientador, por me dar indicações sobre a estrutura, os conteúdos a integrar, pela concepção original da utilização do balanço hídrico no aproveitamento de águas pluviais, pelos diversos conhecimentos transmitidos a este nível, pela revisão e comentários à pesquisa efectuada, pela insistência em reflectir nos efeitos dos resultados, nas conclusões e recomendações, em tentar-me libertar dos sistemas já instalados e ver as coisas de fora, para ter outras perspectivas e ideias, e em ser mais sucinta.

Ao meu co-orientador Professor Doutor António Manuel Fernandes Rodrigues, docente do Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, por me ter aconselhado na selecção do tema, face aos elementos de que dispunha, por ser meu co-orientador, em me integrar nos procedimentos da faculdade, por me aconselhar sobre a estrutura, a forma, e os conteúdos, em rever e comentar o trabalho efectuado, em recomendar para sistematizar a informação e dar a minha opinião sobre a mesma.

À Faculdade de Ciências e Tecnologia pela formação que me proporcionou, pelo apoio logístico, pelos seus colaboradores e pela aquisição de dados do Instituto de Meteorologia necessários à realização desta dissertação.

Ao Departamento de Informação Geográfica e Cadastro da CML, pelo apoio proporcionado relativamente a esclarecimentos relacionados com os Sistemas de Informação Geográfica.

À Divisão de Apoio Técnico e Segurança de Obras da CML, pela informação geológica-geotécnica e hidrogeológica fornecida para três locais de Lisboa propostos para a localização de bacias de retenção, e solicitada pela minha Divisão.

À engenheira Helena Martins, também eng<sup>a</sup> do ambiente da CML, por me mostrar uma visão da estrutura e funcionamento da CML, por me ter posto em contacto com o meu orientador, por se disponibilizar a ajudar e a aconselhar neste trabalho, pelo contacto no Departamento de Planeamento Urbano da CML.

Ao Departamento de Planeamento Urbano da CML pela consulta de planos, programas, loteamentos ou outras intervenções urbanísticas que envolvessem o aproveitamento de águas pluviais.

À empresa Ecoágua pela realização do curso sobre sistemas de aproveitamento de água pluvial, pelo fornecimento de inúmera informação e pela disponibilidade em facultar novos elementos informativos.

À Lisboa E-Nova – Agência Municipal de Energia e Ambiente, à Iniciativa Construção Sustentável, e ao Colégio de Ambiente da Ordem dos Engenheiros pela promoção e realização de eventos sobre este tema.

Ao Instituto de Meteorologia pelo fornecimento de dados em formato digital e à consulta efectuada na biblioteca.

À biblioteca do Instituto da Água e do Laboratório Nacional de Engenharia Civil pela consulta e fornecimento de informação.

Ao Professor Doutor José Saldanha Matos pela conversa sobre este assunto, nomeadamente no que respeita às bacias de retenção.

Aos meus pais, por serem a base daquilo que eu sou, pelo apoio logístico e familiar. Ao meu irmão, pela força e grande apoio informático, e também à minha cunhada, aos meus sobrinhos, e restante família.

Ao meu namorado, pelo seu apoio, pela constante insistência em focalizar-me na realização desta dissertação face à existência de outras actividades, pelas visitas que realizamos em Portugal, sendo observadas várias cisternas, e também pelo seu apoio informático. Aos seus pais pelo seu apoio e acompanhamento em algumas dessas visitas. À família da sua irmã e restante família.

A todos quanto me inspiraram, motivaram e contribuíram para que se realizasse este trabalho.

## SUMÁRIO

Neste estudo pretende-se analisar diferentes questões relacionadas com o aproveitamento sustentável de águas pluviais integrado no ciclo urbano da água.

Nesta abordagem é contudo necessário não esquecer a sua gestão integrada com o uso eficiente da água e a possibilidade de utilizar outras origens alternativas de água (como as captações subterrâneas).

São apontados e descritos alguns casos históricos da utilização destes sistemas que permitem lembrar a necessidade e porventura a facilidade e naturalidade da sua utilização no presente.

Estas questões são exploradas e enquadradas perante a legislação existente tanto nacional como internacional, de forma a justificar e a facilitar a sua implementação entre os diferentes intervenientes.

De entre as diferentes temáticas estudadas contam-se: o clima, a permeabilidade do solo, o escoamento superficial, o risco de inundabilidade, a demografia e o consumo de água, a drenagem pública de águas residuais em Lisboa, a qualidade das águas pluviais necessária para a definição dos usos não potáveis compatíveis com parâmetros de qualidade e do tratamento exigível.

Através de dados recolhidos elaborou-se o balanço hídrico para Lisboa que permitiu determinar o superávit hídrico obtendo-se as disponibilidades de água para comparação com as necessidades e consumos da água.

De acordo com os diferentes elementos constituintes do ciclo da água é esquematizado um modelo matricial da água para Lisboa, que poderá ser extrapolável, e que permite a determinação numérica do aproveitamento das águas pluviais, conducente à utilização secundária para fins não potáveis compatíveis, promovendo a sustentabilidade do ciclo urbano da água.

São descritos e apontados diferentes sistemas e técnicas para o aproveitamento de águas pluviais não só predial como integrado no planeamento, gestão urbana e saneamento (como as soluções / estruturas de controlo na origem). São igualmente abordadas as questões relacionadas com o seu pré-dimensionamento; a sua

operação, exploração e manutenção; e os seus custos, que influem na sua sustentabilidade.

Foram identificados alguns casos-de-estudo de aplicação daqueles sistemas tanto a nível internacional, nacional e em Lisboa.

Por último, são expostos alguns efeitos e resultados da implementação do aproveitamento de águas pluviais e apresentadas algumas conclusões e recomendações.

## **ABSTRACT**

In this study it is intended to analyze different questions related with the sustainable rainwater harvesting integrated in the water urban cycle.

It is necessary, in this approach, don't forget its integrated management with the efficient use of the water and the possibility to use other alternative water origins (as the water captation).

Some historical cases of the use of these systems are pointed and described to remember the necessity, the facility and naturalness of its implementation in the present.

These subjects are also explained in existing national and international legislation to justify and facilitate its implementation among the different intervenients.

Among the diverse elements studied, are included the climate, the soil permeability, the rainwater flow, the inundation risk, the demography and water consumption, the residual water drainage in Lisbon, the quality of rainwater necessary for the definition of the no potable uses compatible with quality parameters and the demandable treatment.

Through collected data was elaborated the hydric balance for Lisbon that allowed to determine the hydric superavit to obtain the water availabilities to compare with the necessities and consumptions of water.

In accordance with the different elements of the water cycle is schematized a matrical model of the water for Lisbon, that could be extrapolated, and allows the numerical determination of rainwater harvesting, conducted to secondary use for no potable uses compatible, promoting the sustainability of the water urban cycle.

They are described and pointed different systems and techniques to rainwater harvesting, not only predial but also integrated in the planning, urban management and sanitation (as the solutions / structures to control in origin). In the same way, are introduced themes related with their sizing; operation, exploration and maintenance; and costs, that influence in their sustainability.

They were identified some case-study of those systems with application to a level international, national and in Lisbon.

At last, some effects and results from implementation of rainwater harvesting are discussed and some conclusions and recommendations are displayed.

# ÍNDICE DE MATÉRIAS

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	4
1.1.1	MOTIVOS PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL.....	4
1.1.2	ANÁLISE SWOT .....	7
1.1.3	JUSTIFICAÇÃO LEGAL .....	9
2	CICLO DA ÁGUA.....	11
2.1	ÁGUA NA TERRA.....	14
2.2	RECURSOS HÍDRICOS .....	15
3	RESENHA HISTÓRICA.....	17
3.1	MUNDIAL.....	17
3.2	EM PORTUGAL.....	24
4	ENQUADRAMENTO LEGAL.....	31
4.1	LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL .....	31
4.1.1	EUROPA.....	31
4.1.1.1	Alemanha .....	31
4.1.1.2	França.....	31
4.1.1.3	Bélgica .....	32
4.1.1.4	Reino Unido.....	33
4.1.2	BRASIL .....	33
4.2	LEGISLAÇÃO PORTUGUESA .....	35
5	CLIMA.....	39
5.1	ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS .....	44
5.2	CLIMA EM LISBOA.....	50
6	PERMEABILIDADE DO SOLO.....	59
7	ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO MEIO URBANO DE LISBOA .....	63
8	RISCO DE INUNDABILIDADE .....	77
9	DEMOGRAFIA E CONSUMO DE ÁGUA.....	81
10	DRENAGEM EM LISBOA.....	89
10.1	ENQUADRAMENTO.....	89
10.2	AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DRENAGEM.....	89
10.3	PROBLEMAS E DEFICIÊNCIAS DE DRENAGEM - SÍNTESE .....	93
11	QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS.....	99
12	METODOLOGIA.....	105
12.1	BALANÇO HÍDRICO.....	105
12.2	DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO EM LISBOA .....	106
13	MODELO MATRICIAL DA ÁGUA PLUVIAL - RESULTADOS.....	113
14	DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP) PREDIAL.....	119
14.1	RESERVATÓRIOS PARA ARMAZENAMENTO.....	122
14.1.1	RECOMENDAÇÕES PARA O RESERVATÓRIO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	122
14.1.2	PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO OU CISTERNA ..	124
14.1.3	CUSTO DOS RESERVATÓRIOS.....	130
14.2	OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO.....	131
14.3	EXEMPLOS DE PROJECTOS DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PREDIAIS.....	132
14.3.1	INTERNACIONAL.....	132
14.3.2	PORTUGAL .....	134

15	SOLUÇÕES DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NO PLANEAMENTO / GESTÃO URBANA E SANEAMENTO.....	139
15.1	SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	139
15.1.1	DESCRIÇÃO GERAL.....	139
15.1.2	DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS TÉCNICAS .....	140
15.1.2.1	Pavimentos Porosos ou com Estrutura Reservatório.....	140
15.1.2.2	Trincheiras de Infiltração.....	142
15.1.2.3	Bacias de Detenção / Infiltração.....	143
15.1.2.4	Reservatórios .....	144
15.1.2.5	Poços Absorventes .....	146
15.1.3	UM MÉTODO DE CÁLCULO PARA A ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE UMA BACIA DE RETENÇÃO.....	147
15.1.4	ANÁLISE DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DE RESERVATÓRIOS (OU OUTRAS BACIAS DE RETENÇÃO).....	148
15.1.5	ALGUNS PROCEDIMENTOS PARA A CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM .....	152
15.2	IDENTIFICAÇÃO DE CASOS-DE-ESTUDO.....	158
15.2.1	APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM E DE RESERVA A NÍVEL INTERNACIONAL E NACIONAL.....	158
15.2.2	SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM EM LISBOA.....	160
15.2.2.1	Estimativas de Investimento.....	169
15.2.2.2	Operações de Exploração e Manutenção .....	173
15.2.3	ALGUNS PROJECTOS PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM, EM LISBOA.....	174
15.2.3.1	Plano de Urbanização da Área Envolvente à Estação do Oriente (PUAEEO) 174	
15.2.3.2	Plano de Pormenor do Parque Hospitalar Oriental (PPPHO) ....	176
15.2.3.3	Plano de Pormenor do Parque Mayer, Jardim Botânico e Zona Envolvente 177	
15.2.3.4	Parque Oeste / Vale Grande .....	180
15.2.3.5	Plano de Pormenor da Pedreira do Alvito .....	182
15.2.3.6	Plano de Urbanização de Alcântara.....	183
15.2.3.7	Eco-Bairro da Boavista.....	188
16	EFEITOS / RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM (BACIAS DE RETENÇÃO EM LISBOA) .....	195
17	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	203
	BIBLIOGRAFIA.....	205
	APÊNDICES / ANEXOS .....	213
	ANEXO 1 .....	215
	ANEXO 2 .....	217
	ANEXO 3 .....	219

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das ocorrências hidrominerais de Alfama. ....	6
Figura 2 - Captações licenciadas em Lisboa (dados do Instituto da Água em 2004) ..	7
Figura 3 - Esquema do Ciclo Hidrológico (ou ciclo da água).....	11
Figura 4 – O ciclo da Água .....	13
Figura 5 - Distribuição da água pelos reservatórios principais da Terra e fluxos .....	14
Figura 6 – Vestígio de cisterna em Ruta Puuc .....	17
Figura 7 – Cenote, no México .....	17
Figura 8 – Cisternas Romanas de Monturque.....	18
Figura 9 – Piazza Matteoti, Amelia, Itália: cisterna constituída por 10 divisões abastecidas por água da chuva, com capacidade de armazenamento de 4 400 m <sup>3</sup> . 19	19
Figura 10 - Exemplo de <i>Compluvium</i> e <i>Impluvium</i> .....	19
Figura 11 – Palácio de Knossos na ilha de Creta, na Grécia .....	20
Figura 12 – Cisterna do teatro na ilha grega de Delos. ....	20
Figura 13 - <i>Aljibes</i> ou cisternas de armazenamento de água da chuva – Espanha (Andaluzia) .....	21
Figura 14 – <i>Aljibes</i> ou cisternas de Campian em Espanha.....	21
Figura 15 – <i>Aljibes</i> de Granada e Albaicín, em Espanha .....	22
Figura 16 - Petra, os vestígios dos Nabateus.....	22
Figura 17 - Fortaleza de Masada – Israel.....	23
Figura 18 - Cisterna da Fortaleza de Ormuz, no Irão .....	23
Figura 19 – Cisterna de El Jadida em Marrocos .....	24
Figura 20 - Cisterna na Alcáçova do castelo de Sesimbra abastecida por água pluvial e por água de nascente.....	25
Figura 21 – Cisterna no castelo de Mértola.....	25
Figura 22 – Cisternas em Minde .....	26
Figura 23 – A “Domus Municipalis” com cisterna, em Bragança.....	26
Figura 24 - Cisterna da Cripta Arqueológica do Castelo de Alcácer do Sal .....	27
Figura 25 – Cisterna na vila de Monsaraz.....	27
Figura 26 – Perspectivas da cisterna do castelo de Silves .....	28
Figura 27 - Cisterna da antiga indústria de conserva de sardinha, agora museu de Portimão.....	29
Figura 28 – Cisterna de neve, no Pico do Areeiro, na ilha da Madeira .....	29
Figura 29 – Cisterna na Torre de Belém .....	30
Figura 30 - Cisterna medieval nos claustros da Sé de Lisboa .....	30
Figura 31 - Distribuição espacial da precipitação média anual .....	40
Figura 32 - Distribuição espacial da temperatura anual média em Portugal continental no período 1941/42 a 1990/91 .....	42
Figura 33 - Distribuição espacial da evapotranspiração potencial anual média em Portugal continental no período 1941/42 a 1990/91 .....	43
Figura 34 - Percentagem do total de emissões de CO <sub>2</sub> , em 2005, por tipo de utilização. ....	48
Figura 35 – Climatopos de Lisboa.....	53
Figura 36 - Delimitação das áreas para as quais são definidas orientações climáticas para o ordenamento urbano .....	56
Figura 37 – Carta Geotécnica de Lisboa (CML, 2001).....	60
Figura 38 - Carta Geológica do Concelho de Lisboa.....	61
Figura 39 - Carta de Tipos de Solos do Concelho de Lisboa .....	61
Figura 40 - Carta de Permeabilidades do Concelho de Lisboa .....	62

Figura 41 - Cálculo expedito do coeficiente de redução global do método racional generalizado. ....	63
Figura 42 - Carta hipsométrica .....	64
Figura 43 - Carta de declives .....	65
Figura 44 - Antigas ribeiras de Lisboa e suas bacias hidrográficas. ....	66
Figura 45 - Bacias hidrográficas de Lisboa. ....	67
Figura 46 – Estrutura Ecológica Fundamental Provisória em 2008 .....	68
Figura 47 – Estrutura Ecológica Integrada.....	69
Figura 48 – Áreas agrícolas e hortas urbanas em 2008 .....	71
Figura 49 – Qualificação do espaço urbano .....	72
Figura 50 – Representação gráfica do coeficiente global do método racional generalizado, determinado em cada sub-bacia de Lisboa.....	75
Figura 51 - Evolução da taxa de impermeabilização, consoante a modificação do uso do solo (adaptado de MMSD, 2005). ....	75
Figura 52 - Carta de Vulnerabilidade a Inundações.....	78
Figura 53 - Carta de susceptibilidade aos Efeitos de Maré.....	80
Figura 54 - Distribuição da densidade populacional por sub-secção estatística para 2001 e 2045.....	83
Figura 55 - Sub-bacias da área servida pelo sistema de drenagem de Lisboa .....	89
Figura 56 – Avaliação da capacidade de drenagem do sistema do caudal gerado em tempo seco e em 2001. ....	92
Figura 57 – Avaliação da capacidade de drenagem do sistema do caudal gerado por fenómenos pluviosos com um período de retorno de 10 anos. ....	93
Figura 58 - Síntese do balanço hídrico à escala mensal para Portugal continental. ....	106
Figura 59 - Localização das estações meteorológica da Gago Coutinho / Aeroporto e do Instituto Geofísico. ....	108
Figura 60 - Resultados do balanço hídrico nas estações meteorológicas Gago Coutinho / Aeroporto e Instituto Geofísico em Lisboa (valores médios da precipitação e evaporação total mensal de 30 anos - 1971 a 2000). ....	109
Figura 61 – Determinação dos pontos de intercepção das rectas da precipitação com a evaporação nas estações meteorológicas Gago Coutinho / Aeroporto e Instituto Geofísico em Lisboa .....	111
Figura 62 – Matriz do ciclo urbano da água em Lisboa, média anual, em milhões de m <sup>3</sup> , considerando a área do concelho de Lisboa de 84 623 750,5 m <sup>2</sup> . ....	114
Figura 63 - Sistema de aproveitamento da pluvial com cisterna no sótão.....	120
Figura 64 - Sistema predial de aproveitamento das águas pluviais utilizado na Alemanha.....	121
Figura 65 - Reservatório em polietileno com aspecto semelhante à pedra .....	121
Figura 66 - Diagrama de <i>Rippel</i> .....	129
Figura 67 - Custo de reservatórios em função da capacidade.....	130
Figura 68 – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais da 3P Technik, em Alcabideche .....	134
Figura 69 - Projecto da Sede LnÁguas.....	135
Figura 70 - Proposta do PUVSA .....	136
Figura 71 – Esquema do sistema de aproveitamento de águas pluviais no PUVSA. ....	137
Figura 72 - Secção transversal de um pavimento com estrutura reservatório .....	141
Figura 73 - Exemplo da estrutura de 2 pavimentos permeáveis.....	141
Figura 74 - Pavimento poroso num parque de estacionamento na Doca de Santos, Lisboa. ....	142
Figura 75 - Esquema de trincheira de infiltração e de detenção.....	142

Figura 76 - Trincheira de infiltração.....	143
Figura 77 - Bacia de infiltração a seco de Liourat, Vitrolles, França.....	144
Figura 78 - Tipos de utilização de poços de infiltração em meio urbano.....	147
Figura 79 - Exemplificação da associação de um poço absorvente com outras técnicas de controlo na origem.....	147
Figura 80 - Hietograma de projecto para Portugal .....	149
Figura 81 - Hietograma de projecto para o período de retorno de 10 anos (precipitações acumuladas em intervalos de 10 min) - Curvas IDF posto IGIDL ....	150
Figura 82 - Hietograma de projecto para o período de retorno de 10 anos (precipitações acumuladas em intervalos de 10 min) - Curvas IDF posto Portela ..	150
Figura 83 – Representação esquemática de um reservatório .....	151
Figura 84 - Representação esquemática duma bacia de retenção .....	153
Figura 85 - Exemplo de uma bacia de infiltração .....	157
Figura 86 - Construção de um reservatório subterrâneo e posterior cobertura. ....	160
Figura 87 - Vista do reservatório enterrado de retenção de águas pluviais da “Escola Industrial”, em Barcelona, com capacidade útil de 35 000 m <sup>3</sup> .....	160
Figura 88 - Representação em planta da localização da bacia de infiltração / retenção (a amarelo). .....	161
Figura 89 - Representação em planta dos locais propostos para a construção dos reservatórios de Campolide-Benfica e das Avenidas Novas.....	162
Figura 90 - Local sugerido para a construção do reservatório de Benfica-Campolide, no Bairro da Liberdade.....	162
Figura 92 - Traçado do túnel de desvio de caudal da bacia L para a bacia KM.....	164
Figura 93 - Panorama do perímetro onde poderá ser implantado o reservatório das Olaias (à esquerda é possível observar o Arquivo Geral do Exército e à direita a linha ferroviária).....	165
Figura 94 - Local proposto para a construção do reservatório das Olaias .....	165
Figura 95 - Possível configuração do reservatório da Alameda da Cidade Universitária. ....	167
Figura 96 – Reservatório a localizar no cruzamento da Av. de Berlim com a Av. Infante D. Henrique .....	168
Figura 97 - Localização da bacia de retenção proposta no Vale da Ameixoeira.....	169
Figura 98 - Valores de paisagem no PUAEEO.....	175
Figura 99 - Caracterização física do PUAEEO.....	175
Figura 100 - Planta estratégica da estrutura ecológica do PPPHO.....	177
Figura 101 - Planta de modelação do Plano de Pormenor do Parque Mayer, Jardim Botânico e Zona Envolvente.....	179
Figura 102 - Perspectivas das bacias de retenção do Parque Oeste.....	181
Figura 103 – Área de Intervenção do Plano de Pormenor da Pedreira do Alvito ....	182
Figura 104 - Plano de Urbanização de Alcântara – Proposta Estrutura Ecológica..	184
Figura 105 - Bacias de retenção na proposta do Plano de Urbanização de Alcântara .....	186
Figura 107 - Rede de reutilização de água .....	190
Figura 108 – Bacias de retenção na Revisão do PDM de Lisboa em 2010 .....	196



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Distribuição da água na Terra e intervalo de tempo para a renovação de alguns recursos hídricos .....	15
Quadro 2 - Caracterização dos climatopos .....	52
Quadro 3 - Valores da condutividade hidráulica (permeabilidade), K, de alguns solos típicos, para a água à temperatura de 20 °C.....	59
Quadro 4 - Taxas de infiltração realizadas para solos com diferentes condições de compactação .....	59
Quadro 5 - Classes de permeabilidade e respectivos intervalos das percentagens .	62
Quadro 6 – Evolução das hortas urbanas desde 1987 .....	71
Quadro 7 – Percentagens de área impermeável em função da classe de uso do solo .....	73
Quadro 8 - Coeficiente do método racional generalizado por sub-bacia de Lisboa (média ponderada).....	74
Quadro 9 - Classes de vulnerabilidade a inundações e intervalos de percentagens correspondentes.....	78
Quadro 10 - Cenário de evolução demográfica por grande bacia do sistema de drenagem.....	81
Quadro 11 – Volumes de água fornecidos pela EPAL no concelho de Lisboa, em 2005 .....	84
Quadro 12 - Desagregação do consumo doméstico de água potável no concelho de Lisboa (2004) .....	84
Quadro 13 - Desagregação do consumo de água potável da Câmara Municipal de Lisboa (2004) .....	85
Quadro 14 - Estimativa dos consumos de água para uma habitação de 4 pessoas.	86
Quadro 15 - Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização .....	87
Quadro 16 – Parâmetros das curvas IDF .....	91
Quadro 17 - Síntese de poluentes presentes no ambiente rodoviário e respectivas origens. ....	100
Quadro 18 - Concentrações típicas para alguns poluentes presentes em águas de drenagem urbanas e de estradas.....	101
Quadro 20 - Comparação de taxas de emissão de poluentes para veículos a gasolina e a diesel.....	102
Quadro 21 – Síntese dos resultados de qualidade das escorrências pluviais (bacia da Ajuda, em Lisboa). ....	104
Quadro 22 – Dados meteorológicos (precipitação e evaporação total média mensal) em estações meteorológicas de Lisboa (Gago Coutinho / Aeroporto e Instituto Geofísico), referentes aos anos de 1971 a 2000.....	108
Quadro 23 - Áreas calculadas para a determinação do superávit hídrico total em Lisboa, Gago Coutinho / Aeroporto e Instituto Geofísico. ....	112
Quadro 24 - Exemplo de dimensionamento de reservatório recorrendo ao método de <i>Rippl</i> (analítico) .....	127
Quadro 25 - Exemplo de dimensionamento de reservatório recorrendo ao método de <i>Rippl</i> (gráfico). ....	129
Quadro 26 – Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP .....	132
Quadro 27 - Resumo das eficiências de remoção de poluentes associada a diferentes tipologias de tratamento de águas de escorrência de estradas.....	140
Quadro 28 - Estimativa da remoção de poluentes em trincheira de infiltração conforme o primeiro fluxo adoptado. ....	143
Quadro 29 - Directrizes para o projecto de bacias de infiltração e selecção do local	

.....	157
Quadro 30 - Dimensionamento dos reservatórios da bacia E - síntese de resultados	163
.....	166
Quadro 31 – Principais valores estimados para o dimensionamento do reservatório das Olaias, para o período de retorno de 10 anos.....	167
Quadro 32 - Principais valores estimados para o dimensionamento do reservatório da Cidade Universitária, para o período de retorno de 10 anos. ....	167
Quadro 33 - Caracterização sumária dos reservatórios de regularização de caudal	167
.....	169
Quadro 35 - Características da bacia de retenção proposta para a Bacia S. ....	170
Quadro 36 - Custos dos reservatórios de regularização de caudal por m <sup>3</sup> de volume útil .....	172
Quadro 37 - Estimativa de custos (€) de soluções de controlo na origem do PGDLx	172
.....	191
Quadro 38 - Precipitação média mensal.....	192
Quadro 39 - Solicitações de rega .....	193
Quadro 40 - Consumo médio mensal .....	194
Quadro 41 - Resumo dos cálculos efectuados para a solução proposta .....	199
Quadro 42 - Sistematização de características de bacias de retenção / infiltração em Lisboa .....	

# 1 INTRODUÇÃO

A água existente nas suas diferentes formas no nosso planeta é um bem, um recurso escasso, embora possa ser renovável através do seu ciclo natural hidrológico ou por aplicações tecnológicas, que podem ser mais ou menos dispendiosas.

A disponibilidade de água é, de um modo geral, temporal e sazonal, havendo défice na estação estival e excesso na invernal. A nível espacial também existem discrepâncias na sua disponibilidade, havendo regiões que vivem com escassez de água e outras com abundância.

A forma como a água se apresenta, o seu tipo e qualidade também interfere nas suas diferentes utilizações e usufruto.

A água sendo um elemento da natureza necessário e essencial à nossa sobrevivência deverá ser por isso preservado, cuidado, poupado, racionalizado e valorizado.

Contudo, face aos efeitos decorrentes quer das secas quer de inundações, torna-se imperativo a minimização destes impactes através da implementação de medidas que simultaneamente permitam obter outras origens de água, como a que decorre da precipitação, de forma a satisfazer determinados usos tanto espaciais como temporais, com os potenciais resultados que lhe advêm.

Sendo assim, neste estudo pretende-se analisar diferentes questões relacionadas com o aproveitamento sustentável de águas pluviais integrado no ciclo urbano da água.

Serão abordados e apresentados fundamentos e motivos para o aproveitamento da água pluvial. Por forma a reforçar e a destringir os prós e os contras desta temática, é efectuada uma análise SWOT (*Strengths* - Forças, *Weaknesses* - Fraquezas, *Opportunities* – Oportunidades, e *Threats* - Ameaças). É igualmente apresentada uma justificação legal para a utilização do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

O ciclo da água é ilustrado nas suas fases, com as respectivas quantidades e fluxos

para permitir o planeamento e gestão da disponibilidade de recursos hídricos e dos seus usos.

Será brevemente contemplada e realizada uma retrospectiva sobre a forma como os nossos antepassados efectuavam o aproveitamento das águas da chuva em diferentes pontos da Terra.

É realizado um enquadramento legal, que permite perspectivar alguns pontos mais importantes sobre a integração jurídica deste assunto, tanto a nível internacional, como nacional.

A temática do aproveitamento das águas pluviais não poderia ser desenvolvida sem se efectuar uma abordagem geral sobre o clima, e nomeadamente, sobre o clima em Lisboa.

É abordada a questão da permeabilidade do solo, importante na alimentação dos aquíferos ou águas subterrâneas e no dimensionamento de órgãos de infiltração de águas, sendo indicados alguns valores de permeabilidade ou taxas de infiltração consoante a natureza dos solos. Para Lisboa, é apresentada a carta geotécnica, a carta geológica, os tipos de solos, e por último a carta de permeabilidades com uma classificação qualitativa, à qual se atribuiu uma percentual.

No escoamento superficial é referido o coeficiente de escoamento C do método racional generalizado, sendo representada, para Lisboa, a carta hipsométrica, a carta de declives, as bacias hidrográficas, o uso do solo ou classificação / qualificação do espaço urbano (com especificações sobre a estrutura ecológica urbana e as hortas urbanas). O coeficiente de escoamento ou de redução global foi determinado para as sub-bacias de Lisboa, considerando a percentagem de área impermeável, o declive e o tipo de terreno, resultante da informação anterior.

O risco de inundabilidade é abordado e ilustrado segundo diferentes causas de ocorrência, como o declive, a presença de linhas de água, a permeabilidade do solo, problemas de drenagem, deslizamento / desabamento de terras e efeitos de maré.

É desenvolvida uma análise sobre a demografia e o consumo de água a fim de possibilitar um apoio para a determinação dos consumos não potáveis.

De uma forma geral, é caracterizado o sistema de drenagem de Lisboa, tendo em

consideração as insuficiências e os problemas de drenagem identificados decorrentes, nomeadamente, do tipo e da forma como foram construídas as infra-estruturas, de como é efectuada a sua manutenção, e das lacunas / deficiências do cadastro. Faz-se, ainda, uma referência sobre os aspectos hidrológicos naturais que entretanto foram alterados pela crescente urbanização, e que se inter-relacionam com os hidráulicos.

É realizada uma descrição sobre a qualidade das águas pluviais, nomeadamente no que se refere às escorrências dos pavimentos urbanos.

Em termos metodológicos, tendo em consideração o ciclo da água foi efectuada um balanço hidrológico com base nos dados das estações meteorológicas clássicas de Lisboa (Gago Coutinho, no Aeroporto e do Instituto Geofísico), para a determinação do superávit hídrico.

A elaboração de um modelo ou esquema matricial da água pluvial na cidade de Lisboa, integrou os componentes e interacções do ciclo urbano da água, para a obtenção de um volume de água pluvial aproveitável para usos não potáveis, através da determinação do superávit hídrico e da sua relação com os restantes factores. O esquema foi construído considerando os resultados da aplicação dos dados da estação do Instituto Geofísico na área do concelho de Lisboa.

É abordado o tema da sustentabilidade quando se conjectura na investigação, planeamento, selecção e implementação de diferentes soluções ou alternativas tecnológicas para o aproveitamento de águas pluviais.

Em intervenções prediais, num edifício ou conjunto de edifícios, será descrito o aproveitamento das águas pluviais. São analisados os componentes deste sistema, como a superfície de recolha; os órgãos de condução; os dispositivos de primeira lavagem e a quantidade de água rejeitada da limpeza do telhado durante as primeiras chuvadas; os reservatórios para armazenamento, as suas recomendações, os materiais utilizados, o pré-dimensionamento da sua capacidade considerando a utilização de diferentes métodos e o balanço entre as aflúncias (séries de precipitações) e os consumos de água (incluindo as perdas no processo ou sistema), o custo dos reservatórios consoante o volume e o material empregue; alguns processos de tratamento utilizados consoante a qualidade e usos da água da chuva aproveitada; e as operações de manutenção recomendadas. São apontados

alguns exemplos de sistemas de aproveitamento de águas pluviais prediais, a nível internacional, nacional e em Lisboa.

São também enunciadas diferentes soluções de aproveitamento de águas pluviais em termos de gestão urbana, planeamento e saneamento, que incluem as soluções de controlo na origem de águas pluviais (como os pavimentos porosos, as trincheiras de infiltração, poços absorventes e as bacias de retenção). São descritos métodos de cálculo para a estimativa da capacidade de uma bacia de retenção, com análise do seu comportamento hidráulico e de alguns procedimentos para a concepção e seu dimensionamento. A título de exemplo são identificados alguns casos-de-estudo da aplicação de soluções de controlo na origem a nível internacional e nacional. Em Lisboa, este tipo de intervenções também são planeadas e descritas no Plano Geral de Drenagem de Lisboa, tanto em termos de localização por sub-bacia, como dos principais parâmetros para o seu dimensionamento, a estimativa de custos tendo em conta diferentes factores, e um apontamento sobre as operações de exploração e manutenção. São ainda focalizados planos e intervenções urbanísticas em Lisboa, que se encontram em estudo, e onde está previsto o aproveitamento de águas pluviais.

São apresentados efeitos e resultados da implementação do aproveitamento de águas pluviais em soluções de controlo na origem, com o apoio das ferramentas atrás descritas e com as propostas apresentadas para a revisão do Plano Director Municipal de Lisboa e de intervenções urbanísticas em estudo.

Por último, são elaboradas conclusões e recomendações com vista à promoção da gestão e planeamento sustentável do território urbano, tendo em consideração a salvaguarda e melhoria do ciclo urbano da água.

## **1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A fundamentação teórica desta temática passa pela apresentação dos motivos que levam à sua aplicação, a identificação dos prós e dos contras, e de uma breve justificação legal.

### **1.1.1 MOTIVOS PARA O APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL**

O conhecimento de motivos que levam à utilização da água da chuva é importante para a integração e o desenvolvimento deste trabalho.

Assim, algumas razões e justificações para o aproveitamento da água pluvial são discriminadas a seguir (Bertolo e Simões, 2008):

- aumento do consumo de água motivado pelo crescimento da população e pelo progresso tecnológico;
- incremento do número e gravidade de cheias e inundações devido ao crescimento e impermeabilização dos aglomerados urbanos e desadequado planeamento do território, às limitações dos sistemas de drenagem e alterações climáticas;
- diminuição do volume de água descarregada no sistema de drenagem pluvial municipal;
- redução do consumo de água potável da rede pública nos autoclismos, limpezas exteriores, rega, lavagem de automóveis, entre outros usos não potáveis;

Todavia, tal como na política dos 3 R (1) Reduzir, 2) Reutilizar, e 3) Reciclar), a cadência de medidas que devem ser tomadas, antes do aproveitamento pluvial, dizem respeito: 1) à sensibilização e instalação de equipamentos que permitam em primeiro lugar a redução do consumo de água (como as propostas do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água e a Resolução da Assembleia da República n.º 5/2011, de 26 de Janeiro); 2) seguidamente privilegiar a utilização de origens de águas já existentes, como as fontes, minas, ocorrências hidrominerais de Alfama (Figura 1) -no caso específico de Lisboa<sup>1</sup>-, captações públicas e/ou privadas de linhas de água (superficiais ou subterrâneas) (Figura 2); 3) e finalmente promover a utilização não potável da água pluvial das soluções de controlo na origem próximas, como as bacias de retenção que não estejam contaminadas com águas residuais domésticas, e dos sistemas prediais através das coberturas.

---

<sup>1</sup> Segundo a Revisão do Plano Director Municipal de Lisboa, no Regulamento da Proposta Preliminar, de Julho 2009, no art.º 50.º “as ocorrências hidrominerais de Alfama são nascentes de água com características hidrominerais, por vezes hidrotermais, associadas a um sistema de falhas geológicas localizadas na região de Alfama que foram utilizadas para abastecimento das populações e de balneários públicos e que estão, em alguns casos, intimamente ligadas à edificação de chafarizes ou bicas”. As ocorrências de água podem ser de duas origens: nascentes associadas a falhas geológicas e que exibem valores de temperatura elevados (20 a 34 °C) –hidrotermais-, com propriedades terapêuticas consideradas como águas minero-medicinais; e nascentes de água fria, associadas a processos de infiltração superficial e percolação ao nível das unidades geológicas, que quando a água encontra um substrato impermeável acaba por aflorar à superfície e dar origem à nascente (CML, 2010b). São integradas nos recursos hidrominerais de acordo com o Decreto-Lei 90/90 de 16 de Março.

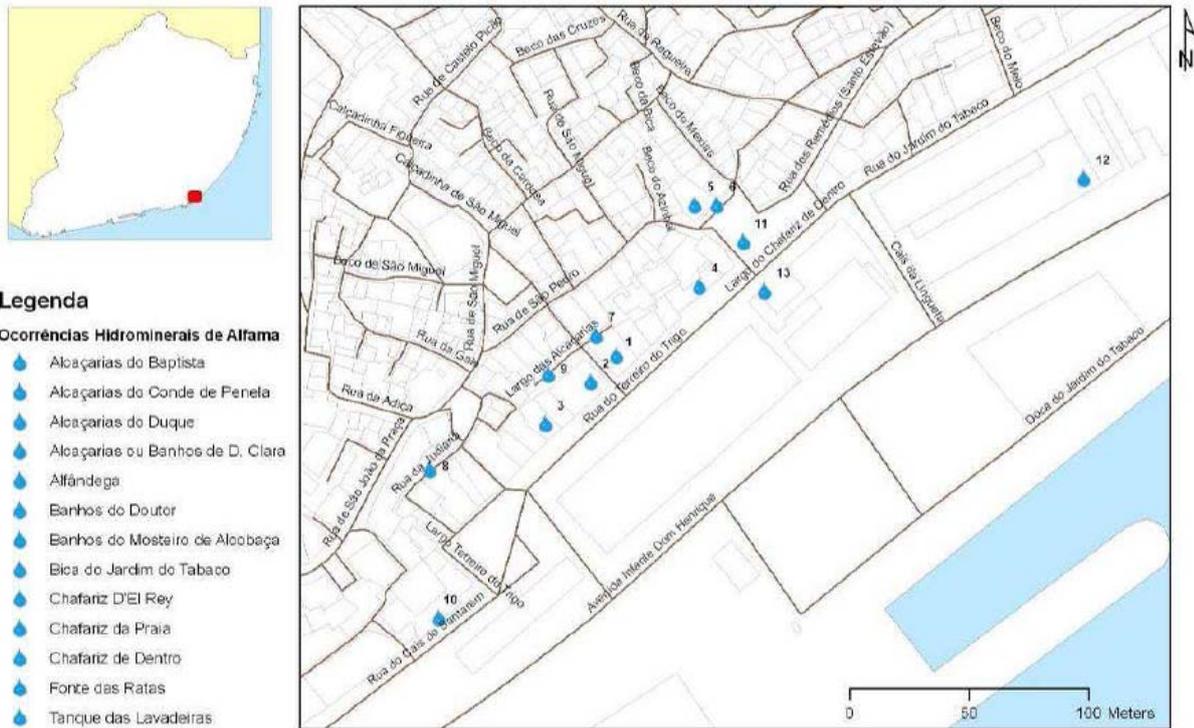


Figura 1 - Localização das ocorrências hidrominerais de Alfama.  
 Fonte: (CML, 2010b)

No Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água foram destacadas diversas propostas, nomeadamente no que se refere a medidas a implementar ao nível dos autoclismos; chuveiros; substituição ou adaptação de torneiras, máquinas de lavar roupa e louça; urinóis; sistemas de aquecimento e refrigeração de ar; lavagem de pavimentos e veículos; adequação da gestão e tecnologias aplicadas na rega, no solo e nas espécies plantadas em jardins e similares; utilização de água da chuva em jardins e similares, em lagos e espelhos de água; recirculação de água em lagos e espelhos de água.

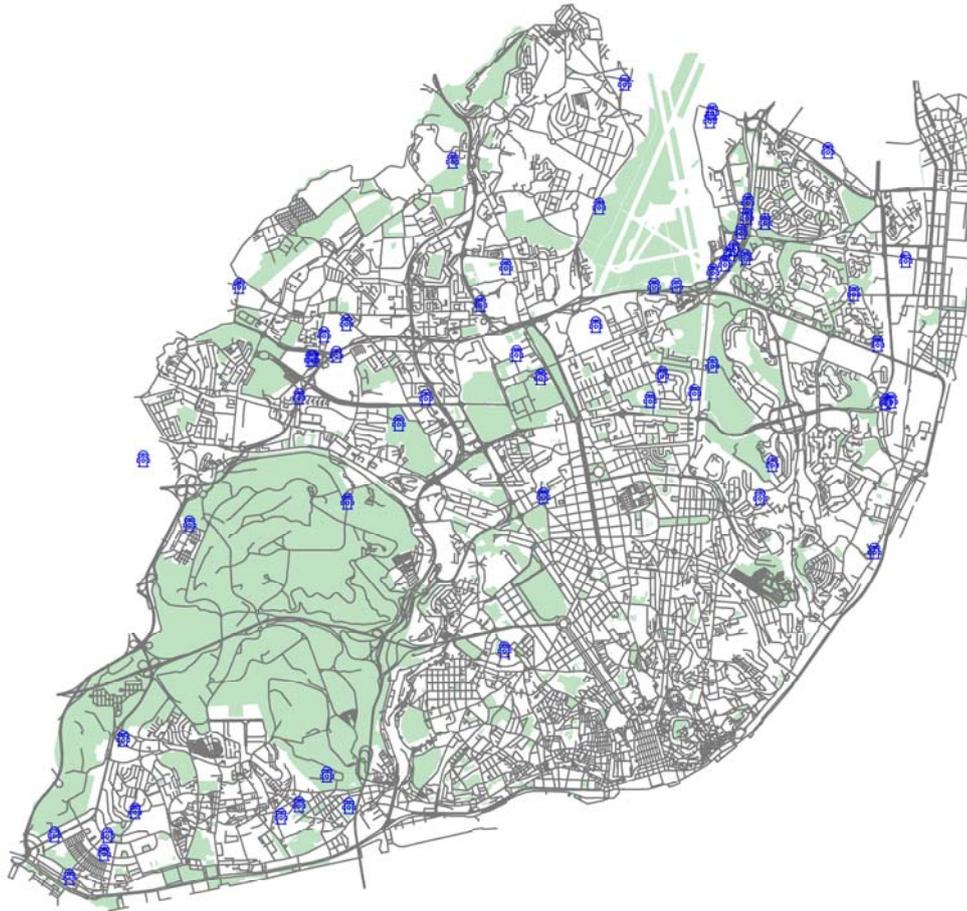


Figura 2 - Captações licenciadas em Lisboa (dados do Instituto da Água em 2004)

### 1.1.2 ANÁLISE SWOT

A análise SWOT permite visualizar em termos de uma matriz a interligação dos seus componentes a aplicar a um assunto: **Strengths** - Forças, **Weaknesses** - Fraquezas, **Opportunities** – Oportunidades, e **Threats** - Ameaças.

Para promover a gestão e planeamento estratégico desta temática relacionada com o aproveitamento das águas pluviais foram identificados os seguintes elementos distribuídos pelos componentes da análise SWOT:

#### **Forças (Internas Actuais a Realçar)**

- Aproveitamento das águas pluviais associado à minimização dos efeitos de inundações
- Redução dos custos do sistema de drenagem de águas pluviais
- Menor consumo de água potável, dos seus encargos e impactes
- Infiltração no solo e recarga / alimentação dos aquíferos / águas subterrâneas com água pluvial de melhor qualidade

- Existência de legislação internacional enquadradora
- Exemplos domésticos e históricos de aproveitamento das águas das chuvas
- Reutilização de águas residuais domésticas das ETAR (Estações de Tratamento de Águas Residuais) pela SIMTEJO – Grupo Águas de Portugal – Saneamento Integrado Municípios Tejo e Trancão de Lisboa.

### **Fraquezas (Internas Actuais a Controlar e Minimizar)**

- Legislação nacional incipiente
- Pouco conhecimento e aplicação prática
- Instituições públicas pouco familiarizadas com o assunto
- Pouca divulgação, informação e investigação
- Poucos dados sobre a qualidade da água pluvial e sua evolução quando armazenada
- Primeiro investimento elevado (devido à necessidade de um sistema de armazenagem, da criação de segundas redes de abastecimento, de equipamento de tratamento complementar, e de sistemas de bombagem)
- Novas exigências para a manutenção do sistema (pessoal, energia, peças e material de substituição, análises complementares no sistema de monitorização, remoção de resíduos para destino adequado)
- Preço da água acessível
- Disponibilidade de água (superficial e subterrânea)
- Limitação da aplicabilidade a determinados usos
- Manutenção da água em boas condições para os períodos de escassez
- Certa incompatibilidade de objectivos entre sistemas de armazenamento de águas pluviais para abastecimento (reservas de água) e o controlo do escoamento (manutenção de volumes de espera)

### **Oportunidades (Externas Futuras a Conhecer e Monitorizar)**

- Aumento do preço da água potável
- Preço da água de sistemas de aproveitamento da água pluvial mais reduzido
- Proibição da utilização de água para consumo humano em usos não potáveis
- Uso eficiente da água
- Esgotamento do recurso natural
- Redução da qualidade da água disponível

- Desenvolvimento de legislação nacional
- Beneficiação em termos de impostos / taxas (a título de exemplo, poderá ser indicado um modelo semelhante ao que já existe para as energias renováveis)
- Intervenção na gestão dos recursos hídricos e na conservação da qualidade do ambiente

**Ameaças (Externas Futuras a Conhecer e Monitorizar, e Planear para as Enfrentar e Minimizar os seus Efeitos)**

- Resistência à inovação, devido ao enraizamento das técnicas tradicionais de projecto
- Tempo para a sensibilização e instauração de novos comportamentos e hábitos / rotinas

**1.1.3 JUSTIFICAÇÃO LEGAL**

Algumas das ideias atrás expostas, no ponto 1.1.1., são reforçadas e explanadas em algumas passagens de regulamentos, como o Decreto-Lei n.º 112/2002 de 2002-04-17 que aprova o Plano Nacional da Água, e o Despacho nº 2339/2007 referente ao Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais para o período de 2007-2013 e que se encontram no Anexo 1.



## 2 CICLO DA ÁGUA

A abordagem deste tema é importante para ilustrar e introduzir a metodologia utilizada para a elaboração de um modelo ou esquema matricial da água pluvial em Lisboa, dado que integra os seus componentes e interacções ou fluxos.

A água da Terra, nas suas três fases, sólida, líquida e gasosa, e que constitui a hidrosfera, distribui-se por três reservatórios principais, os oceanos, os continentes e a atmosfera, entre os quais existe uma circulação perpétua – ciclo da água ou ciclo hidrológico (Figura 3).



Figura 3 - Esquema do Ciclo Hidrológico (ou ciclo da água).

Pode definir-se ciclo hidrológico como a sequência fechada de fenómenos pelos quais a água passa do globo terrestre para a atmosfera, na fase de vapor, e regressa àquele, nas fases líquida e sólida.

A transferência de água da superfície do Globo para a atmosfera, sob a forma de vapor, dá-se por evaporação directa, por transpiração das plantas e dos animais e por sublimação (passagem directa da água da fase sólida para a de vapor). A quantidade da água mobilizada pela sublimação no ciclo hidrológico é insignificante

perante a que é envolvida na evaporação e na transpiração, cujo processo conjunto se designa por evapotranspiração.

O vapor de água ao condensar-se dá lugar à formação de nevoeiros e nuvens, com conseqüente precipitação, que pode ocorrer na fase líquida (chuva ou chuveiro) ou na fase sólida (neve, granizo ou saraiva). A precipitação inclui também a água que passa da atmosfera para o globo terrestre por condensação do vapor de água (orvalho) ou por congelação daquele vapor (geada) e por intercepção das gotas de água dos nevoeiros (nuvens que tocam no solo ou no mar) (Instituto da Água, 2003).

A precipitação ao atingir a vegetação também irá conduzir a absorções foliares, caulinares e radiculares. A vegetação comporta-se, igualmente, como um elemento de interferência no escoamento da água pluvial, prolongando o tempo de concentração na bacia hidrográfica e diminuindo a infiltração no solo.

A capacidade de intercepção da precipitação pela vegetação, ou seja, a retenção parcial desta ao cair sobre o coberto vegetal, será evaporada para a atmosfera sem chegar a contribuir para o volume e processos de infiltração no solo e escoamento, podendo ainda escorrer ao longo das folhas e caule até atingir o solo, onde ocorrerá igualmente a evaporação ou a infiltração no solo. A quantidade de precipitação que é interceptada varia consoante a densidade, a espécie vegetal, o seu estado de desenvolvimento, e também com a frequência, duração e intensidade da precipitação. Nas zonas urbanizadas há ainda que ter em consideração a parcela da precipitação que fica retida nos telhados, estradas e pavimentos que posteriormente é evaporada (Lencastre e Franco, 1992).

Assim, parte da água que precipita é devolvida directamente à atmosfera por evaporação. Outra origina o escoamento à superfície do terreno, escoamento superficial, que se concentra em sulcos, cuja reunião dá lugar aos cursos de água. Outra parte da água infiltra-se, isto é, penetra no interior do solo, subdividindo-se numa parcela que se acumula na sua parte superior, indo preenchendo os vazios da atmosfera do solo, desde o Coeficiente de Emurchecimento, passando pela Capacidade de Campo até à Capacidade de Saturação. A água no solo, pode voltar à atmosfera por evapotranspiração, e outra caminha em profundidade (percolação) até atingir os lençóis aquíferos (ou aquíferos) indo constituir o escoamento subterrâneo.

O escoamento superficial constitui uma resposta rápida à precipitação e cessa pouco tempo depois dela. Por seu turno, o escoamento subterrâneo, em especial quando se dá através de meios porosos, ocorre com grande lentidão e continua a alimentar os cursos de água durante mais tempo após ter terminado a precipitação que o originou. Assim, os cursos de água alimentados por aquíferos apresentam regimes de caudal mais regulares.

A precipitação, ao incidir numa zona impermeável, origina escoamento superficial e evaporação directa da água que se acumula. Incidindo num solo permeável, pouco espesso, assente numa formação geológica impermeável, produz escoamento superficial (e, eventualmente, uma forma de escoamento intermédia – escoamento sub-superficial), evaporação da água disponível à superfície e ainda evapotranspiração da água retida pela camada do solo. Em ambos os casos não há escoamento subterrâneo; este ocorre no caso de a formação geológica subjacente ao solo ser permeável e espessa.

O ciclo hidrológico é também um agente modelador da crosta terrestre devido à erosão / meteorização, transporte e deposição de sedimentos, condicionando a cobertura vegetal e a vida na Terra (Figura 4) (Instituto da Água, 2003).

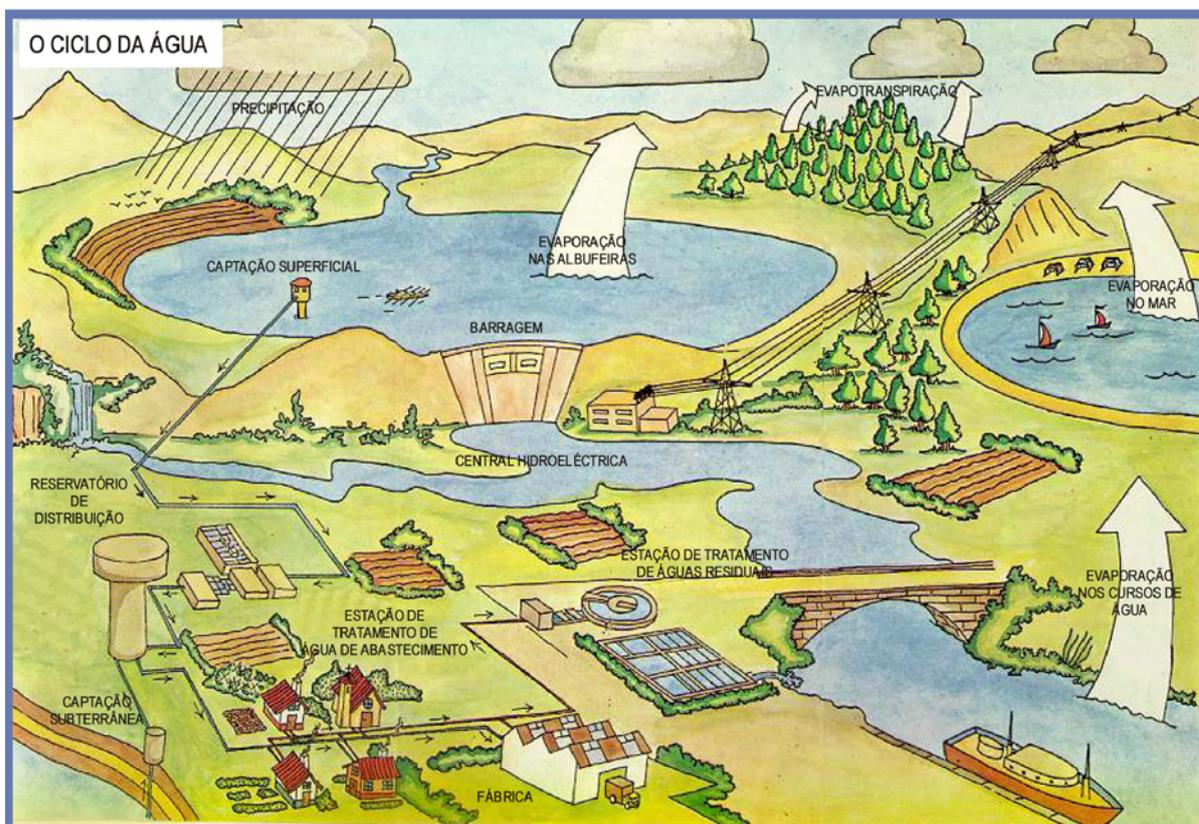
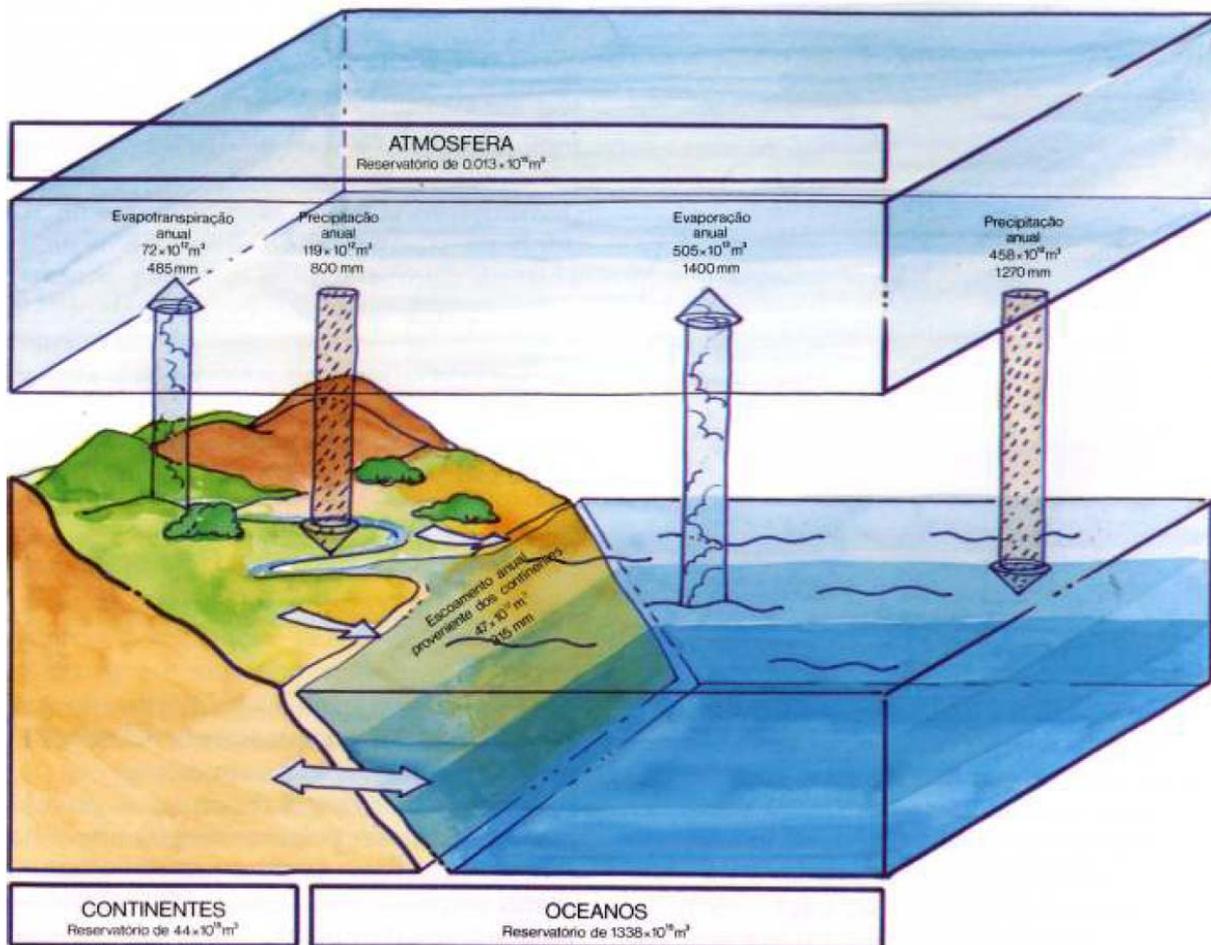


Figura 4 – O ciclo da Água  
Fonte: (Instituto da Água, 2009?a)

## 2.1 ÁGUA NA TERRA

Deve ter-se presente que, embora a quantidade total de água na Terra seja invariante, a sua distribuição por fases tem-se modificado ao longo do tempo. Na Figura 63 apresenta-se esquematicamente a distribuição da água da Terra pelos reservatórios principais e os fluxos anuais médios no interior do ciclo. As quantidades de água de precipitação, evaporação, evapotranspiração e escoamento, relativas a determinadas áreas da superfície do Globo são normalmente expressas em volume, mas também podem traduzir-se pelas alturas de água que se obteriam se essas mesmas quantidades se distribuíssem uniformemente pelas áreas respectivas. Assim, na Figura 5 os fluxos de água vêm expressos em volume ( $m^3$ ) e em altura (mm) (Instituto da Água, 2003).



Reservatório	Volume (10E15 m <sup>3</sup> )	Fluxos anuais (10E12 m <sup>3</sup> mm)			
		Precipitação	Evaporação	Evapotranspiração	Escoamento dos continentes
Atmosfera	0,013		505 1400	72 485	
Continentes	44	119 800			
Oceanos	1338	458 1270			47 315

Figura 5 - Distribuição da água pelos reservatórios principais da Terra e fluxos  
Fonte: (Instituto da Água, 2003)

A água perdida pelos oceanos por evaporação excede a que é recebida por precipitação, sendo a diferença compensada pelo escoamento proveniente dos continentes. A precipitação anual sobre os continentes é de 800 mm e reparte-se em escoamento (315 mm) e evapotranspiração (485 mm). A precipitação anual média sobre os oceanos é de 1270 mm (Instituto da Água, 2003).

No Quadro seguinte pode-se também observar para além do volume, o tempo médio de residência ou o intervalo de tempo para a renovação de alguns recursos hídricos.

Quadro 1 - Distribuição da água na Terra e intervalo de tempo para a renovação de alguns recursos hídricos

	Volume (10E12 m3)	%	Tempo médio de residência
Oceanos	1 338 000	96,59	2 500 anos
Calotes polares e glaciares	24 000	1,73	1 400 anos
Água subterrânea	23 000	1,66	9 700 anos
Lagos e pântanos	190	0,014	5 a 17 anos
Humidade no solo	17	0,001	1 ano
Atmosfera	13	0,001	8 dias
Rios	2	$1,44 \times 10^{-4}$	16 dias
Biosfera	1	$7,22 \times 10^{-5}$	horas a dias
<b>Total</b>	<b>1 385 223</b>		

Fonte: ISEL - DEC-Secção de Hidráulica e Obras Hidráulicas – Hidrologia

## 2.2 RECURSOS HÍDRICOS

Os recursos hídricos classificam-se em potenciais e disponíveis. Os recursos potenciais correspondem à quantidade máxima de água que teoricamente é possível captar no ciclo hidrológico. Os recursos disponíveis são inferiores aos primeiros, pois a água movimenta-se no ciclo hidrológico natural de uma forma que nem sempre permite a sua utilização. As quantidades de água que ocorrem num dado sector do ciclo hidrológico natural não se distribuem ao longo do tempo de forma coincidente com a das utilizações.

Por exemplo, toda a água que passa numa dada secção de um rio em regime natural constitui recurso potencial, mas só uma fracção é utilizável em consequência da irregularidade do caudal. O excesso de água nas épocas húmidas implica que uma parte se escoe sem poder ser utilizada, sem que haja uma transferência temporal de água de épocas húmidas para épocas secas, dentro de um ano, ou de anos húmidos para anos secos, ou uma transferência espacial. Tem de se

mencionar ainda o desajustamento entre a qualidade natural da água e a que é exigida pelas utilizações (Instituto da Água, 2003).

Para compensar a deficiência do escoamento nos cursos de água em relação às necessidades das utilizações, torna-se indispensável dispor de reservas naturais (lagos e lagoas) ou artificiais que armazenem a água em excesso nos períodos húmidos e a forneçam nos períodos secos. Sem este efeito regularizador, os recursos de águas disponíveis seriam diminutos (Instituto da Água, 2009?b).

Os recursos hídricos potenciais passam a recursos disponíveis na medida em que o Homem intervém no ciclo hidrológico por meio de obras e instalações que permitam captar água e transferi-la no tempo ou de um local para outro ou ainda melhorar a sua qualidade, por forma a conferir-lhe condições de ser utilizada. Estas obras e instalações são dispendiosas e demoradas face ao risco de insuficiência da disponibilidade de água, pelo que o planeamento da utilização dos recursos hídricos tem de ser feito a longo prazo.

A intervenção no ciclo hidrológico não se limita a tornar a água disponível para ser utilizada, mas visa também o domínio do excesso de água. Este excesso pode causar níveis freáticos prejudicialmente elevados, submersão, erosão dos solos, deposição de sedimentos, assoreamentos e efeitos da corrente nos leitos dos cursos de água e nas zonas marginais (Instituto da Água, 2003).

### 3 RESENHA HISTÓRICA

#### 3.1 MUNDIAL

O aproveitamento de água da chuva é uma prática milenar encontrada em civilizações como a Maia, a Inca, a Azteca, a Grega e a Romana.

Na América do Sul, os Maias construíram em alguns edifícios os *Chutlunes*, locais onde armazenavam a água da chuva. Em Ruta Puuc, na península de Yucatan existem cerca de 70 cisternas de água da chuva (Figura 6). As cisternas eram construídas em locais onde não existiam cenotes, fonte de água doce subterrânea existente nesta península (Figura 7) (Bertolo e Simões, 2008).

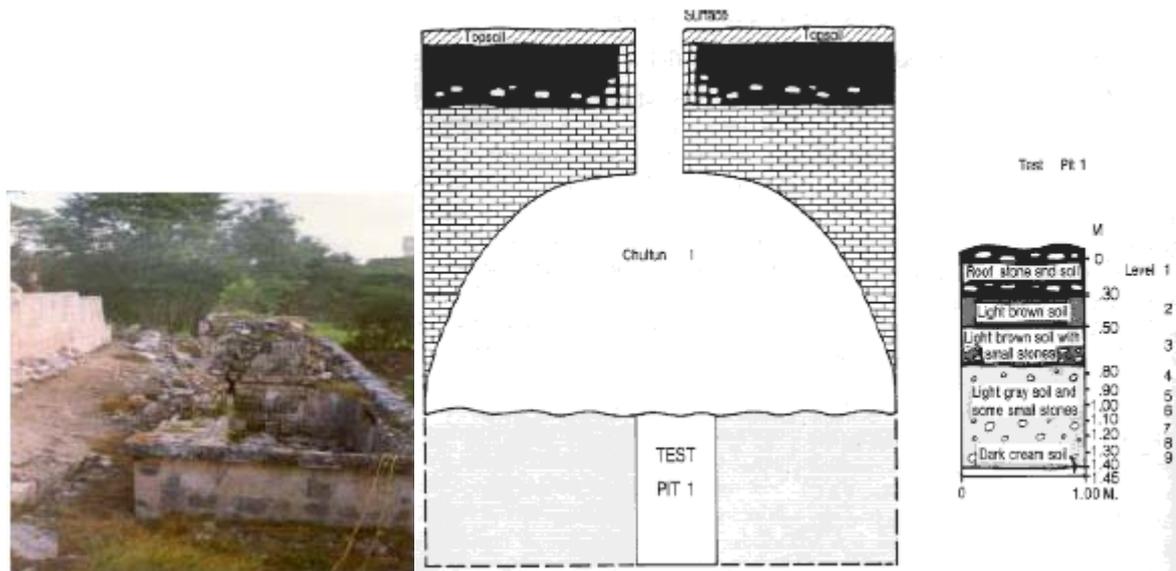


Figura 6 – Vestígio de cisterna em Ruta Puuc  
Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)



Figura 7 – Cenote, no México  
Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

Os Aztecas desenvolveram práticas para aproveitar a água pluvial como as *Cochas*, sulcos artificiais, que eram executadas nas encostas para armazenar a água da chuva. As *Cochas* eram circulares (até 50 m de diâmetro), sendo as culturas agrícolas semeadas nas extremidades. O sistema de *Cochas* estava interligado por canais para não desperdiçar a água (Bertolo e Simões, 2008).

No litoral onde a precipitação era reduzida elevavam o terreno para aproveitar ao máximo a água da chuva, sendo esta técnica designada de *huarohuaros* ou *huachos*, e que permitia a irrigação, a piscicultura, e o desenvolvimento de microclimas adequados para o cultivo de tubérculos em regiões frias: o calor acumulado durante o dia nos grandes regos de água, lentamente se dissipava à noite, mantendo as encostas cultiváveis e aquecidas (Bertolo e Simões, 2008).

No Egito a água provém principalmente do rio Nilo, contudo na civilização Egípcia, em áreas desérticas, a água da chuva era recolhida e armazenada em cavidades no solo. Isto possibilitava ao seu exército ter vantagem sobre os adversários, pois esses locais estavam escondidos mas identificados. A norte do Egito junto ao mar Mediterrâneo onde a precipitação ocorre, esta é aproveitada para a irrigação.

Para os Romanos, tanto a drenagem como o abastecimento de água contribuiu para o desenvolvimento das suas cidades. Nas Figuras 8 e 9 pode-se observar algumas cisternas utilizadas naquela época.



Figura 8 – Cisternas Romanas de Monturque  
Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

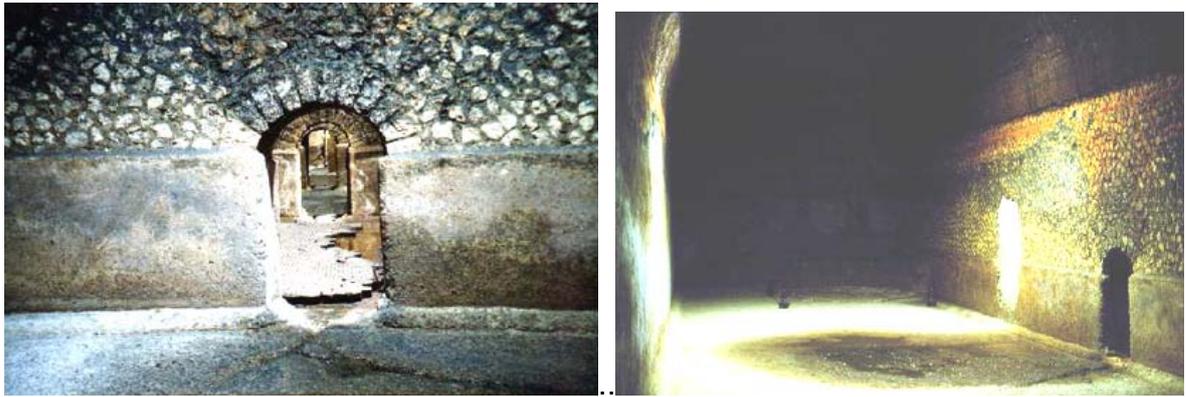


Figura 9 – Piazza Matteoti, Amelia, Itália: cisterna constituída por 10 divisões abastecidas por água da chuva, com capacidade de armazenamento de 4 400 m<sup>3</sup>.  
Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

As *Domus* romanas aproveitavam a água da chuva, através dos *Compluvium*, telhados dos pátios interiores, que escoava para o *Impluvium*, que funcionava como local de decantação. Este lago era ligado a uma cisterna ou poço (Figura 10) (Bertolo e Simões, 2008).

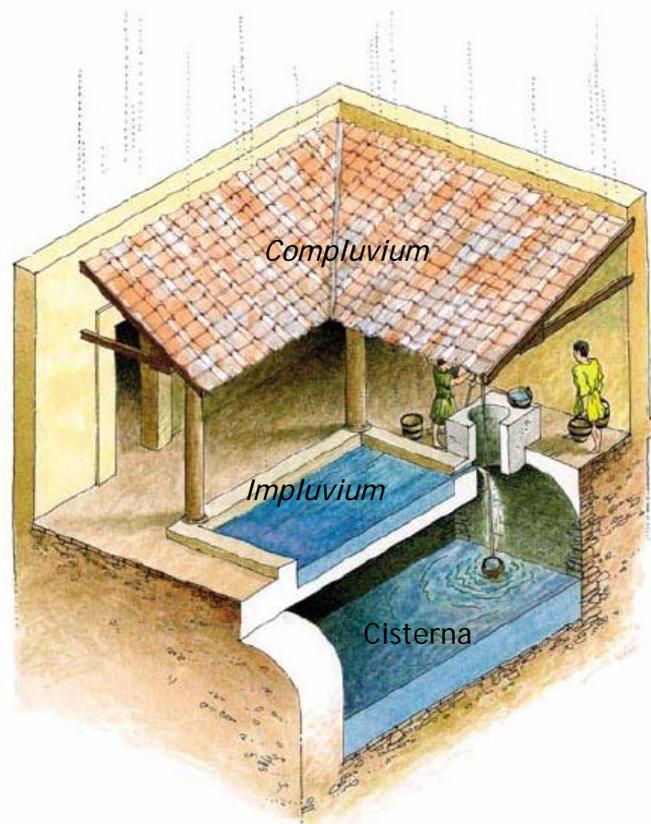


Figura 10 - Exemplo de *Compluvium* e *Impluvium*  
Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

Na Grécia existem alguns exemplos de aproveitamento das águas pluviais em cisternas, como no Palácio de Knossos na ilha de Creta, que eram utilizadas para as descargas sanitárias e abastecimento em caso de guerra (Figura 11) (Bertolo e

Simões, 2008).

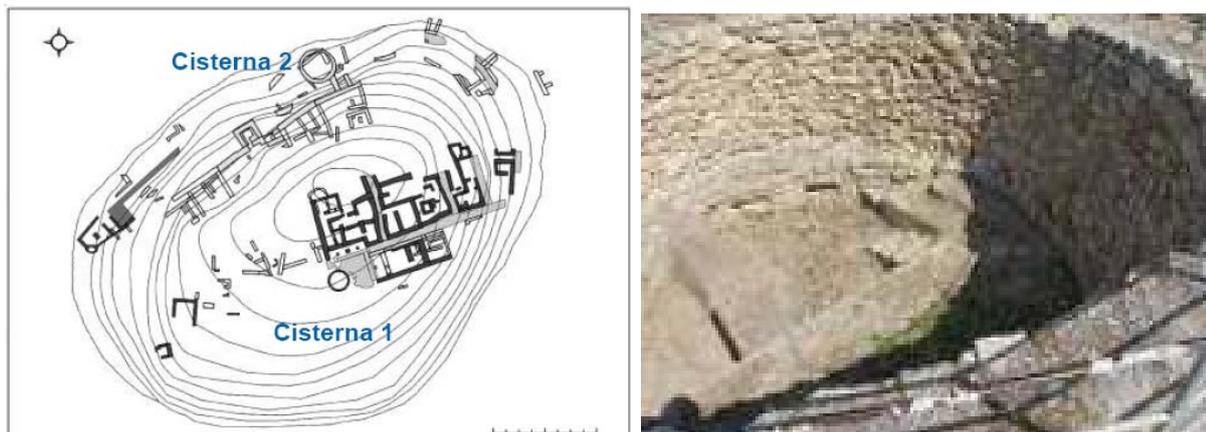


Figura 11 – Palácio de Knossos na ilha de Creta, na Grécia  
Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

Outro exemplo é a cisterna na ilha grega de Delos (Figura 12).



Figura 12 – Cisterna do teatro na ilha grega de Delos.

Os amplos terraços dos templos na ilha grega de Rodes, como o da acrópole de Lindos e o templo de Apolo na antiga cidade de Camiro possibilitavam a captação de águas pluviais para cisternas em série, que permitiam a distribuição a jusante através de um sistema de canalização para o consumo da população (Bertolo e Simões, 2008).

Os árabes também incrementaram esta prática, nomeadamente no sul de Espanha, na Andaluzia, onde se podem encontrar os *Aljibes*, designação árabe para cisterna (Figuras 13, 14 e 15) (Bertolo e Simões, 2008).

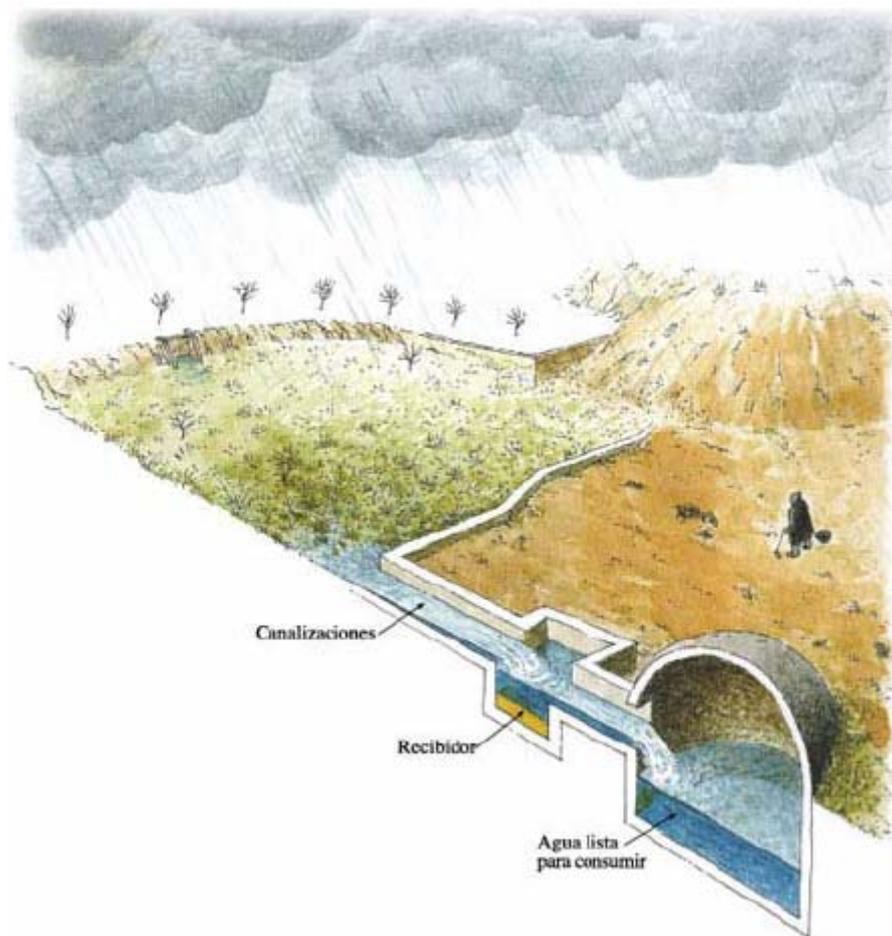


Figura 13 - *Aljibes* ou cisternas de armazenamento de água da chuva – Espanha (Andaluzia)

Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)



Figura 14 – *Aljibes* ou cisternas de Campian em Espanha.

Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)



Figura 15 – *Aljibes* de Granada e Albaicín, em Espanha

Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

Na Jordânia, as cisternas foram e ainda são hoje componentes obrigatórias dos edifícios, já que é um país maioritariamente desértico ou semi-desértico. Encontram-se cisternas em Petra, nos vestígios dos Nabateus (Figura 16) (Bertolo e Simões, 2008).



Figura 16 - Petra, os vestígios dos Nabateus

Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

Em Israel a fortaleza de Masada (Figura 17), possui dez reservatórios escavados na rocha que datam de períodos anteriores a 3000 a.C., que eram utilizados para captar a água da chuva que depois era utilizada para consumo humano (Bertolo e Simões, 2008).

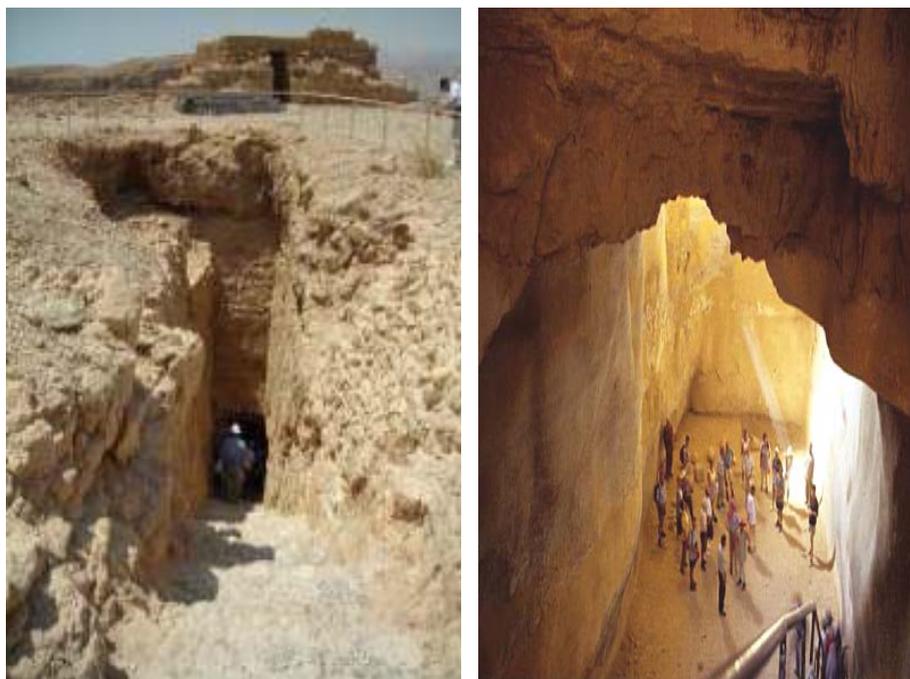


Figura 17 - Fortaleza de Masada – Israel

Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

No Irão é de referir a cisterna da Fortaleza de Ormuz (Figura 18).



Figura 18 - Cisterna da Fortaleza de Ormuz, no Irão

Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

Alguns exemplos africanos são os que surgem em Moçambique, como a cisterna na fortaleza de Sofala e no Fortin de Santo António, na ilha de Moçambique, que permitiam ter água de melhor qualidade que outras origens, e fazer face ao isolamento (Bertolo e Simões, 2008).

Em Mazagão, antiga possessão portuguesa em Marrocos, correspondente à actual cidade de El Jadida, com inscrição na lista de Património Mundial pela U.N.E.S.C.O. (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization), em 2004, pode-se

observar a beleza da cisterna de estilo manuelino, construída pelos portugueses (Figura 19).



Figura 19 – Cisterna de El Jadida em Marrocos  
Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

### **3.2 EM PORTUGAL**

Em Portugal, as cisternas que foram construídas nos edifícios resultam das influências romanas e árabes.

Nos castelos, fortalezas, conventos, e na construção tradicional está presente a cisterna, o poço e mais tarde a água trazida pelo aqueduto.

Nos castelos erguidos em locais estratégicos e altos, para fazer face à dificuldade do seu abastecimento em água e a situações de conflitos militares, recorreu-se à recolha da água da chuva para a(s) cisterna(s), embora também pudessem armazenar água de outras proveniências. Alguns exemplos de castelos com cisternas são o castelo de Ourém, o de Longroiva, de Lamego, o castelo de Sesimbra com três cisternas (Figura 20) (Bertolo e Simões, 2008), o castelo de Mértola (Figura 21), a cisterna do castelo de Aljezur, construída no período islâmico, séculos XI – XII.



Figura 20 - Cisterna na Alcáçova do castelo de Sesimbra abastecida por água pluvial e por água de nascente.

Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)



Figura 21 – Cisterna no castelo de Mértola

Outros exemplos de edifícios com cisternas em Portugal são o convento da Arrábida e o convento dos Templários em Tomar (duas cisternas, uma com 215 m<sup>3</sup> e outra com 145 m<sup>3</sup>) (Bertolo e Simões, 2008).

Em Minde, no concelho de Alcanena, as cisternas de lajes de pedra foram desenvolvidas durante séculos, nomeadamente por casas mais abastadas, existindo cerca de quinze a vinte. Uma das maiores e talvez a mais antiga de todas elas é a do extinto Hospício de Sant'Ana, ainda hoje aproveitada. Nas Figuras seguintes pode-se visualizar as cisternas de Minde, algumas com decantação prévia para evitar os resíduos das cheias e outras com peixes como bio-indicadores da qualidade da água (Bertolo e Simões, 2008).



Figura 22 – Cisternas em Minde  
Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

Em Bragança, dentro das muralhas do castelo encontra-se a “Domus Municipalis” (Figura 23) do período tardo-medieval, provavelmente, do primeiro terço de quatrocentos, de arquitectura românica civil. A “Domus” é constituída por 2 espaços: a cisterna, “sala de água” que armazenava águas pluviais e de nascentes, no espaço inferior; no espaço superior situava-se a “casa de Câmara”, que terá sido utilizada para as reuniões dos “homens-bons”.



Figura 23 – A “Domus Municipalis” com cisterna, em Bragança

Em Alcácer do Sal encontra-se identificada uma cisterna nos subterrâneos da Cripta Arqueológica do Castelo de Alcácer do Sal (Figura 24).



Figura 24 - Cisterna da Cripta Arqueológica do Castelo de Alcácer do Sal

Na vila de Monsaraz, de Reguengos de Monsaraz, a cisterna (século XIV – XV) era o maior reservatório de água localizado intramuros na vila (Figura 25). Segundo tradição local, a cisterna foi precedida de uma mesquita muçulmana, em que o arco gótico que limita o imóvel a oeste dava passagem à conduta geral das águas.



Figura 25 – Cisterna na vila de Monsaraz.

No castelo de Silves pode-se observar uma ampla e bem conservada cisterna (Figura 26), onde se encontra uma inscrição que refere “Algibe – Cisterna da Moura Encantada. Edificada nos últimos anos do século XII ou nos primeiros tempos da centúria seguinte, constituiu um dispositivo essencial tendo em vista a resistência a cercos prolongados, perante a ameaça dos avanços cristãos. Planta de forma rectangular e 12 colunas isoladas ou adossadas suportando as 4 abóbadas de canhão que constituem a cobertura. Tem capacidade para armazenar 1 300 000 l de

água, o que chegaria para abastecer mais de 1 000 pessoas durante um ano.” Sobre a lenda da moura encantada, diz-se que em noite de S. João, pela meia-noite, se ouvem lamúrias de uma linda princesa moura encantada, navegando sobre as águas, num barco de prata com remos de ouro, entoando hinos da sua Terra, e ansiando que um príncipe da sua fé apareça e a venha desencantar por palavras mágicas, e que desaparece com a alvorada.



Figura 26 – Perspectivas da cisterna do castelo de Silves

No museu de Portimão, onde se situou a extinta fábrica de conserva da sardinha, de S. Francisco da firma Feu & Hermanos, construída no século XIX, encontra-se uma antiga cisterna que alimentava os tanques de salmoura e as caldeiras da fábrica e permitia igualmente a lavagem dos equipamentos (Figura 27).



Figura 27 - Cisterna da antiga indústria de conserva de sardinha, agora museu de Portimão.

Em Lagos, as águas das chuvas, antes de entrarem nas cisternas passavam por ampulhetas de cascalho miúdo para reter as impurezas. Com o desenvolvimento da indústria conserveira o peixe passou a ser cozido no vapor (nas primitivas fábricas, conhecidas por “fritos”, o peixe era frito em azeite ou óleo antes de ser enlatado). A água que abastecia a cidade, apesar de ter condições para o consumo humano, não era muito indicada para as caldeiras de produção de vapor, por ser muito calcária, dando origem a constantes reparações. Como tal, foi adoptada a recolha das águas das chuvas em cisternas, para esta utilização (Bertolo e Simões, 2008).

Na ilha da Madeira, no Pico do Areeiro avista-se uma cisterna de neve (Figura.28).



Figura 28 – Cisterna de neve, no Pico do Areeiro, na ilha da Madeira

Em Lisboa, também existem edifícios históricos onde se efectuou o aproveitamento de águas pluviais como, a Torre de Belém (Figura 29) e a Sé de Lisboa (Figura 30).

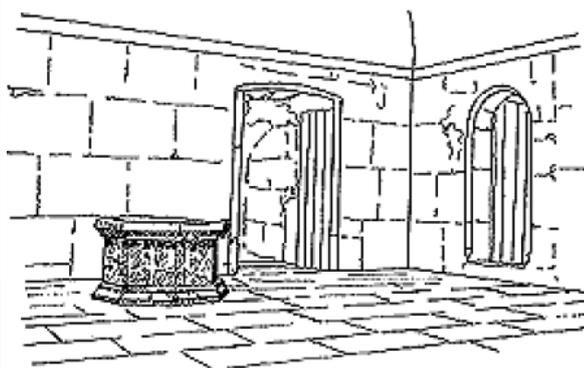


Figura 29 – Cisterna na Torre de Belém  
Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)



Figura 30 - Cisterna medieval nos claustros da Sé de Lisboa

## **4 ENQUADRAMENTO LEGAL**

### **4.1 LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL**

#### **4.1.1 EUROPA**

##### **4.1.1.1 Alemanha**

A Alemanha é o país Europeu que mais relevância deu aos sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP), e para regular a instalação e a produção de componentes para estes sistemas desenvolveu normas específicas designadas DIN.

A DIN 1989 é a norma que regula a instalação dos SAAP nos edifícios, apresentando componentes técnicos que caracterizam o método alemão de aproveitamento de água da chuva. Esta norma é usada como referência para os projectos, instalações, operação e manutenção e está dividida em quatro secções:

- Projecto, instalação, operação e manutenção
- Filtragem
- Depósitos de água da chuva
- Componentes, controlo e monitorização.

Fins previstos:

- Descargas sanitárias
- Lavagens exteriores
- Sistemas de arrefecimento
- Rega
- Máquinas de lavar roupa

Na escolha de reservatórios subterrâneos deve ter-se em consideração a protecção contra a flutuação, e as cargas de trânsito, em função do local da instalação, das características do solo e da solidez da base de assentamento (Bertolo e Simões, 2008).

##### **4.1.1.2 França**

Em França o aproveitamento da água da chuva é actualmente permitido. Não existe no entanto legislação específica na regulamentação da sua utilização.

O Ministério da Saúde considera que o aproveitamento da água da chuva nos usos domésticos, tais como as descargas sanitárias, a rega do jardim, a utilização na lavagem da roupa ou nas lavagens em geral não oferece riscos para a saúde pública

desde que sejam observados princípios fundamentais para o bom funcionamento dos sistemas.

Não é permitida a utilização da água da chuva recolhida das coberturas na alimentação ou na higiene corporal. Se o edifício não estiver dotado de rede não potável de abastecimento, não é admitida a sua implementação no interior do mesmo. Em caso de ser introduzida a rede não potável no edifício, esta deve ser sempre independente da rede potável.

Fora do edifício não existem restrições ao uso da água da chuva desde que sejam observados alguns requisitos previstos na instalação destes sistemas tais como (Bertolo e Simões, 2008):

- Depósitos enterrados, opacos, fechados e que permitam a manutenção;
- Instalação não potável independente da rede potável do edifício;
- O sistema deve oferecer segurança física e higiénica, de modo a que elimine a possibilidade de acidente e de risco sanitário, observando os sistemas que permitem o desvio das primeiras águas e de detritos.

Em síntese, as referências normativas francesas identificadas foram:

- O código civil Francês no artigo 640 e 641;
- Circulaire le 20 mars 2006;
- A postura de 2 de Março de 2006 da Direction générale de la santé;
- Position du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) através do seu aviso de 5 de Setembro de 2006.

#### **4.1.1.3 Bélgica**

A necessidade de aproveitamento da água da chuva através da implementação de cisternas é uma prática corrente e um costume na Bélgica. Em algumas regiões foi considerada a fonte principal de abastecimento de água pelo facto da distribuição pública não existir.

As instalações de aproveitamento da água pluvial devem respeitar as normas técnicas presentes no Répertoire 2006 da Belgaqua (*Fédération belge du Secteur de l'Eau*) onde estão descritas as prescrições técnicas para as instalações no interior dos edifícios.

Com o SDER (Schéma de Développement de l'Espace Regional) é incentivado a implementação destes sistemas, com vista à protecção dos recursos potáveis.

Em regras comuns de urbanismo foram estabelecidas recomendações ou

imposições de sistemas de aproveitamento de água da chuva nas novas construções, em edifícios públicos, entre outros, mas a sua obrigatoriedade varia de local para local.

A água da chuva substitui em 6 % a água da rede de distribuição na Bélgica, em resultado da promoção de subsídios e de políticas de informação e sensibilização, porque o preço da água é um preço social, ainda muito reduzido, que não funciona como factor de decisão para a implementação destes sistemas (Bertolo e Simões, 2008).

#### **4.1.1.4 Reino Unido**

No Reino Unido foi publicada, em 2009, a Norma Britânica BS 8515:2009 *Rainwater harvesting systems – Code of practice de British Standard Institute, UK*. Nesta norma é também referido o uso de estradas, passeios ou outras superfícies de nível térreo para o aproveitamento de água pluvial em apenas usos domésticos como as descargas de autoclismos, máquinas de lavar roupa e rega de jardins. O uso em AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) e sistemas de irrigação não são considerados usos domésticos, não estando especificados nesta norma. São também indicados os valores máximos admissíveis para os diversos parâmetros de qualidade da água, conforme o tipo de uso (Santos, 2009).

#### **4.1.2 BRASIL**

Os requisitos para o aproveitamento da água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis vêm descritos na norma técnica brasileira ABNT/CEET-00.001.77 2º PROJETO 00.001.77-001 AGOSTO:2007, válida a partir de 24.10.2007, a qual não tem estatuto de obrigatoriedade na implementação destes sistemas, mas é a referência técnica aplicada nas instalações e na certificação. Esta norma técnica brasileira pode ser consultada no *site* [www.ecoagua.pt](http://www.ecoagua.pt), separador legislação (Bertolo e Simões, 2008).

No Município de São Paulo, a Lei nº 13.276 de 4 de Janeiro de 2002, torna obrigatória a execução de reservatório para as águas colectadas por coberturas e pavimentos no lotes, que tenham uma área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>. A água pode infiltra-se no solo, ser direccionada para a rede pública de drenagem após uma hora de chuva ou ser utilizada em fins não potáveis.

Naquela lei a capacidade do reservatório deverá ser calculada com base na seguinte equação:  $V = 0,15 \times A_i \times IP \times t$ , onde  $V$  é o volume do reservatório ( $m^3$ ),  $A_i$  a área impermeabilizada ( $m^2$ );  $IP$  o índice pluviométrico igual a 0,06 m/h, e  $t$  o tempo de duração da chuva igual a uma hora (Cosentino, 2009). Estes princípios seriam posteriormente dispostos para o Estado de São Paulo através da Lei Estadual nº 12.526 de 2 de Janeiro de 2007 (Tomaz, 2009).

No Município do Rio de Janeiro foi aplicado o Decreto nº 23.940 de 30 de Janeiro de 2004, que torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam a retenção do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Este decreto surgiu da necessidade de prevenir inundações, mas também considera a possibilidade de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis, atendendo às normas sanitárias vigentes.

Nesta legislação também é mencionada a obrigatoriedade da construção de reservatórios em empreendimentos com área impermeabilizada superior a 500  $m^2$ . A capacidade do reservatório deverá ser calculada com base na equação:  $V = k \times A_i \times h$ , onde  $V$  é o volume do reservatório ( $m^3$ ),  $k$  o coeficiente de abatimento,  $A_i$  a área impermeabilizada ( $m^2$ ), e  $h$  a altura da chuva (m), que oscila entre 0,06 m e 0,07 m (Cosentino, 2009).

No Município de Curitiba, capital do Estado do Paraná, no Decreto nº 176 de 2007 é obrigatória a implementação de reservatórios de retenção, para diminuir o risco de inundações, nos novos empreendimentos, ampliações e/ou reformas, independente do uso e localização, que impermeabilizarem uma área igual ou superior a 3 000  $m^2$ , ou que apresentarem uma redução da taxa de permeabilidade de 25 % (Cosentino, 2009).

O volume necessário para o reservatório de retenção deverá ser calculado pela aplicação da seguinte fórmula:  $V = k \times I \times A$ , onde  $V$  é o volume do reservatório,  $k$  constante adimensional = 0,2,  $I$  a intensidade da chuva = 0,080 m/h, e  $A$  a área prevista (Cosentino, 2009).

É ainda referido naquele diploma que é da responsabilidade do proprietário do empreendimento, que possua o reservatório de retenção, a sua manutenção e limpeza periódica.

Em síntese, da legislação internacional apresentada verifica-se a existência de algumas normas para os sistemas de aproveitamento de águas pluviais ao nível predial como na Alemanha e Brasil. Na Bélgica, em que o emprego destes sistemas é um costume, possuem igualmente normas técnicas, recomendações urbanísticas, incentivos e subsídios para a sua implementação. O uso dos SAAP para fins não potáveis é permitido na França, desde que a saúde pública esteja salvaguardada. No Reino Unido o aproveitamento pluvial pode ainda ser realizado ao nível dos pavimentos, com indicação de valores máximos de qualidade da água. A obrigatoriedade do seu uso varia consoante os locais e tipo de edifícios na Bélgica. No Brasil, em São Paulo, Rio de Janeiro, e Curitiba, é obrigatória a implementação de reservatórios de retenção de acordo com as respectivas disposições para minimizar os efeitos das inundações, e permitir o aproveitamento das águas pluviais.

## **4.2 LEGISLAÇÃO PORTUGUESA**

Da legislação nacional, destacam-se os diplomas legais, presentes no Anexo 2.

As referências legislativas mais directas sobre o assunto, mas que ainda são incipientes e que necessitam de uma maior abrangência, aprofundamento e clareza, são apresentadas seguidamente.

No Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos, no artigo 44.º referente à captação de água para rega, é referido: “3 - A captação de águas públicas, quando destinada, nomeadamente, a rega de jardins, espaços públicos e campos de golfe, será, sempre que possível, utilizada como complemento a outras origens de água, designadamente o aproveitamento de águas residuais urbanas devidamente tratadas para o efeito ou a reutilização das águas resultantes das escorrências da rega do próprio campo.”

Os sistemas de aproveitamento de água da chuva devem também respeitar as disposições que estão presentes no Decreto-Lei 23/95 de 23 de Agosto que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, nomeadamente nos seguintes artigos:

- Artº 4º: Simbologia e unidades;
- Artº 67º e seguintes da secção III: Reservatórios;
- Artº 73º e seguintes da secção IV: Instalações de bombagem;

- Artº 82º e seguintes do capítulo I, do Título III: Sistemas de distribuição predial de água:
  - Artº 82º Separação de sistemas;
  - Artº 83º Cadastro de sistemas;
  - Artº 84º Identificação das canalizações;
  - Artº 85º Prevenção de contaminação;
  - Artº 86º Utilização de água não potável.
- Artº 115º, nº4 e 5: Constituição dos sistemas;
- Artº 176º e seguintes da secção II: Bacias de retenção;
- Artº 206º: Sistemas de drenagem de águas pluviais;
- Artº 210º, 211º, 212º, 213º;
- Artº 225º e seguintes da secção III: Algerozes e caleiras;
- Artº 229º e seguintes da secção IV: Tubos de queda.

Existe nesta sequência de artigos pressupostos que poderão adaptar-se aos sistemas de aproveitamento das águas pluviais.

O Regulamento Geral das Edificações Urbanas aprovado pelo Decreto-Lei n.º38382/51 de 7 de Agosto relativamente às águas pluviais refere que:

- Artº 104º e 106º: As cisternas deverão ficar afastadas de possível contaminação e para além disso deverão tomar-se precauções quanto à infiltração de águas superficiais, ventilação e entrada de mosquitos, poeiras ou outras matérias nocivas. Para extrair a água só poderão ser usados sistemas que não possam ocasionar a inquinação da água. As cisternas deverão ser dotadas de dispositivos eficazes que impeçam a recolha das primeiras águas caídas da cobertura do prédio e que retenham a todo o momento quaisquer matérias sólidas arrastadas pela água.
- Artº 107º: Interdição de uso da água das cisternas para abastecimento de água para alimentação.

A Resolução da Assembleia da República n.º 10/2011, de 1 de Fevereiro, que recomenda ao Governo que tome a iniciativa de prever a construção de redes secundárias de abastecimento de água, com aproveitamento das águas pluviais, em edifícios, instalações e equipamentos públicos de grande dimensão, tendo em vista a sua utilização para usos e fins não potáveis.

O Projecto de Norma Portuguesa NP 4434 de 2004 “Reutilização de águas residuais urbanas tratadas na rega”, indica que a sua qualidade deve satisfazer os valores máximos recomendados (VMR) do anexo XVI do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de

Agosto. Nesta Norma as quantidades de metais pesados aplicadas anualmente ao solo não devem ultrapassar as quantidades máximas presentes no anexo III da Portaria nº 176/96 de 3 de Outubro, nem conduzir a valores das concentrações dos mesmos no solo superiores aos valores-limite do anexo I da mesma Portaria. Esta Portaria foi revogada pelo Decreto-Lei nº 118/2006 de 21 de Junho.

Especificação Técnica ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais)

ETA 0701 Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP)

Esta Especificação Técnica ANQIP (ETA) estabelece critérios técnicos para a realização de sistemas de aproveitamento de água pluvial (SAAP) das coberturas de edifícios, para fins não potáveis.

ETA 0702 Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

Esta Especificação Técnica ANQIP (ETA) estabelece as condições para a Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), executados de acordo com a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 (Bertolo e Simões, 2008).

A ETA 0701 pode ser consultada no *site* [www.ecoagua.pt](http://www.ecoagua.pt), separador legislação.

O novo Sistema Voluntário de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica de Produtos, desenvolvido pela ANQIP, no âmbito do Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, irá certificar o desempenho de equipamentos e dispositivos hídricos.

Face ao exposto, verifica-se a necessidade de existência de legislação enquadradora específica (e não apenas recomendações) para uma adequada e sustentável gestão dos recursos hídricos e do ciclo da água, não só ao nível do aproveitamento da água pluvial predial como também através do planeamento e gestão urbana com a utilização das bacias de retenção / infiltração para o abastecimento da água em usos não potáveis.

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e

de Drenagem de Águas Residuais e o Regulamento Geral das Edificações Urbanas deveriam ser revistos de modo a que sejam mais abrangentes e específicos, porque quem faz o projecto ou o licenciamento sobre este assunto ao nível do edificado tem ainda muitas questões sobre os procedimentos a realizar, acrescidas de dificuldades em tentar verter esta informação para regulamentos municipais, planos e operações urbanísticas. A Norma Portuguesa é referente à utilização de águas residuais domésticas tratadas na rega, que poderá ter uma indicação analógica para o aproveitamento das águas pluviais. A Especificação Técnica da ANQIP aplica-se ao aproveitamento pluvial predial mas não tem aplicação legal. Um maior desenvolvimento também deve ser dado ao aproveitamento de águas pluviais em bacias de retenção e aos aspectos como, o dimensionamento, as condicionantes, a qualidade da água e os usos não potáveis, a limitação do consumo de água potável em fins menos nobres, a certificação hídrica, os incentivos fiscais, a tarifa da água e outras taxas, entre outras temáticas.

## 5 CLIMA

Portugal continental possui um clima temperado mediterrâneo. A precipitação média anual em Portugal continental é da ordem de 960 mm; contudo a variabilidade espacial é grande, com valores extremos da ordem de 3 000 mm no Minho e de 500mm no Alentejo. Num ano, o número médio de dias com precipitação superior ou igual a 10 mm varia de entre 15 a 25 nas regiões costeiras a 50-65 nas regiões montanhosas (Plano Nacional da Água de 2010).

A precipitação é uma das componentes mais importantes do ciclo hidrológico. A barreira morfológica constituída pelas montanhas do Minho, Cordilheira Central e relevos que a prolongam para sudoeste, provocam precipitações elevadas nas regiões entre os rios Lima e Cávado apresentando, principalmente na vertente atlântica, valores elevados de precipitação anual média, na ordem dos 2 200 mm, chegando em alguns locais da Serra do Gerês a atingir valores próximos de 4000mm. A leste dos alinhamentos montanhosos do noroeste, a precipitação média desce para os 800 mm/ano e atinge os cerca de 500 mm/ano nos vales encaixados do rio Douro e seus principais afluentes. A Cordilheira Central da serra da Estrela provoca efeito semelhante, variando a precipitação entre os mais de 2 000 mm/ano na vertente atlântica e os 800 mm/ano a leste destes alinhamentos, descendo aos 600 mm/ano junto do vale do Tejo internacional. A região do rio Guadiana apresenta um valor de precipitação anual média ponderada, na ordem dos 570 mm, apresentando em algumas zonas valores de precipitação anual média inferior a 450mm. Em conjunto com o interior da bacia do rio Douro, esta é a região do Continente em que os valores de precipitação anual média são mais baixos (Figura 31) (Plano Nacional da Água de 2010).

Outra das características do regime de precipitação é a sua acentuada variabilidade mensal, verificando-se que cerca de 70 % da precipitação se concentra no semestre húmido, entre os meses de Outubro a Maio (Plano Nacional da Água de 2010). Os valores mais elevados de precipitação correspondem, de modo geral, aos meses de Dezembro e Janeiro e os mais baixos aos de Julho e Agosto (Instituto da Água, 2009b).

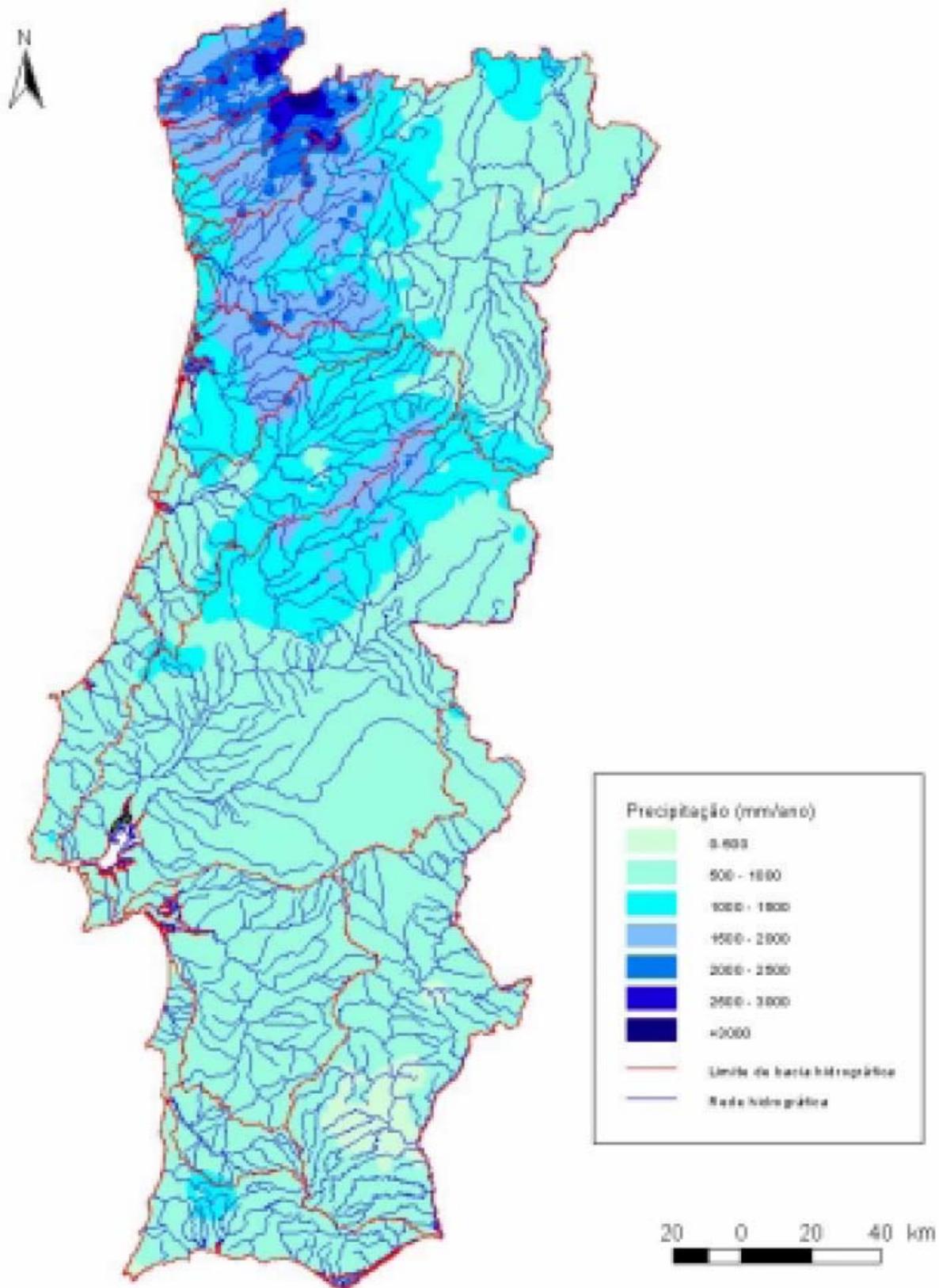


Figura 31 - Distribuição espacial da precipitação média anual  
 Fonte: (Plano Nacional da Água de 2010)

A temperatura anual média para o território do Continente é cerca de 14 °C. A norte da bacia hidrográfica do rio Tejo a temperatura média anual varia entre 10 °C, na bacia hidrográfica do rio Minho, e os 15 °C, na bacia hidrográfica do rio Douro. Em

contraste, a sul da bacia hidrográfica do rio Tejo a temperatura varia entre 15 °C, na bacia hidrográfica do rio Guadiana, e os 18 °C nas bacias hidrográficas das Ribeiras do Algarve. A temperatura média anual mais baixa do País, cerca de 8 °C, ocorre na Serra da Estrela, a noroeste da bacia hidrográfica do rio Tejo (Figura 32) (Plano Nacional da Água de 2010).

Verifica-se que, em termos gerais, a temperatura anual média evolui em sentido contrário ao da precipitação, aumentando de norte para sul e de oeste para este (Plano Nacional da Água de 2010). A variação sazonal da temperatura é também bastante acentuada, com temperaturas médias diárias entre os 8 °C e os 18 °C no Inverno, e entre os 16 °C e os 30 °C no Verão (Bertolo e Simões, 2008).

As regiões do interior são as mais afectadas pela seca e onde se verificam maiores amplitudes térmicas, enquanto que nas regiões do litoral observam-se maiores períodos de chuva. No norte registam-se precipitações mais elevadas e temperaturas mais baixas. A sul do rio Tejo fazem-se sentir as influências mediterrânicas, com Verões bastante quentes e prolongados, e Invernos curtos e de pouca pluviosidade.

A ilha da Madeira possui um clima de tipo temperado mediterrânico com temperaturas amenas e agradáveis todo o ano, enquanto os Açores apresentam um clima temperado marítimo com chuvas abundantes (Instituto da Água, 2009b).

O valor anual médio da evapotranspiração potencial em Portugal continental é de cerca de 1 100 mm e varia entre os 930 mm na bacia hidrográfica do rio Leça e os 1240 mm na bacia hidrográfica do rio Guadiana (Figura 33) (Plano Nacional da Água de 2010).

A relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial pode tendencialmente dar indicações de uma repartição climática do país. Uma primeira área que se pode considerar húmida, em que a precipitação excede a evapotranspiração potencial, corresponde sensivelmente às áreas situadas a norte do rio Tejo, excluindo a área do planalto mirandês. Uma segunda área, que se pode considerar sub-húmida, e que corresponde à quase totalidade do planalto mirandês, orla ocidental a sul do rio Tejo e barrocal. Uma terceira área, que se pode considerar árida, em que a relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial é inferior a 0,5, e que corresponde à quase totalidade da bacia hidrográfica do rio

Guadiana, a este da bacia hidrográfica do rio Sado, orla meridional e áreas localizadas na parte jusante do vale do rio Sabor (Plano Nacional da Água de 2010).

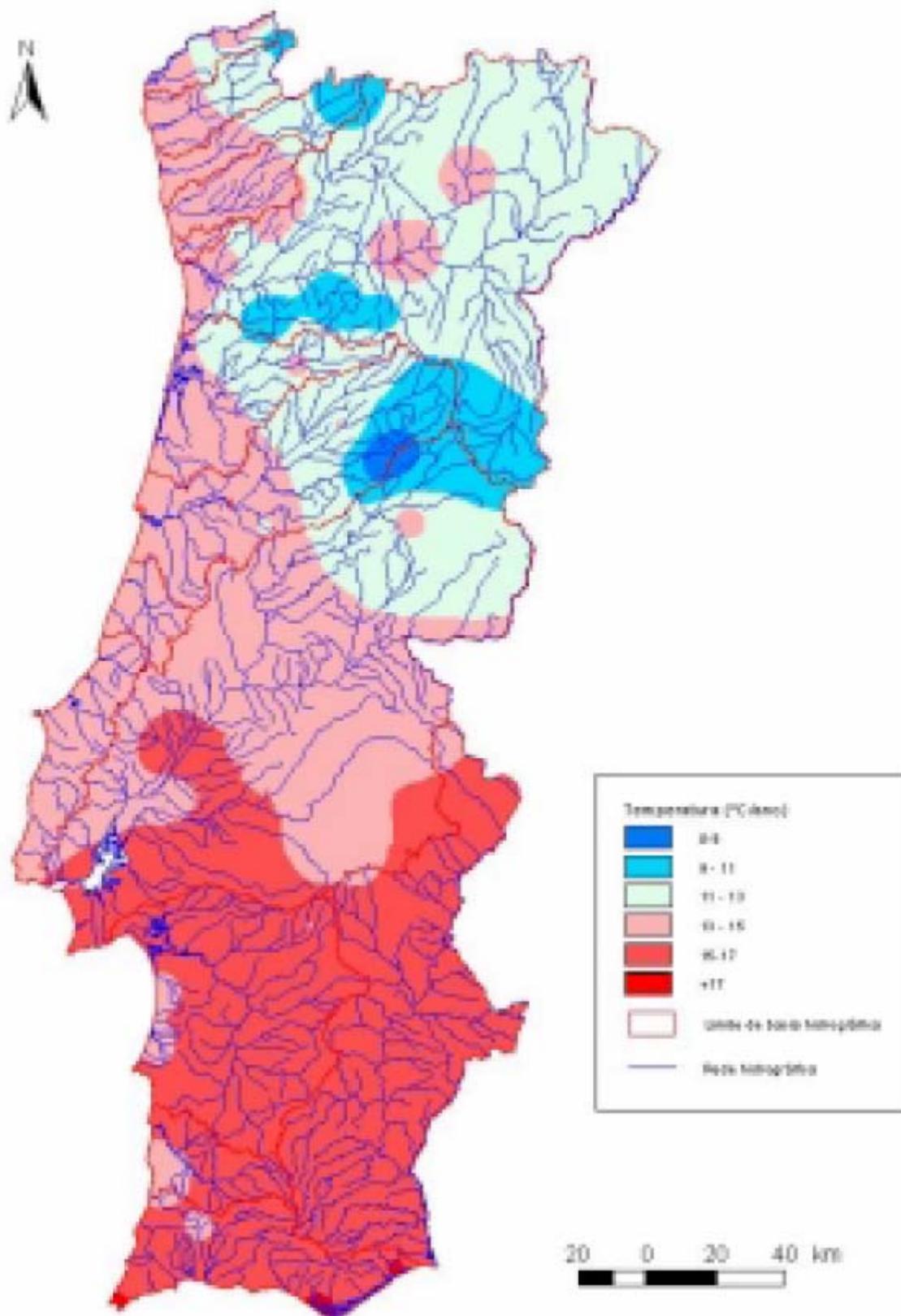


Figura 32 - Distribuição espacial da temperatura anual média em Portugal continental no período 1941/42 a 1990/91  
Fonte: (Plano Nacional da Água de 2010)

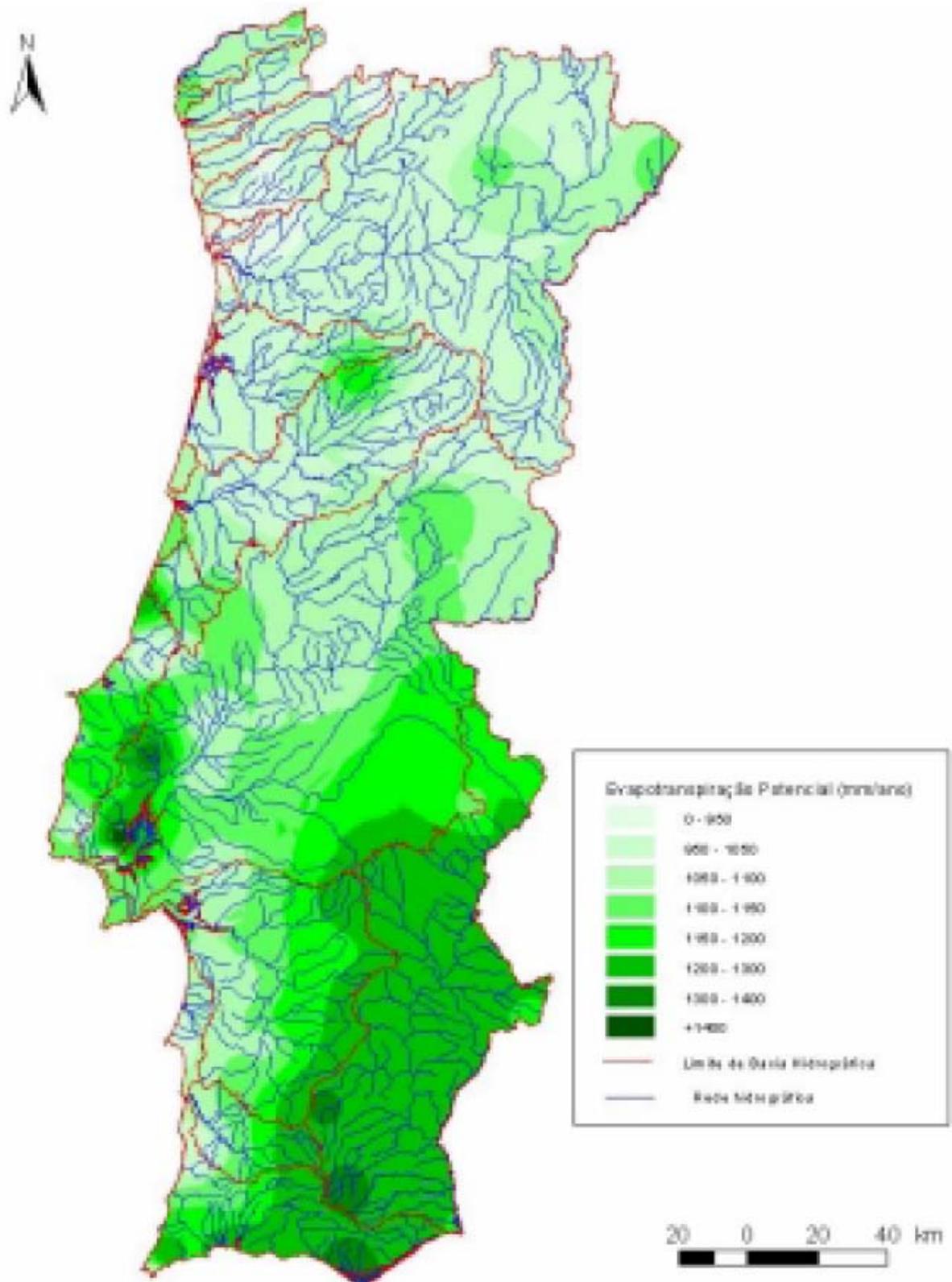


Figura 33 - Distribuição espacial da evapotranspiração potencial anual média em Portugal continental no período 1941/42 a 1990/91  
 Fonte: (Plano Nacional da Água de 2010)

A variabilidade climática de Portugal induz situações de seca. No período de 1940/41 a 1994/95 destaca-se a seca de 1943/44-1944/45, a que está associado um período de retorno de 50 anos no norte do país e de 400 anos no sul. Outros

períodos de seca incluem 1974/75-1975/76, o final da década de 80 e início da década de 90 (Plano Nacional da Água de 2010).

A mesma irregularidade climatérica em Portugal provoca situações de pluviosidade intensa que dão origem a problemas de cheias e de inundações. Os problemas de cheias e de inundação estão associados a fenómenos climatéricos extremos que ocorrem de forma natural, face a uma deficiente capacidade de vazão dos cursos de água, por vezes originada por construções junto a linhas de água, e também à ocupação das zonas de inundação natural dos cursos de água (Plano Nacional da Água de 2010).

## **5.1 ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS**

De um modo simplificado, pode considerar-se o clima como definido por um conjunto de estatísticas da atmosfera global ou limitada a determinada região, calculadas sobre a colectividade de estados instantâneos (estado de tempo) ocorridos num determinado período (com duração de cerca de 30 anos). No período considerado, os estados de tempo constituem anomalias de maior ou menor amplitude, as quais se vão reflectir não nos valores médios mas sim na variância e nos valores extremos.

Se os climas relativos a períodos de tempo diferentes forem significativamente distintos do ponto de vista estatístico, diz-se que teve lugar uma mudança ou variação climática. Se as causas de uma variação do clima forem independentes da actividade humana (causas naturais) a mudança climática designa-se por variabilidade climática. Se a variação observada do clima for consequência da actividade humana, modificadora da composição da atmosfera à escala global, a mudança climática designa-se por alteração climática. A variabilidade climática diz-se forçada se for devida a alterações dos mecanismos forçadores do sistema (como o oceano, a alteração da actividade solar, ou de parâmetros orbitais da Terra) e diz-se livre se resultar da dinâmica interna do sistema, de natureza irregular, instável ou caótica. Uma variação natural do clima pode no entanto ser consequência de ambos os mecanismos. Uma mudança de clima pode resultar da acção conjunta de causas naturais e da actividade humana, factores que não são necessariamente independentes. Se, à mudança observada, se subtrair a componente devida apenas a causas naturais (“ruído climático”), obter-se-á a alteração climática, de origem antropogénica (“sinal climático”) (Plano Nacional da Água de 2010).

A actividade humana, principalmente a crescente utilização de combustíveis fósseis e a desflorestação, tem contribuído para um rápido e substancial aumento das concentrações atmosféricas em dióxido de carbono e em outras substâncias absorventes da radiação infravermelha, i.e. de gases com efeito atmosférico de estufa (como o metano, óxido nitroso, hexafluoreto de enxofre, substâncias depletoras da camada de ozono), que vão originar um aumento da temperatura média global (aquecimento global provocado pela actividade humana) (Plano Nacional da Água de 2010).

Durante o último século, sobre a Península Ibérica, a temperatura média anual aumentou cerca de 1,6 °C, tendo os anos mais quentes sido os de 1989, 1995 e 1997. O referido aumento da temperatura média distribuiu-se desigualmente pelas estações invernal e estival, às quais corresponderam variações médias de aproximadamente 2 °C e 1,4 °C (Plano Nacional da Água de 2010).

No que respeita à evolução da precipitação de Inverno (Dezembro a Fevereiro) no último século, verifica-se a existência de uma tendência negativa sobre a Península Ibérica, em particular a partir de 1980; secas de Inverno, relativamente rigorosas, observaram-se em 1988/89, 1991/92 e 1992/93; a referida tendência negativa observa-se também nas restantes estações do ano. Em Portugal continental, é visível o decréscimo pronunciado da precipitação, no mês de Março. Deve acentuar-se que as tendências observadas não podem ainda considerar-se como sendo consequência exclusiva da actividade humana, isto é, as anomalias referidas podem ser parcialmente devidas à variabilidade natural do clima da Península Ibérica (Plano Nacional da Água de 2010).

Às variações observadas da temperatura e precipitação estão associadas a alterações no ciclo hidrológico, quer na Península Ibérica, quer em Portugal. Aquelas alterações resultam de anomalias verificadas no ciclo anual da precipitação (manifestadas na forma como os totais anuais se distribuem pelos doze meses do ano, nas quantidades de precipitação mensal, nos números de dias com precipitação em cada mês e na intensidade da precipitação), e de anomalias térmicas condicionantes da evaporação e, conseqüentemente da humidade do solo; estas variações vão, por seu turno, reflectir-se no escoamento superficial e na recarga dos aquíferos subterrâneos (Plano Nacional da Água de 2010).

À escala global, os últimos resultados apresentados pelo Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas (IPCC) apontam para uma subida da temperatura média global entre 1,4 a 5,8 °C até 2100, consoante o cenário de emissão de gases considerado. A incerteza associada às previsões da precipitação é maior e não se distribui igualmente por todas as regiões do globo. Embora se preveja um aumento global da precipitação, poderão vir a ocorrer diminuições de precipitação em várias regiões (nomeadamente para as regiões a mais baixa latitude) (Plano Nacional da Água de 2010).

Em Portugal foi previsto, pela utilização de modelos, para variações entre 1960-90 a 2030-64, que a temperatura média mensal deverá aumentar ao longo de todo o ano, no Verão na ordem dos 3 a 4 °C, e um aumento de cerca de 2 °C no Inverno (Plano Nacional da Água de 2010).

As estimativas para a precipitação já não são tão concordantes, mas a maioria dos modelos prevê uma diminuição da precipitação média anual entre os 5 e os 15 % no norte do País, podendo atingir uma redução de 30 % no sul do País (Plano Nacional da Água de 2010).

No norte e centro de Portugal pode ocorrer uma subida da precipitação mensal de cerca de 10 % no Inverno, acompanhada por uma descida para o resto do ano, da ordem dos 20 a 30 % entre Junho a Outubro. No sul os resultados são dispares no Inverno, mas apontam para uma diminuição da precipitação acima dos 30 % no Verão. A análise dos valores diários mostra que a quantidade de dias com precipitação superior a 10 mm tende a ser menor, o que evidencia a tendência para a concentração dos fenómenos pluviosos no Inverno (Plano Nacional da Água de 2010).

Relativamente aos impactes das alterações climáticas nas disponibilidades de água, foi estimado que, na região norte e centro do País, o escoamento não sofra alterações significativas. O aumento da precipitação no Inverno poderá provocar um aumento dos escoamentos mensais entre Novembro a Abril inferior a 10 %, mas nos restantes meses do ano poderá observar-se uma diminuição até 30 % devida ao aumento da evapotranspiração e da diminuição da precipitação no Verão. No sul deverá verificar-se uma redução do escoamento em todos os meses do ano, que poderá ser superior a 40 % nos meses de Verão (Plano Nacional da Água de 2010).

No que respeita às águas subterrâneas, a diminuição da precipitação e o aumento da temperatura deverão conduzir a uma diminuição da recarga de aquíferos. A subida do nível das águas do mar relacionado com as alterações climáticas poderá originar problemas de intrusão salina nalguns sistemas aquíferos costeiros e uma consequente diminuição da sua qualidade.

É ainda previsto um aumento de perdas de água por evaporação nas albufeiras e canais de irrigação.

As alterações climáticas poderão ainda afectar a qualidade da água dos meios hídricos através da modificação sazonal do regime de precipitação e do escoamento assim como do aumento da temperatura da água. Estas alterações poderão diminuir a capacidade de renovação do meio hídrico, sobretudo nos períodos secos que se estimam mais prolongados. Acresce que o aumento da temperatura da água provocará uma diminuição do teor de oxigénio na água e uma aceleração das velocidades de reacção entre os constituintes da água. Consequentemente poderá ainda ocorrer um aumento da taxa de produtividade biológica que conduzirá a um aumento da eutrofização. Estes efeitos deverão ter uma maior expressão no sul do País, onde se prevê um maior aumento da temperatura e diminuição da precipitação (Plano Nacional da Água de 2010).

Os ecossistemas sofrerão as consequências das alterações da qualidade da água e do aumento da temperatura da água. Os que se situam perto das zonas costeiras poderão sofrer os efeitos de uma intrusão de água salgada devido à subida do nível médio do mar.

O aumento da intensidade e frequência de cheias e inundações poderá resultar da concentração da precipitação nos meses de Inverno. Esta tendência é mais provável nas bacias hidrográficas da região norte do País, para as quais são previstas subidas relevantes nos caudais mensais de Inverno. A previsão de diminuição do número de dias com precipitação superior a 10 mm associada ao aumento ou manutenção da precipitação média anual reforça este cenário. Para além disso, a diminuição da capacidade de vazão dos troços dos cursos de água poderá ainda decorrer da subida do nível médio do mar (Plano Nacional da Água de 2010).

As alterações climáticas também poderão ter influência no aproveitamento de águas

pluviais dado que a concentração da precipitação terá efeitos na capacidade do sistema de armazenamento. Para além disso, devido ao aumento da temperatura e da evaporação, a temperatura da água, a sua qualidade e os sistemas de retenção e armazenamento a céu aberto deverão originar maiores impactes na disponibilidade de água pluvial para as eventuais necessidades / usos / consumos não potáveis.

O concelho de Lisboa, segundo a Agência Portuguesa do Ambiente, emite por ano cerca de 16 939 ton de CO<sub>2</sub> por Km<sup>2</sup> (dados de 2005), sendo ultrapassado apenas pelos concelhos industrializados de Gondomar, Setúbal, Matosinhos, Sines e Barreiro (este último emitindo 74 753 ton/Km<sup>2</sup>) a nível nacional, o que é indicativo do contributo significativo de Lisboa ao nível dos GEE (Gases com Efeito de Estufa), tendo em conta que a indústria é um sector pouco expressivo neste concelho (Partidário *et al.*, 2010).

De acordo com trabalhos desenvolvidos pela Lisboa e-nova, e na sequência dos consumos energéticos, os edifícios são os que maior peso têm para a emissão de CO<sub>2</sub>, logo seguido do sector dos transportes, que são responsáveis por 45 % das emissões totais de CO<sub>2</sub> (Figura 34) (Partidário *et al.*, 2010).

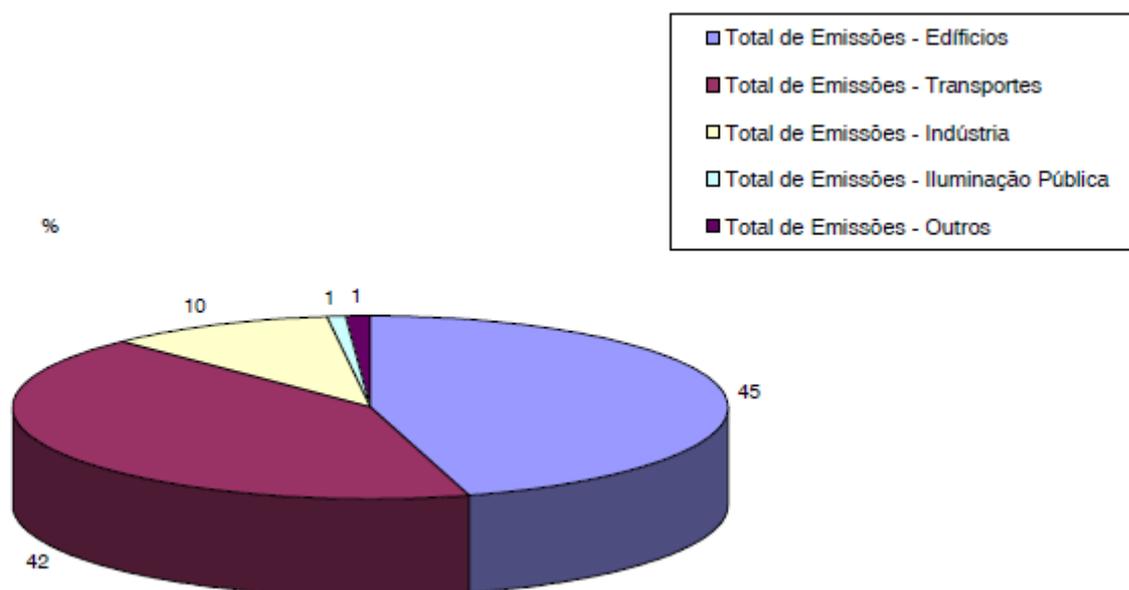


Figura 34 - Percentagem do total de emissões de CO<sub>2</sub>, em 2005, por tipo de utilização.

Fonte: (Partidário *et al.*, 2010)

Na Revisão do Plano Director Municipal de Lisboa foram determinadas estratégias em matéria de diminuição das emissões de GEE, que se articulam de forma a promover o aumento da eficiência energética da cidade, como a promoção de uma rede de mobilidade suave, em particular da rede pedonal e ciclovia, privilegiando a

utilização de transportes colectivos, que permitirá uma redução do consumo energético proveniente dos transportes e das emissões de GEE geradas pelo uso excessivo do transporte individual (Partidário *et al.*, 2010).

No âmbito da aposta em novas polaridades urbanas salienta-se a oportunidade criada pela potenciação de novas centralidades funcionais. Esta estratégia pode vir a contribuir para aumentar a eficiência energética inerente ao sistema de transportes e conseqüentemente a redução das emissões de GEE, na medida em que promove a concentração de actividades económicas e melhora o acesso a equipamentos, optimizando as necessidades de deslocação (Partidário *et al.*, 2010).

As estratégias de consolidação e incremento da Estrutura Ecológica Municipal, em articulação com a rede ecológica metropolitana, com promoção da continuidade e complementaridade dos sistemas naturais em território urbano, como os espaços verdes públicos constituem igualmente oportunidades importantes, uma vez que valorizam o potencial de sequestro de carbono. Simultaneamente, estas estratégias podem contribuir para melhorar o conforto bioclimático da estrutura urbana, combatendo o efeito da “ilha de calor”, reduzindo a vulnerabilidade da população a situações de temperatura extrema, que poderão ser potenciadas pelas alterações climáticas. Desta forma, o aumento da superfície verde na cidade representa um importante contributo para a adaptação às alterações climáticas (Partidário *et al.*, 2010).

A estratégia de conservação ou adaptação de áreas ou soluções permeáveis, nos mecanismos de execução da urbanização, para qualquer ocupação, prevista ou existente, minimizam o risco de vulnerabilidade territorial a inundações e efeitos de maré, ao mesmo tempo que se evita e controla a localização de edifícios e a expansão urbana naquelas zonas de risco, de forma a promover o equilíbrio da estrutura hidrológica do concelho. Seria importante a realização de um estudo sobre a capacidade de infiltração e escoamento da cidade face a diferentes cenários de pluviosidade como medida de adaptação às alterações climáticas (Partidário *et al.*, 2010).

As questões de eficiência energética constituem uma preocupação internacional, expressa a nível nacional através do Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética, tendo o município de Lisboa desenvolvido a Estratégia Energético-

Ambiental e a Carta Estratégica para Lisboa. A concretização desta estratégia municipal passa pela adopção de práticas de planeamento territorial, como a diminuição da intensidade energética, designadamente através da promoção da eficiência energética em edifícios novos e existentes, na iluminação pública e estruturas urbanas. O Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação de Lisboa (RMUEL) detalha os parâmetros de construção sustentável a seguir e atribui créditos de construção às operações urbanísticas que assegurem medidas que utilizem energias renováveis e reduzam a intensidade energética. De realçar ainda o Programa de eficiência energética no Espaço Público e em Edifícios e a realização de um estudo sobre o potencial de produção de energia renovável em Lisboa (Partidário *et al.*, 2010).

Todas estas estratégias são importantes para a diminuição das emissões de GEE, e consequentemente para a mitigação das alterações climáticas, contribuindo para a concretização do compromisso assumido no âmbito do Pacto dos Autarcas, que prevê a redução em 20 % das emissões de GEE em Lisboa até 2020 (Partidário *et al.*, 2010).

## **5.2 CLIMA EM LISBOA**

Na análise das principais características climáticas que influenciam o município de Lisboa, tem-se como elementos climáticos individualizados a temperatura, a precipitação, o vento, o nevoeiro e a nebulosidade, inseridos nos registos obtidos do Instituto de Meteorologia (IM), para as estações presentes em Lisboa, mais concretamente as estações meteorológicas automáticas do Instituto Geofísico e da Av. Almirante Gago Coutinho / Aeroporto. Em Lisboa, o IM dispõe ainda das Estações Automáticas Urbanas de Alvalade, Baixa, Benfica, Estrela e da Estefânia. O período temporal em estudo compreendeu cerca de 30 anos, 1961 a 1990 (CML-DMPU-DPU, 2009).

Genericamente, Lisboa é influenciada por um clima temperado, do tipo mediterrâneo, caracterizado por um Verão quente e seco e pela concentração da maior parte da precipitação no período entre Outubro e Abril. É caracterizado por apresentar (CML-DMPU-DPU, 2009):

- uma temperatura média anual da ordem dos 16 °C, com mínimos a ocorrerem durante os meses de Novembro a Março (com médias mensais oscilando entre os 10 e os 14 °C) e máximos nos meses de Abril a Outubro (com médias mensais a

variarem entre os 19 e 23 °C), apesar dos meses mais quentes (especialmente Julho e Agosto) registarem valores mais elevados;

- valores extremos de temperatura mínima (chegando a atingir valores negativos) ou máxima (com valores superiores a 40 °C);
- valores médios anuais de precipitação da ordem dos 650 mm aos 760 mm, com máximos mensais a registarem-se durante os meses de Novembro (com 160 mm) a Fevereiro, e mínimos nos meses de Julho e Agosto (valores de 3 a 7 mm);
- maior número de dias com trovoadas de Novembro a Março (entre 0,8 e 1,2 dias de trovoadas por mês).
- ventos predominantes do quadrante norte (N), embora os rumos noroeste (NO) e nordeste (NE) apresentem igualmente algum significado;
- ventos predominantes de norte durante a época de Verão, ventos de nordeste na estação de Inverno e ventos de sudoeste, oeste e noroeste durante as estações intermédias;
- reduzido número de registo de situações de nevoeiro. Estes momentos ocorrem especialmente nos meses de Dezembro e Janeiro;
- nebulosidade durante todo o ano, com maior intensidade durante o período de Inverno, onde se registam 10 a 15 dias por mês com nebulosidade de índice 8 (num intervalo compreendido entre 0 a 10).

Um dos problemas climáticos mais comuns nas cidades estão associados à componente térmica, por exemplo através do efeito da ilha de calor urbano, e à circulação do ar / ventilação.

A ilha de calor é uma modificação climática induzida pelo Homem, que ocorre em meio urbano como resultado cumulativo de modificações na cobertura do solo e na composição da atmosfera, devida ao desenvolvimento urbano e actividades antrópicas, e que pode ter consequências no desconforto térmico, na saúde, na qualidade do ar, no consumo energético e da água. As principais causas da ilha de calor urbano são os reflexos entre edifícios, nomeadamente devido aos materiais de construção e cobertura do solo, o tráfego, o metabolismo dos organismos vivos, a inserção energética, a atmosfera mais poluída, a redução da velocidade do vento, a redução da evapotranspiração e da transferência de fluxo turbulento de calor latente, devido à diminuição da cobertura vegetal e extensão das superfícies impermeabilizadas nas áreas urbanas (Alcoforado *et al.*, 2006).

O vento desempenha um papel fundamental no ambiente climático das cidades, promovendo o necessário arejamento, particularmente as brisas do mar ou do estuário, que transportam ar fresco e húmido do oceano e/ou do estuário do Tejo, contribuindo para um arrefecimento significativo da cidade, e actuando positivamente no conforto térmico e saúde. Assim, um vento moderado pode maximizar o conforto térmico de Verão, evitando o aquecimento excessivo da cidade em ocasiões de vagas de calor. No entanto, no Inverno, um vento forte actua como factor desfavorável no conforto térmico da população. Quanto ao conforto mecânico estabeleceu-se que o início do desconforto mecânico ocorre com ventos de velocidade superior a 5 m/s (Alcoforado *et al.*, 2006).

O relevo constitui um primeiro factor condicionante da ventilação, ao qual deve ser acrescentada a rugosidade aerodinâmica, dependente da morfologia urbana. O mapa dos climatopos define áreas da cidade com características físicas homogéneas (considerando o relevo e a morfologia urbana) e que potencialmente apresentarão uma resposta climática semelhante (Quadro 2 e Figura 35) (Alcoforado *et al.*, 2006).

Quadro 2 - Caracterização dos climatopos

Unidade	Tipo de ocupação	Classes de ventilação	% da cidade ocupada	Principais áreas na cidade	Comportamento aerodinâmico	Comportamento térmico
1	Elevada densidade de ocupação	Vertentes Planalto Sul de Lisboa Topos	15	Área central Benfica Luziar	Alta rugosidade ( $\sigma \geq 1m$ ); forte redução da velocidade média do vento	Ilha de calor muito frequente e de intensidade máxima
2	Espaços desocupados ou de fraco nível de ocupação (média e baixa densidade)	Vertentes Planalto Sul de Lisboa Topos	19	Área oriental Benfica Belém/Alcântara Espaços intersticiais próximos do centro	Rugosidade média ou baixa ( $\sigma = 0.5 - 1m$ ); redução moderada da velocidade média do vento	Ilha de calor moderada
3	Espaços verdes (E.V. - excluindo E.V. não arborizados no Planalto Norte de Lisboa)	Vertentes, Planalto Sul de Lisboa, Planalto Norte de Lisboa (E.V. arborizados), Topos	19	Monsanto, Parque Eduardo VII e Cidade Universitária	Variável (dependente da arborização)	Áreas frescas (tanto de dia como de noite)
4	Elevada densidade de ocupação	Planalto Norte de Lisboa	2	Periferia Norte	Alta rugosidade ( $\sigma \geq 1m$ ); forte redução da velocidade média do vento	Ilha de calor moderada
5	Densidade média de ocupação	Planalto Norte de Lisboa	16	Periferia Norte	Rugosidade média ou baixa ( $\sigma = 0.5 - 1m$ ); redução moderada da velocidade média do vento	Variável ou ilha de calor moderada
6	Espaços desocupados ou de baixa densidade de ocupação	Planalto Norte de Lisboa	14	Periferia Norte	Baixa rugosidade ( $\sigma < 0.5$ ); fraca redução da velocidade do vento	Variável
7	Diversa	Frente ribeirinha exposta às brisas	10	Áreas ribeirinhas oriental e meridional	Diversa; áreas particularmente expostas às brisas	Dependente da exposição e da direcção do vento
8	Diversa	Fundos de vale	6	Diversa	Diversa; áreas de canalização do vento; drenagem de ar frio em noites de arrefecimento radiativo	Condições extremas (dependentes da ocupação)

Fonte: (Alcoforado *et al.*, 2006)

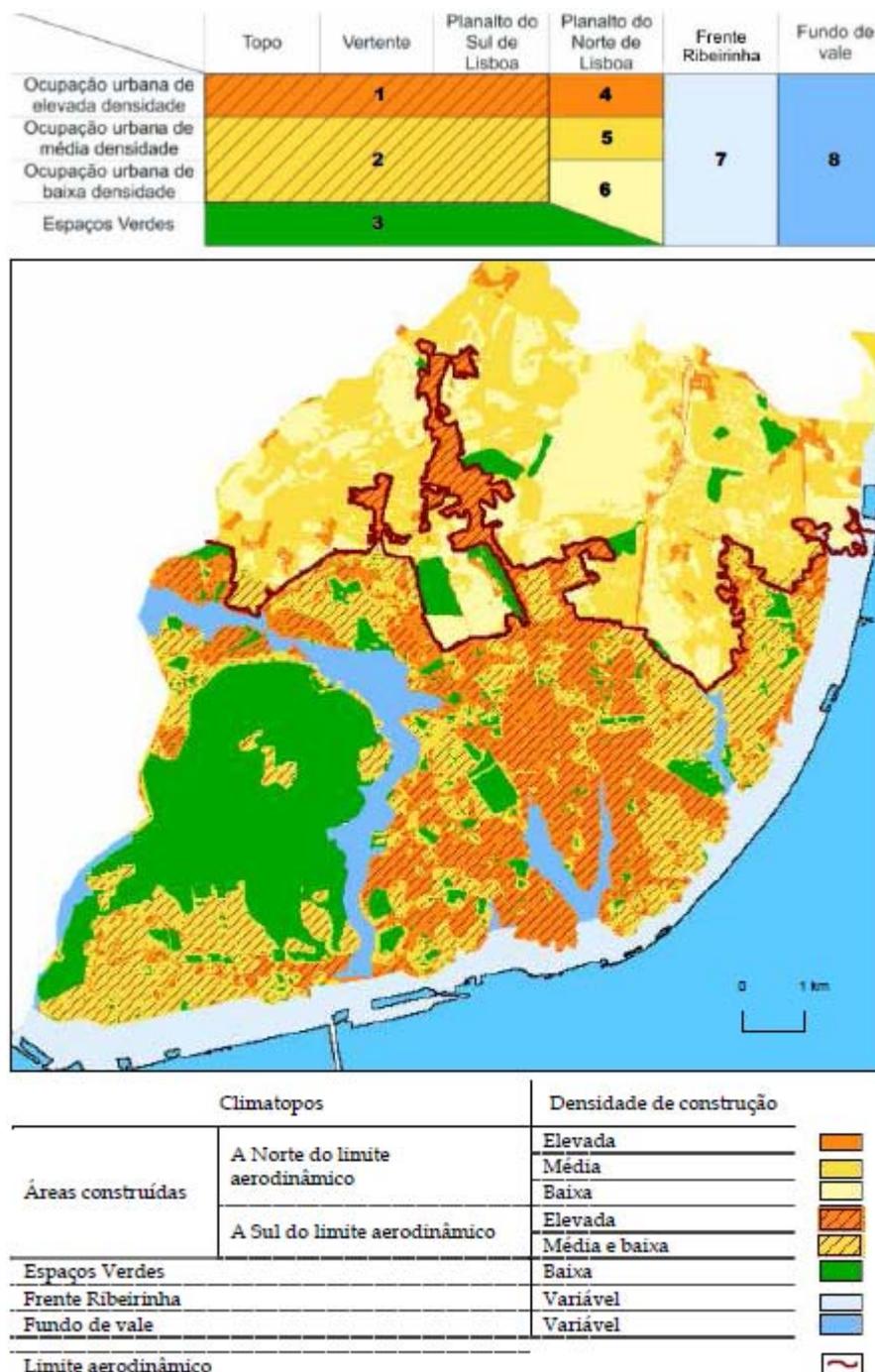


Figura 35 – Climatopos de Lisboa.  
 Fonte: (Alcoforado *et al.*, 2006)

Em Lisboa, foram propostas várias orientações climáticas (medidas que possam contribuir para mitigar ou melhorar as componentes do clima urbano) de modo a mitigar a ilha de calor urbano e as suas consequências, a melhorar as condições de ventilação e a qualidade do ar.

No caso em que as estações do ano são contrastadas, como em Lisboa, a ilha de calor urbano poderá ser vantajosa durante o Inverno (contribuindo para um menor consumo energético para aquecimento). Pelo contrário, no Verão, está na origem de

desconforto térmico, com possível agravamento das situações extremas de vagas de calor e do aumento de consumo energético para o arrefecimento dos edifícios. O conforto pode ser indirectamente determinado através de índices bioclimáticos, um dos quais a temperatura fisiológica. Do ponto de vista económico, em cidades com clima do tipo Mediterrâneo verificou-se que a poupança de energia para aquecimento no Inverno é menor do que as despesas extra para o arrefecimento durante o Verão, acrescida da consequente libertação de mais CO<sub>2</sub> para a atmosfera (Alcoforado *et al.*, 2006).

As orientações climáticas são equacionadas face a flutuações e variações do clima, que apontam para um aumento da temperatura do ar, do desconforto bioclimático e para um aumento da frequência dos fenómenos extremos. Numa situação de aquecimento global, os custos de uma cidade sobreaquecida podem aumentar devido ao incremento da mortalidade, associada a vagas de calor (como as duas recentes vagas de calor estival, em 2003 e 2004), à necessidade de arrefecimento dos edifícios ou dos espaços públicos, à poluição oxidante e ao consumo de água (Alcoforado *et al.*, 2006).

Na melhoria da ventilação no espaço urbano, as medidas diferem bastante em função da escala considerada. Se, por um lado, é necessário criar corredores de ventilação que facilitem a circulação dos ventos na cidade, por outro, é necessário que, no interior dos bairros, existam áreas abrigadas, sobretudo se forem destinadas a lazer no exterior ou se forem locais de passagem frequente.

A disposição dos elementos construídos, quanto à altura, espaçamento e disposição condiciona quer o balanço de radiação (e consequentemente as condições térmicas), quer as condições de ventilação, as quais também influenciam o campo térmico urbano.

Uma morfologia urbana caracterizada por prédios altos com ruas estreitas, reduz a fracção de céu visível e modifica o balanço radiativo, diminuindo a radiação global (efeito de sombra) e a radiação reflectida, além de incrementar a retenção da radiação infra-vermelha ao nível das ruas. Um aumento da densidade urbana tem também uma influência negativa sobre as condições de ventilação (Alcoforado *et al.*, 2006).

Os espaços verdes desempenham um importante papel na promoção de condições bioclimáticas favoráveis, contribuindo para o arrefecimento da cidade, através do efeito de sombra e da evapotranspiração, e para atenuar a poluição atmosférica urbana. No interior dessas áreas, o tipo de vegetação, a topografia, a presença de planos de água e algumas construções podem proporcionar condições microclimáticas muito diversificadas. Estima-se que seja necessária uma dimensão mínima aproximada de 8 ha para que um espaço verde influencie razoavelmente, em termos térmicos, as áreas urbanas envolventes; contudo, áreas verdes de menores dimensões podem trazer outros benefícios microclimáticos importantes às áreas urbanas (Alcoforado *et al.*, 2006).

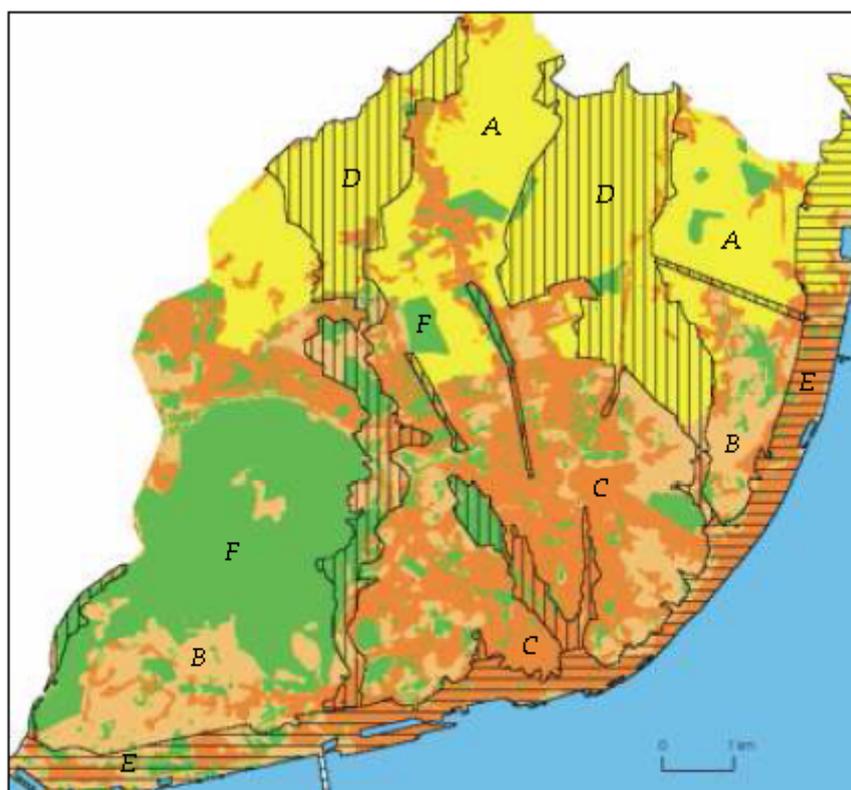
Poder-se-á controlar a temperatura de superfície, seleccionando materiais em função das suas características físicas como o albedo, a condutibilidade térmica e a capacidade calorífica. O revestimento das coberturas dos edifícios com material impermeabilizante de cor escura contribui fortemente para a absorção de radiação e para o sobreaquecimento estival no interior dos edifícios, assim como, para o aumento da ilha de calor urbano de superfície, sendo por isso desaconselhado (Alcoforado *et al.*, 2006).

Foram ainda definidas algumas orientações concretas para cada um dos grupos de climatopos definidos (Figura 36).

No norte da cidade (A), foi delimitada uma extensa área com baixa ou média densidade de construção e, em relação à qual se define, a manutenção de baixos níveis de densidade de construção e a criação de extensas áreas verdes; pretendendo-se, para além de manter a qualidade climática da área, impedir que o aumento da construção venha a prejudicar as condições de ventilação e a qualidade do ar (Alcoforado *et al.*, 2006).

No sul da cidade, em relação às áreas de média e alta densidade de construção (B e C) e nas quais os impactes negativos do clima urbano (ilha de calor e degradação das condições de ventilação e da qualidade do ar) são mais evidentes, foi proposto evitar densificar a construção e aumentar a altura dos edifícios, manter ou aumentar a área verde de forma a contribuir para o arrefecimento das superfícies e do ar, através do aumento da evapotranspiração, proporcionando condições microclimáticas favoráveis, e adoptar soluções construtivas que atenuem o

aquecimento urbano, sobretudo através da escolha adequada dos materiais de construção e de cobertura (Alcoforado *et al.*, 2006).



A		Área de fraca densidade de construção do Norte de Lisboa
B		Áreas construídas de média densidade
C		Áreas construídas de alta densidade
D		Corredores de ventilação
E		Frente ribeirinha
F		Espaços verdes

Figura 36 - Delimitação das áreas para as quais são definidas orientações climáticas para o ordenamento urbano

Fonte: (Alcoforado *et al.*, 2006)

Foram também delimitados uma série de corredores de ventilação (D), de orientação aproximada N-S, correspondentes a faixas relativamente desocupadas, existentes no norte da cidade e a grandes eixos viários que se prolongam pelos vales a sul da cidade, com uma certa continuidade espacial e que agregam diferentes climatopos. A sua principal função é a de permitir a continuação da penetração dos ventos dominantes de N e NW a NE até ao centro da cidade, através da existência de áreas abertas (incluindo espaços verdes não arbóreos ou pouco densos), alongadas no sentido daqueles ventos para facilitar a condução dos ventos regionais e contribuir para melhorar a qualidade do clima e do ar. Pretendeu-se igualmente, maximizar a

penetração das brisas do estuário do rio Tejo no sector oriental de Lisboa, em que elas são menos velozes e menos espessas (Alcoforado *et al.*, 2006).

A frente ribeirinha (E) foi delimitada pela curva de nível de 20 m de altitude, que reflecte a necessidade de salvaguardar a penetração das brisas do rio Tejo e do Oceano na cidade, que é variável em função da sua intensidade e do vento regional. As brisas são importantes factores de arrefecimento da atmosfera urbana e conforto térmico, durante o Verão, pelo que esta área, que representa a faixa de maior exposição, deverá permitir a livre circulação das brisas, através de um adequado ordenamento das construções (nomeadamente da sua orientação em relação à margem do rio, impedindo a construção de edifícios altos ou médios paralelos à margem do Tejo), sendo igualmente de evitar a plantação de manchas arbóreas densas nessas áreas (Alcoforado *et al.*, 2006).

Os espaços verdes (F) além de modificarem o seu próprio clima, originando condições mais frescas do que as do espaço construído envolvente, permitem criar no interior dos mesmos uma estrutura diversificada e um mosaico variado de microclimas. Os espaços verdes (sobretudo os de média ou grande dimensão) podem também influenciar o clima de áreas construídas próximas. Considerou-se por isso desejável manter ou aumentar a área ocupada por vegetação com uma estrutura diversificada (Alcoforado *et al.*, 2006).

O balanço hídrico para Lisboa será desenvolvido no capítulo 12 onde se poderá observar a distribuição temporal da precipitação e evaporação das duas estações meteorológicas clássicas de Lisboa, bem como o défice e o superávit hídrico, importante para averiguar a disponibilidade de água pluvial.



## 6 PERMEABILIDADE DO SOLO

O conhecimento do valor da permeabilidade do solo, em termos geológicos, torna-se necessário no dimensionamento de órgãos de infiltração de águas e na avaliação da vulnerabilidade das águas subterrâneas à poluição.

A permeabilidade do solo à água (também designada por condutividade hidráulica (K) ou ainda por coeficiente de permeabilidade) é igual à taxa de infiltração (também designada por capacidade de infiltração) quando o solo está saturado (ENGIDRO *et al.*, 1989), excluindo a impermeabilização resultante da ocupação urbana.

O Quadro 3 indica valores de condutividade hidráulica -K- (permeabilidade) para alguns meios porosos.

Quadro 3 - Valores da condutividade hidráulica (permeabilidade), K, de alguns solos típicos, para a água à temperatura de 20 °C

Tipos de solos	Condutividade hidráulica K	
	m/s	m/dia (valor aproximado)
Argila	$\leq 10E-8$	$\leq 10E-3$
Silte	$10E-7$ a $5 \times 10E-6$	$10E-2$ a 0,5
Areia siltosa	$10E-6$ a $2 \times 10E-5$	0,1 a 2
Areia fina	$10E-5$ a $5 \times 10E-5$	1 a 5
Areia (mistura)	$10E-5$ a $5 \times 10E-4$	5 a 10
Areia grossa	$10E-4$ a $10E-2$	10 a $10E3$
Burgau limpo	$\geq 10E-2$	$\geq 10E3$

Fonte: (Lencastre e Franco, 1992)

No Quadro 4 apresentam-se valores síntese para taxas de infiltração obtidos num conjunto de testes realizados. Nestes valores considerou-se o teor em humidade e o grau de compactação do solo.

Quadro 4 - Taxas de infiltração realizadas para solos com diferentes condições de compactação

Tipo e condições dos solos	n.º de testes	Taxa média de infiltração (m/h)
Arenosos não-compactados	36	0,42
Arenosos compactados	39	0,064
Argiloso, seco e não compactado	18	0,22
Todos os restantes solos argilosos (compactado e seco e com todas as condições de saturação)	60	0,018

Fonte: (LNEC, 2002)

Na abordagem da permeabilidade do solo, em Lisboa, serão apresentados diferentes itens inter-relacionados que a seguir se descrevem.

Na Figura 37 apresenta-se a Carta Geotécnica do concelho de Lisboa, que inclui uma classificação das diferentes formações geológicas superficiais de acordo com parâmetros de ordem geotécnica (densidade, compactidade, entre outros). Estão representadas as formações de cobertura constituídas por aluviões e materiais de aterro (essencialmente areno-argilosas e lodoso-arenosas) e as formações de substrato (essencialmente constituídas por calcários, argilas e arenitos), com diferentes grau de resistência e consolidação (Matos *et al.*, 2007a).

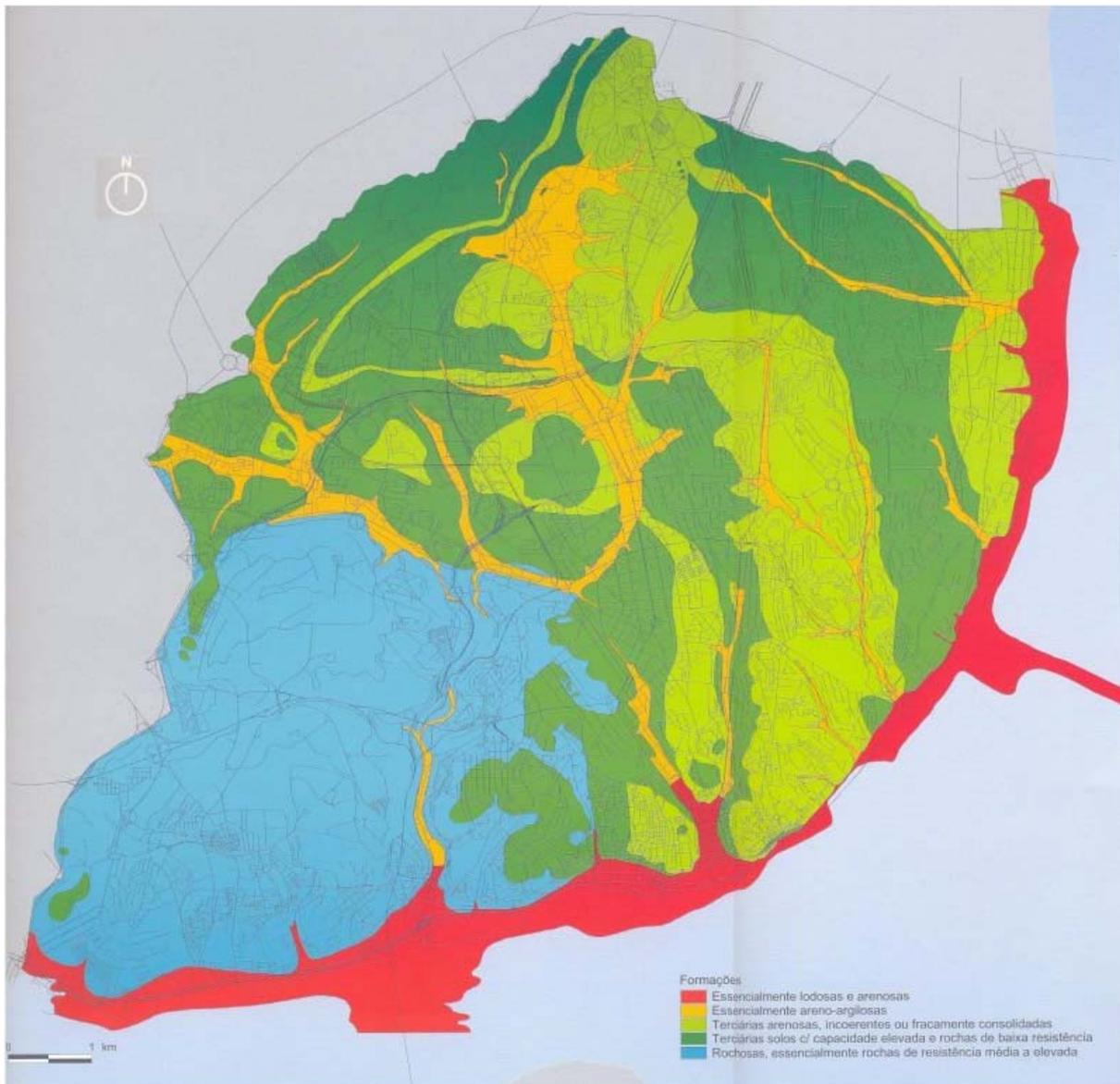


Figura 37 – Carta Geotécnica de Lisboa (CML, 2001)  
Fonte: (Matos *et al.*, 2007a)

A Carta Geológica encontra-se representada na Figura 38.

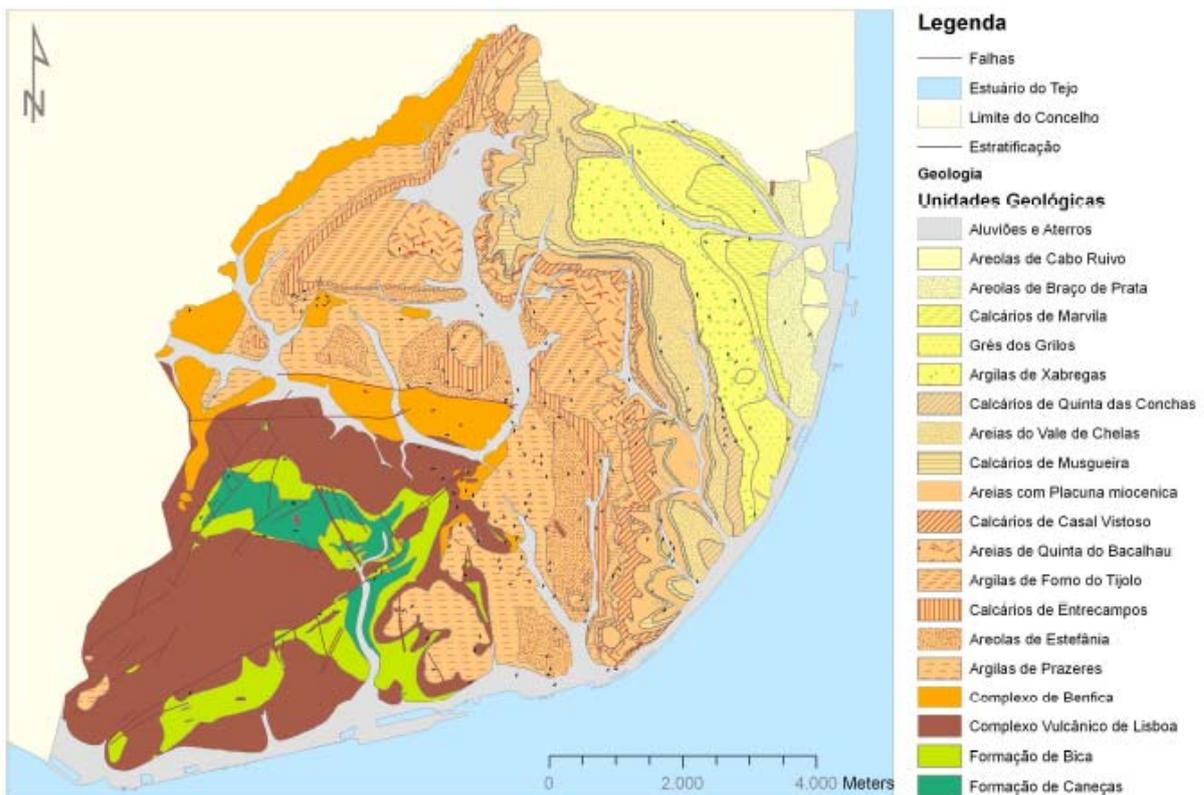


Figura 38 - Carta Geológica do Concelho de Lisboa  
 Fonte: (CML, 2010c)

A Carta do Tipo de Solos pode ser visualizada na Figura 39. As classes dos Tipos de Solos foram constituídas de acordo com a textura e composição de cada formação geológica (CML, 2010c).

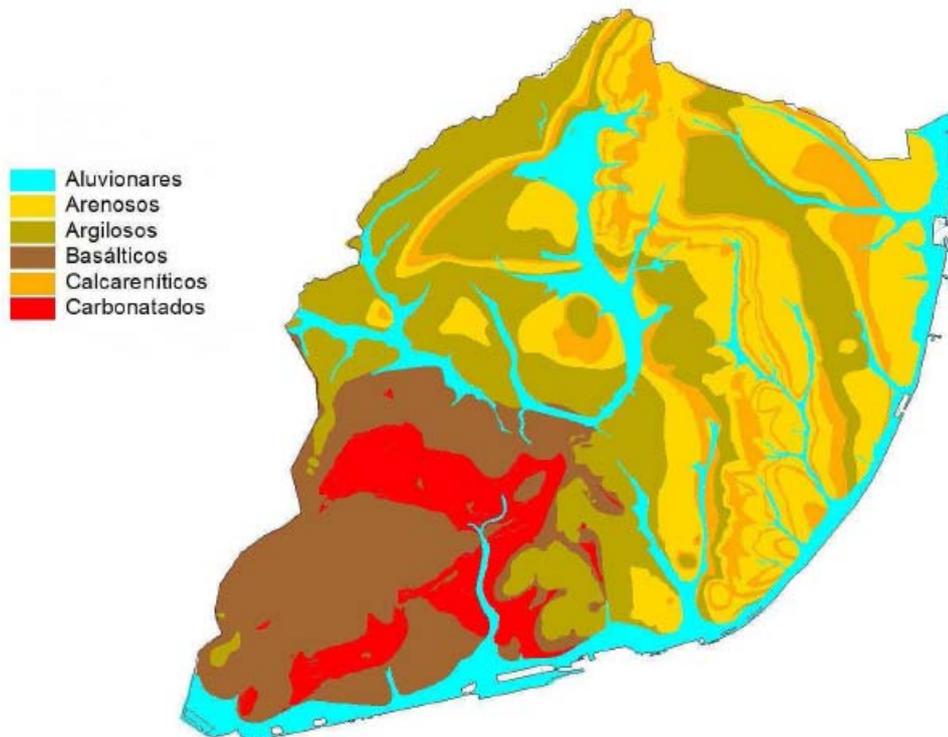


Figura 39 - Carta de Tipos de Solos do Concelho de Lisboa  
 Fonte: (CML, 2010c)

A carta seguinte ilustra a permeabilidade do solo (Figura 40).

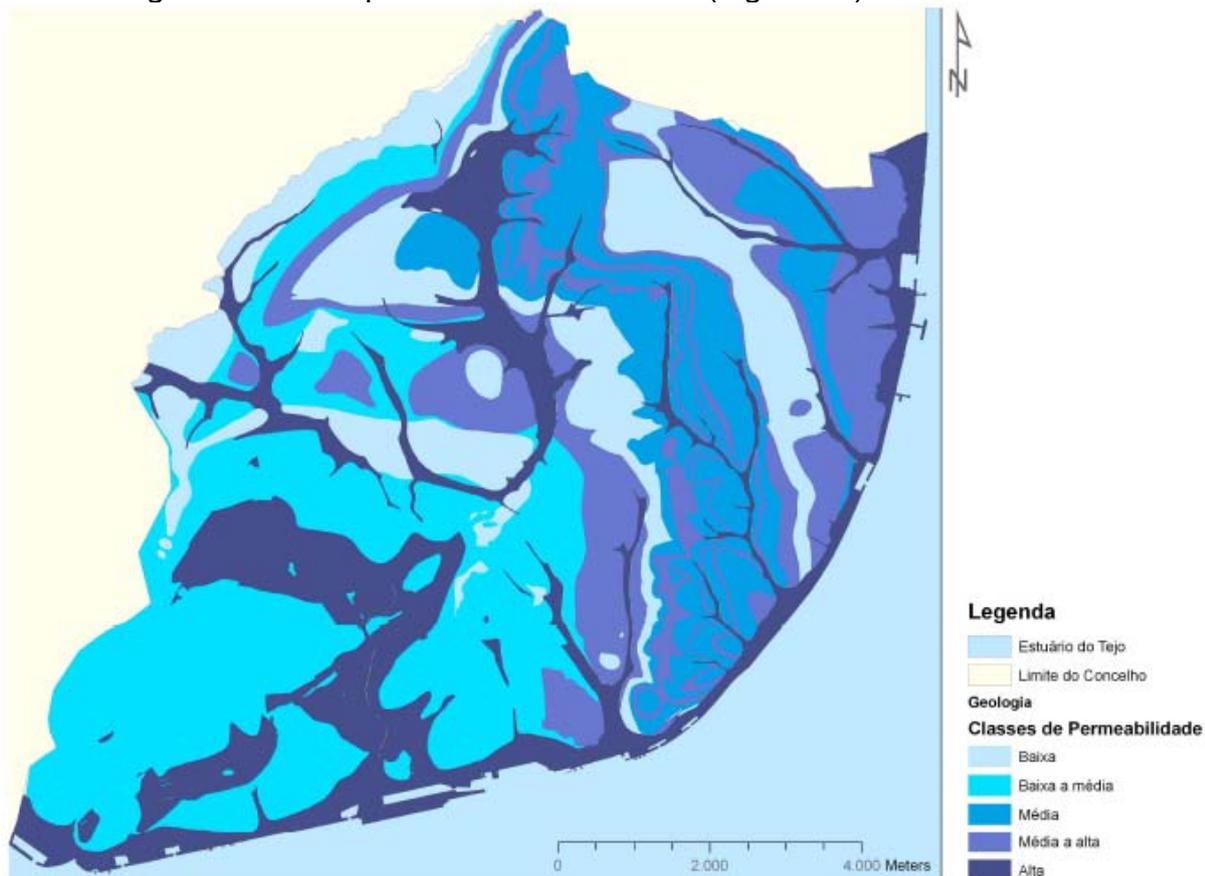


Figura 40 - Carta de Permeabilidades do Concelho de Lisboa  
 Fonte: (CML, 2010c)

As classes de permeabilidade foram constituídas de acordo com a textura e composição de cada formação geológica. Às permeabilidades altas correspondem as formações calcárias cretácicas, aluviões e aterros. Às permeabilidades baixas correspondem as formações mais ricas na componente argilosa (CML, 2010c). Em termos percentuais pode-se efectuar a seguinte correspondência (Quadro 5).

Quadro 5 - Classes de permeabilidade e respectivos intervalos das percentagens

Classes Permeabilidade	Intervalos de percentagens (%)
Baixa	0 - 20
Baixa a Média	20 - 40
Média	40 - 60
Média a Alta	60 - 80
Alta	80 - 100

## 7 ESCOAMENTO SUPERFICIAL NO MEIO URBANO DE LISBOA

O coeficiente de escoamento  $C$  ou o coeficiente de redução global do método racional generalizado, tal como definido no artigo 129.º do Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto, que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais é a razão entre a precipitação útil que dá origem a escoamento e a precipitação efectiva que cai dentro da bacia e que pode ser estimado através do anexo X daquele Decreto Regulamentar. As relações gráficas deste anexo encontram-se de modo análogo na Figura 41.

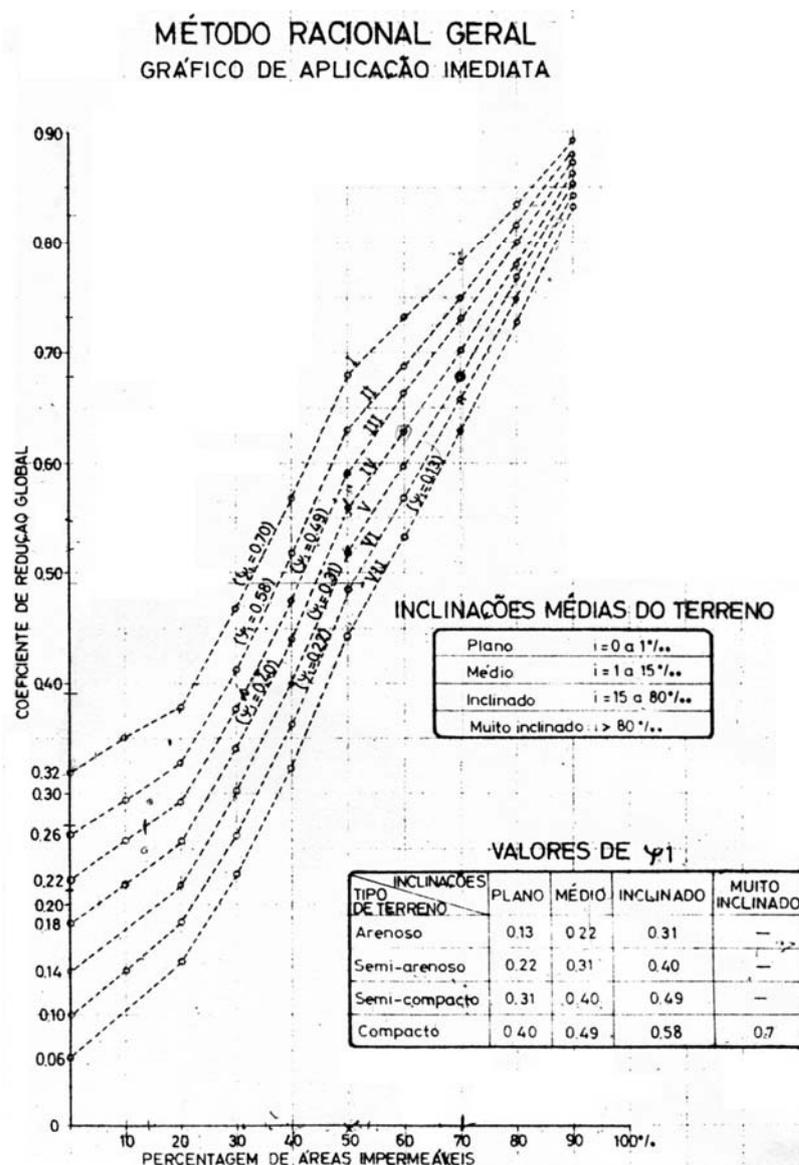


Figura 41 - Cálculo expedito do coeficiente de redução global do método racional generalizado.

Fonte: (Costa *et al.*, 2004) e Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto

Seguidamente serão abordados diferentes factores que interferem no coeficiente de escoamento C ou coeficiente de redução global do método racional generalizado.

Um desses factores são os aspectos topográficos que poderão ser seguidamente sistematizados e ilustrados nas Figuras 42 e 43 (Matos *et al.*, 2006):

- A altitude média do concelho é de 76 m, variando entre 2 m, na zona ribeirinha, e 230 m, em Monsanto. De particular interesse é a área com cota abaixo dos 5 m, devido à influência de maré na capacidade de escoamento da rede de drenagem. Cerca de 6,1 % da área do concelho situa-se abaixo da cota 5 m, a que acresce mais 2,4 % entre 5 e 10 m.

- O declive médio do terreno no concelho de Lisboa é 9 %, existindo zonas com declives superiores a 25 %. Cerca de 17 % da área do concelho tem declives inferiores a 2 %, nomeadamente a zona baixa e ribeirinha, junto ao Tejo.

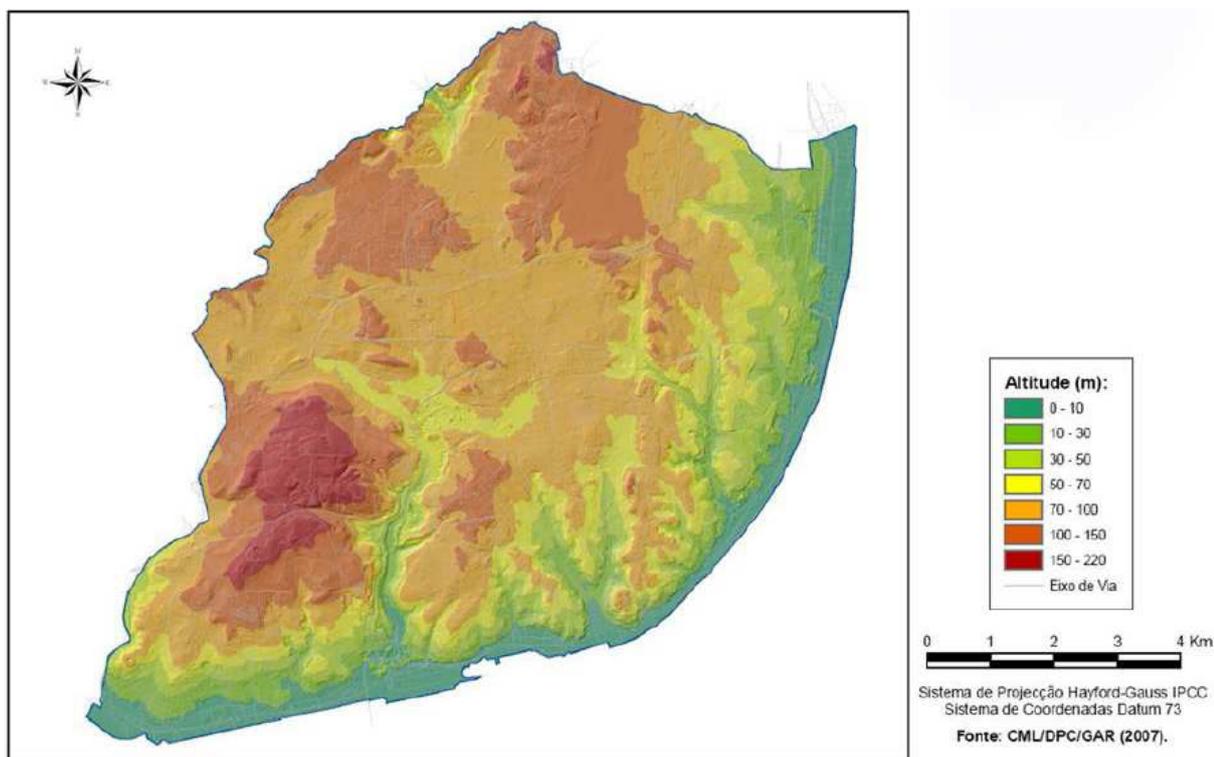


Figura 42 - Carta hipsométrica  
Fonte: (CML, 2010c)

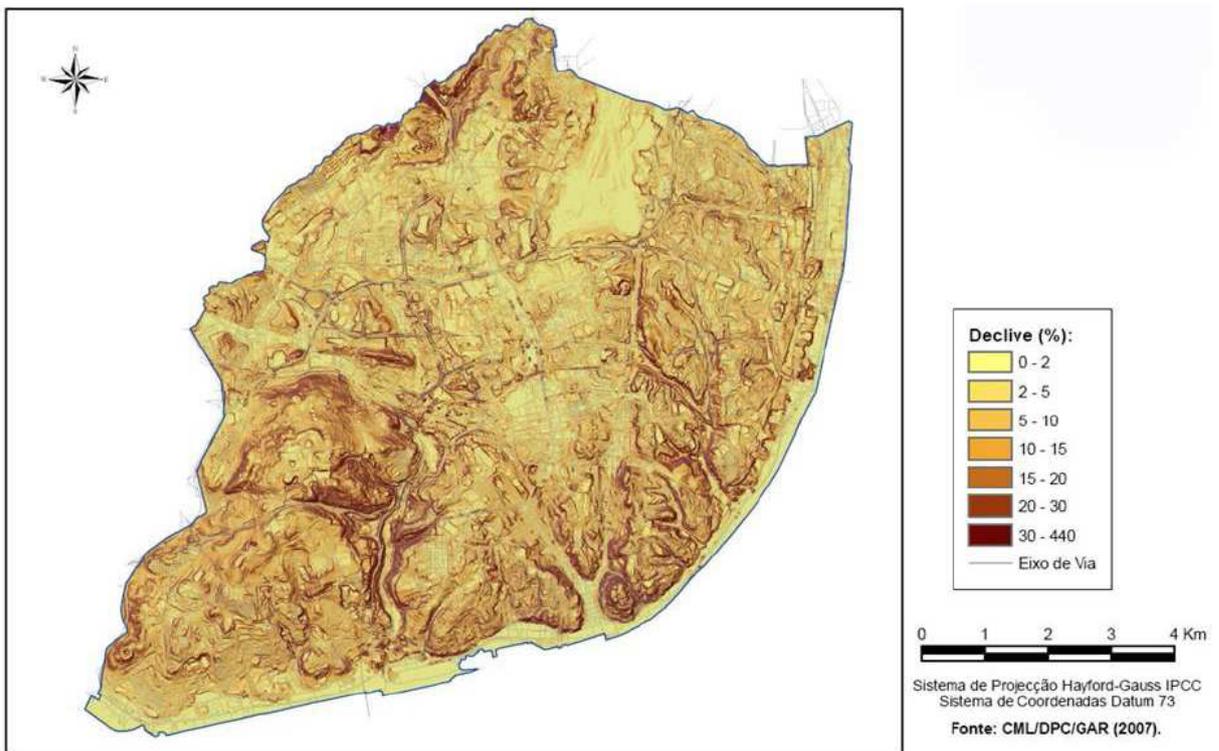


Figura 43 - Carta de declives  
Fonte: (CML, 2010c)

Como complemento, na Figura 44 pode-se observar as principais ribeiras de Lisboa e suas bacias hidrográficas numa planta elaborada em 1899 (Farinha, 1993).

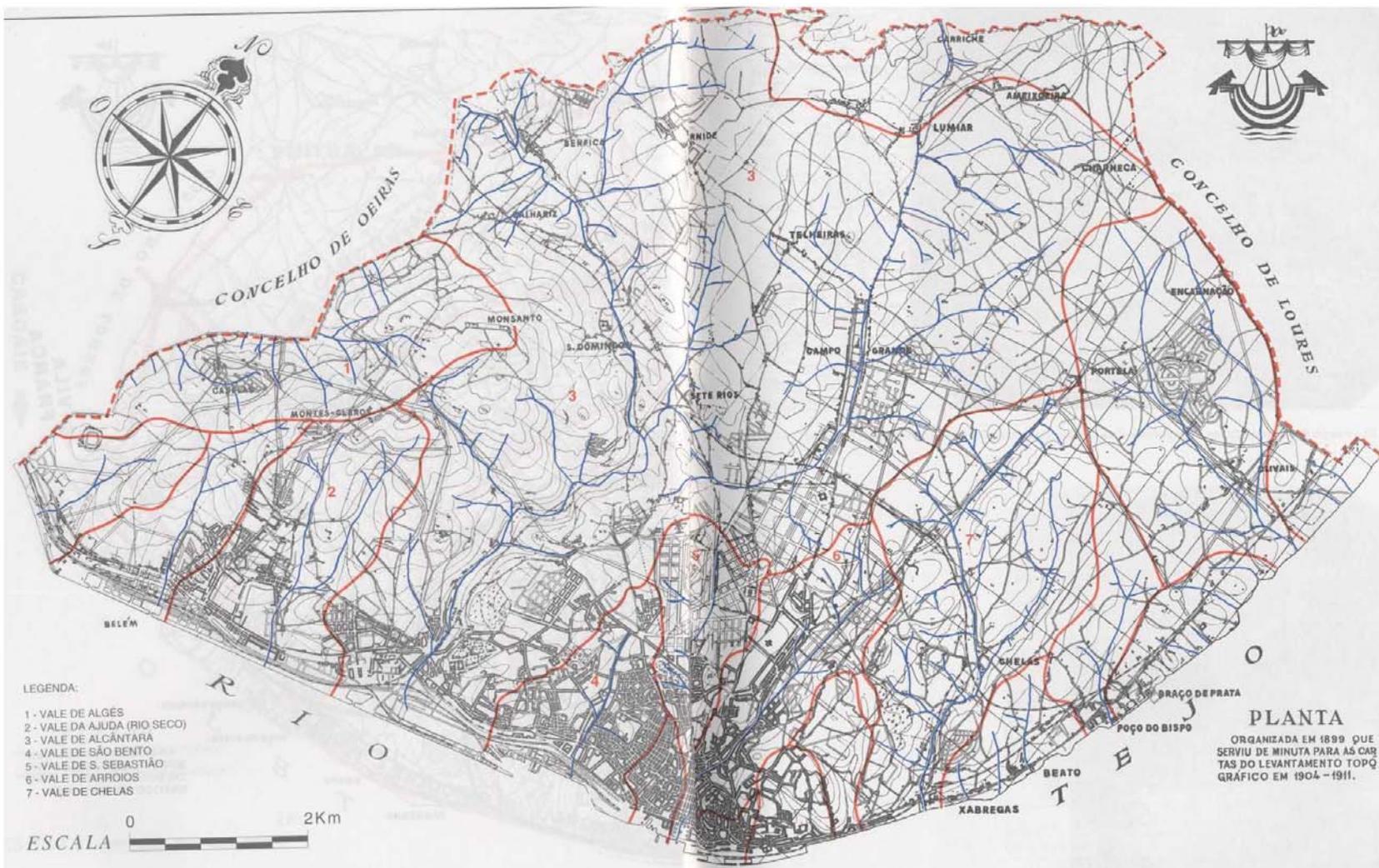


Figura 44 - Antigas ribeiras de Lisboa e suas bacias hidrográficas.  
Fonte: (Farinha, 1993)

Na Figura 45 pode-se observar a delimitação das bacias hidrográficas. A secção de referência utilizada para a delimitação das bacias hidrográficas foi o ponto de confluência da respectiva linha de água com o rio Tejo.

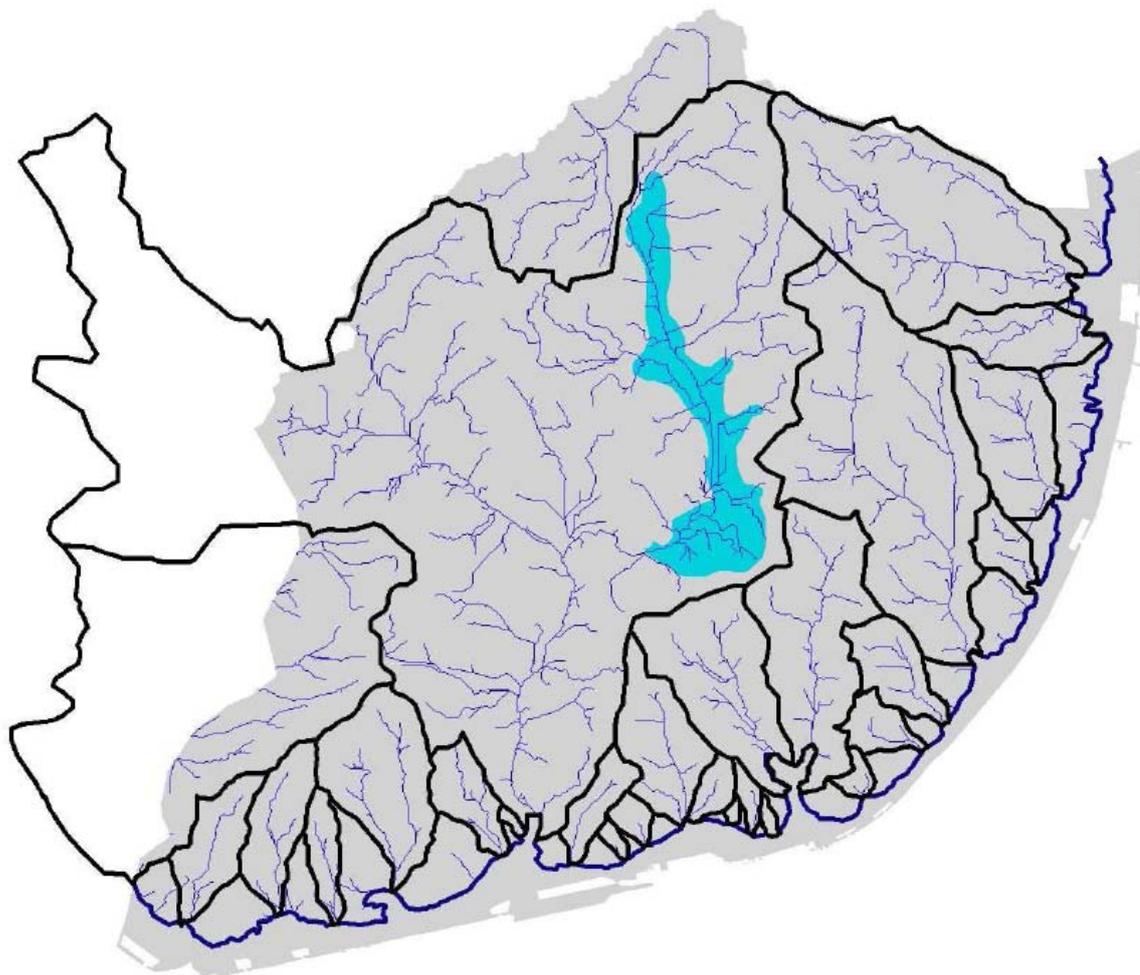


Figura 45 - Bacias hidrográficas de Lisboa.  
Fonte: (CML, 2010c)

A rede hidrográfica do concelho de Lisboa distribui-se pelas principais bacias hidrográficas que desaguam no Rio Tejo: Alcântara, onde é drenada toda a água pluvial desde o concelho da Amadora (Serra da Mina); Valverde (Av. da Liberdade); Arroios (Av. Almirante Reis); Terreiro do Paço; Chelas; Marvila; Olivais; Beirolas, localizada no extremo oriental do concelho; Frielas / Loures, localizada no topo norte do concelho, nas freguesias de Carnide, Lumiar, Ameixoeira e Charneca, onde a drenagem é efectuada para fora de Lisboa; Alfragide / Algés, localizada no extremo poente do concelho, nas freguesias de Benfica e S. Francisco Xavier, onde a drenagem é efectuada para o exterior de Lisboa (CML, 2010c).

Na sequência da Figura anterior, a Estrutura Ecológica Fundamental Provisória em 2008 inclui (Figura 46): o sistema de corredores estruturantes, o sistema húmido

(áreas correspondentes a linhas de água e áreas adjacentes), as zonas de transição fluvial-estuarina (que integra a superfície de contacto entre o fluxo proveniente dos sistemas naturais de drenagem pluvial e linhas de água afluentes e o fluxo proveniente do estuário do Tejo), e o património natural (geomonumentos, fitomonumentos e quintas históricas) (CML-DMPU-DPU, 2009) e (CML, 2010c). A Figura 47 apresenta a Estrutura Ecológica Integrada, proposta na revisão do PDM de Lisboa de Julho de 2009.

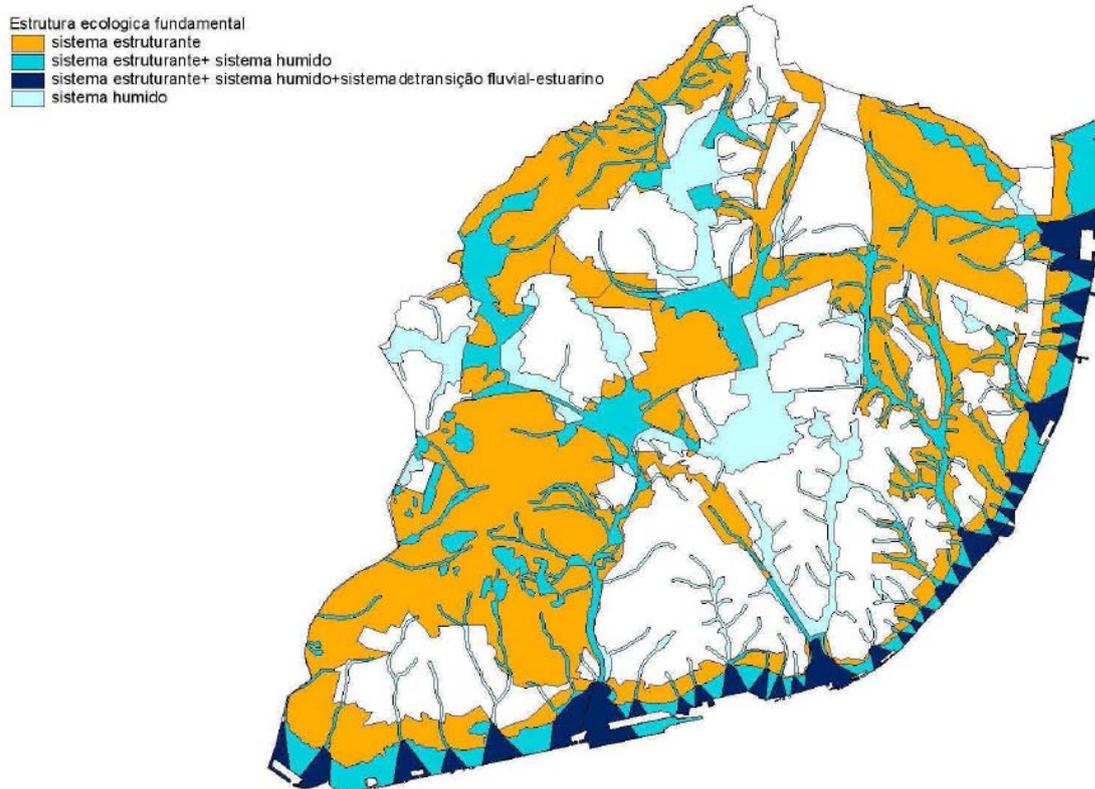
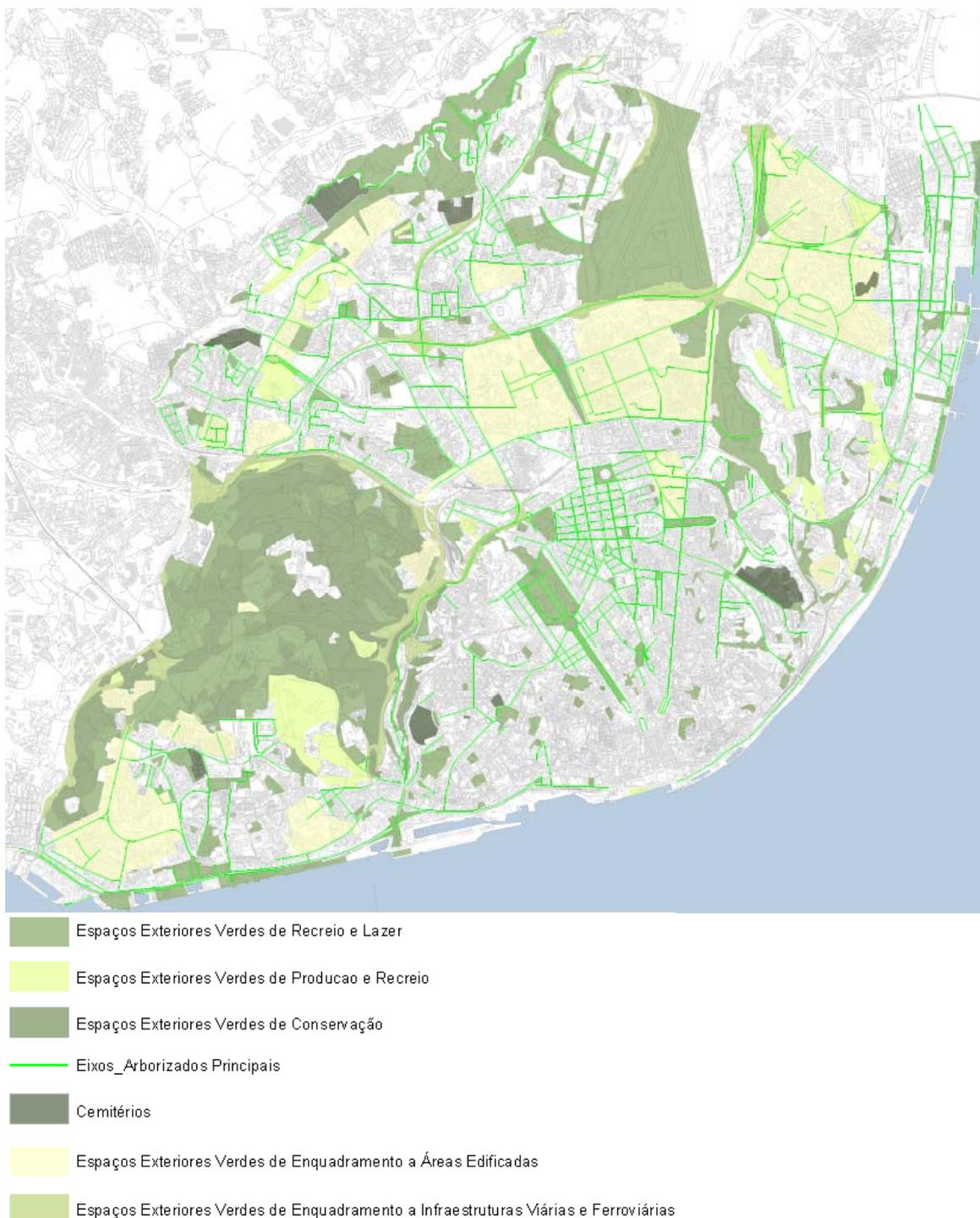


Figura 46 – Estrutura Ecológica Fundamental Provisória em 2008  
Fonte: (CML-DMPU-DPU, 2009)



**Figura 47 – Estrutura Ecológica Integrada**

Fonte: Plano Director Municipal – Planta de Ordenamento – Estrutura Ecológica – Estrutura Ecológica Integrada – Proposta Preliminar – Julho 2009.

No Plano Director de 1994 foram incluídos na categoria “Áreas Verdes de Produção, Recreio, Lazer e Pedagogia” as áreas de produção agrícola, hortas urbanas, viveiros municipais e ainda os casos específicos da Quinta Pedagógica dos Olivais e o Parque Ecológico de Monsanto. O conhecimento adicional desta categoria é importante não só para a verificação do coeficiente de escoamento, mas também para a avaliação da potencial utilização de águas pluviais na rega.

As hortas urbanas podem ser classificadas como Hortas Sociais, Hortas de Recreio, Hortas de Recreio Colectivas e Hortas Pedagógicas (CML-DMPU-DPU, 2009).

Nas Hortas Sociais, de uso individual ou familiar, o principal objectivo é satisfazer as necessidades alimentares de pessoas e/ou famílias de poucos recursos, ou contribuir para o respectivo rendimento através da eventual venda de produtos. Em Lisboa são as mais frequentes.

Nas Hortas de Recreio, também de uso individual ou familiar, o principal objectivo prende-se com o recreio dos utentes, cuja residência se encontra nas proximidades.

As Hortas de Recreio Colectivas, de uso colectivo por grupos de moradores, têm como finalidade o recreio e a educação ambiental. Em Lisboa este tipo de hortas é praticamente inexistente.

Por fim, as Hortas Pedagógicas têm como objectivo constituir um instrumento de educação ambiental e de ensino das ciências da natureza, através do trabalho e convívio na horta, quer de escolas, quer de outras associações constituídas para o efeito. Este tipo de hortas é frequente em especial junto a escolas.

Em Lisboa a prática hortícola verifica-se apenas nos terrenos municipais e o controlo é efectuado essencialmente pela Policia Municipal e pela Policia Florestal. Nos terrenos privados e nos estatais a ausência de controle tende a viabilizar a instalação de barracas ou outras construções clandestinas dentro dos terrenos hortados, os quais gradualmente e a curto prazo evoluem para bairros de génese ilegal.

No Quadro seguinte apresenta-se a evolução das hortas urbanas desde 1987.

Quadro 6 – Evolução das hortas urbanas desde 1987

(em m2)	1987	1995	2001	2006	2008
hortas	3011326	1118130	964185	792304	790770
hortas prisionais	7210				
hortas privadas	21519	36849	36849	34913	34913
hortas abandonadas		13939	13939	13939	13939
hortas com bairros de lata	6654	6654	6654		
ex-hortas com edificações provisórias	53449	53449	53449	53449	53449
viveiros	352729	286166	286166	286166	286166
agricultura	não avaliado	549594	542829	542829	539829
agricultura (pomar)	1261				
agricultura / olival	15636	15636	15636	15636	15636
olival	161425	163753	158503	135829	135829
montado de sobro	2430	2430	2430	2430	2430
hortas globais	(3040055) (a)	1168918	1014973	841156	839622

(a) incluído zonas onde havia certezas quanto à ocorrência de agricultura

Fonte: (CML-DMPU-DPU, 2009)

Na planta da Figura 48 pode-se observar a representação das áreas agrícolas e hortas urbanas em Lisboa.

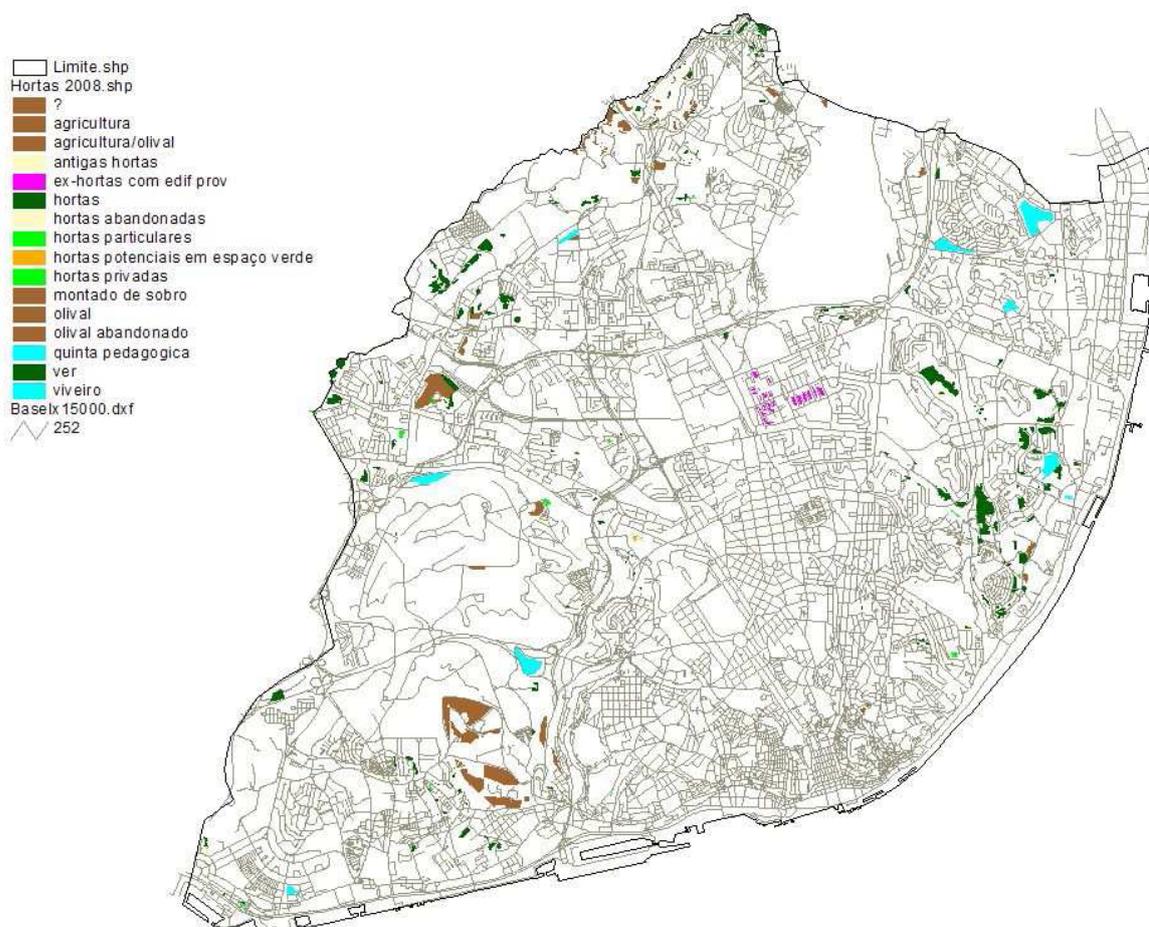


Figura 48 – Áreas agrícolas e hortas urbanas em 2008

Fonte: (CML-DMPU-DPU, 2009)

Relativamente ao uso do solo ou classificação do espaço urbano, no *site* <http://pdm.cm-lisboa.pt/> da revisão do PDM (Plano Director Municipal) encontra-se uma carta representativa da qualificação do espaço urbano (Figura 49).

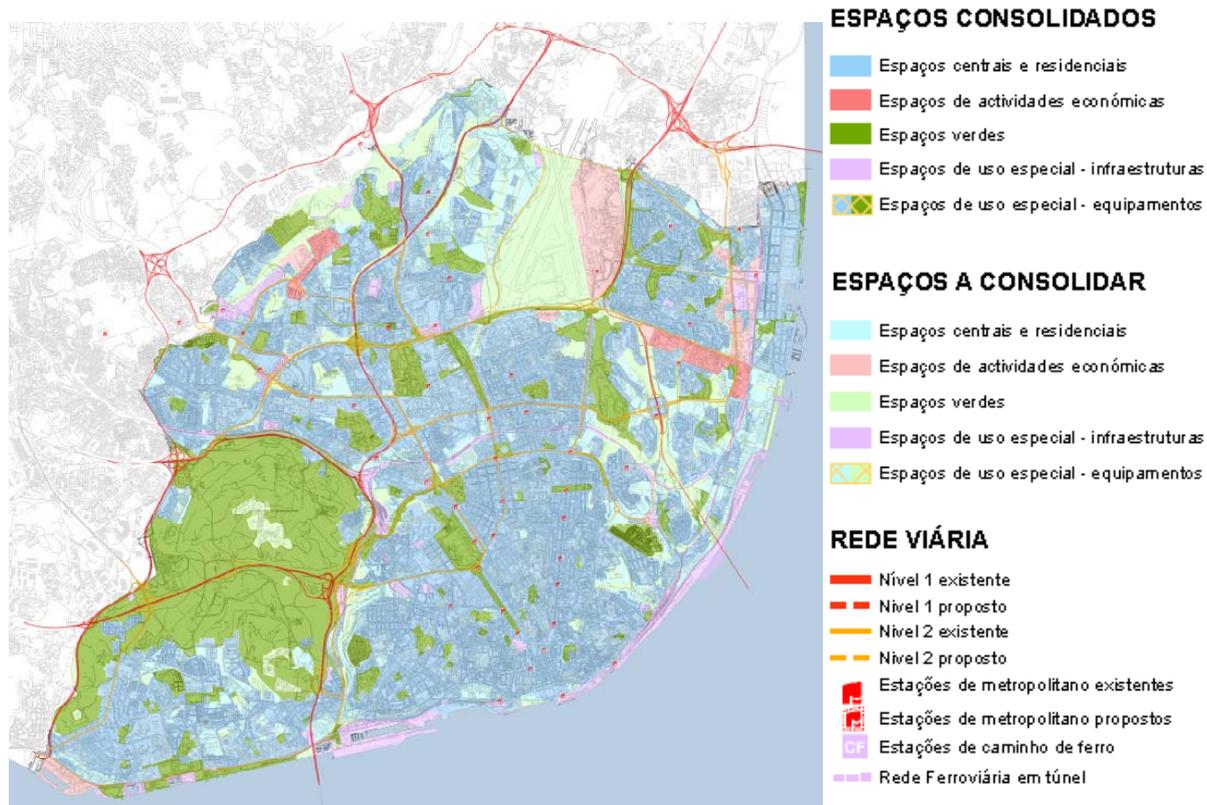


Figura 49 – Qualificação do espaço urbano

Fonte: Plano Director Municipal – Planta de Ordenamento – Qualificação do espaço urbano – Proposta Preliminar – Julho 2009.

Assim, o coeficiente  $C_{global}$ , de cada bacia definida em Lisboa, foi estimado considerando o declive, o tipo de terreno (arenoso, semi-arenoso, semi-compacto e compacto) e a percentagem de área impermeável (PAI) (Quadro 7). Esta informação foi obtida com base nas cartas de ocupação do solo, com o Modelo Digital de Terreno, e ainda com a carta geotécnica de Lisboa descritas anteriormente (Matos *et al.*, 2007a).

Quadro 7 – Percentagens de área impermeável em função da classe de uso do solo.

Grande classe	Classe de uso do solo	PAI
Espaço verde	Quintas a Reconverter	0.30
Espaço verde	Área Verde de Recreio	0.30
Espaço verde	Área Verde de Protecção	0.30
Espaço verde	Quintas e Jardins Históricos	0.30
Espaço verde	Quintas Integradas nas Áreas Históricas	0.30
Espaço verde	Área Verde de Produção	0.30
Área edif. -moradias	Área Consolidada de Moradias	0.50
Área edif - baixa densidade	Área de Investigação e Tecnologia	0.50
Área edificada	Área Consolidada de Edifícios de Utilização Colectiva Terciária	0.75
Área edificada	Área de Estruturação Urbanística Mista	0.65
Área edificada	Área de Equipamentos e Serviços Públicos	0.65
Área edificada	Área de Reconversão Urbanística Habitacional	0.65
Área edificada	Zona de Intervenção da EXPO 98	0.70
Área edificada	Área de Estruturação Urbanística Terciária	0.70
Área edificada	Área de Estruturação Urbanística Habitacional	0.70
Área edificada	Área de Reconversão Urbanística Mista	0.70
Área edificada	Área Consolidada de Edifícios de Utilização Colectiva Habitacional	0.70
Área edificada	Área Consolidada de Edifícios de Utilização Colectiva Mista	0.70
Área edificada	Área Histórica da Baixa	0.70
Área edificada	Área Histórica Habitacional	0.70
Usos especiais	Área de Usos Especiais	0.65
Área industrial	Área Consolidada Industrial	0.80
Não classificado	Não Classificado	0.60
Canal técnico	Área Canal Técnica	0.60
Canal rodo-ferroviário	Área Canal Rodoviária Proposta	0.85
Canal rodo-ferroviário	Área Canal Rodoviária Proposta com Projecto	0.85
Canal rodo-ferroviário	Área Canal Rodoviária Existente	0.85
Canal rodo-ferroviário	Área Canal Ferroviária Existente	0.30
Canal rodo-ferroviário	Área Canal Ferroviária Proposta	0.30
Canal rodo-ferroviário	Rede Rodoviária Fundamental - Não Proposto de 1º Nível	0.65
Canal rodo-ferroviário	Rede Rodoviária Fundamental - Não Proposto de 2º Nível	0.65
Canal rodo-ferroviário	Rede Rodoviária Fundamental - Não Proposto de 3º Nível	0.65
Canal rodo-ferroviário	Rede Rodoviária Fundamental - Via Principal Existente	0.85
Canal rodo-ferroviário	Rede Rodoviária Fundamental - Via Principal Proposta	0.85

Fonte: (Oliveira, 2008)

Como resultado no Quadro 8 e Figura 50 apresenta-se a média ponderada do coeficiente C para cada sub-bacia.

Verifica-se ser necessário em termos de planeamento e gestão urbanística que a permeabilidade natural do solo não seja afectada ou não seja diminuída de modo a que o ciclo da água urbano seja sustentável.

Quadro 8 - Coeficiente do método racional generalizado por sub-bacia de Lisboa (média ponderada)

Bacia	$C_{global}$
A	0.70
A0	0.64
B	0.76
C	0.72
D	0.70
E	0.69
F	0.75
G	0.76
H	0.75
I	0.78
J	0.72
K	0.65
L	0.76
M1	0.76
M2	0.75
N	0.75
O	0.66
Oc1	0.78
P	0.69
Q	0.67
R	0.65
S	0.67
T	0.62
U	0.75
V	0.61

Fonte: (Matos *et al.*, 2007a)

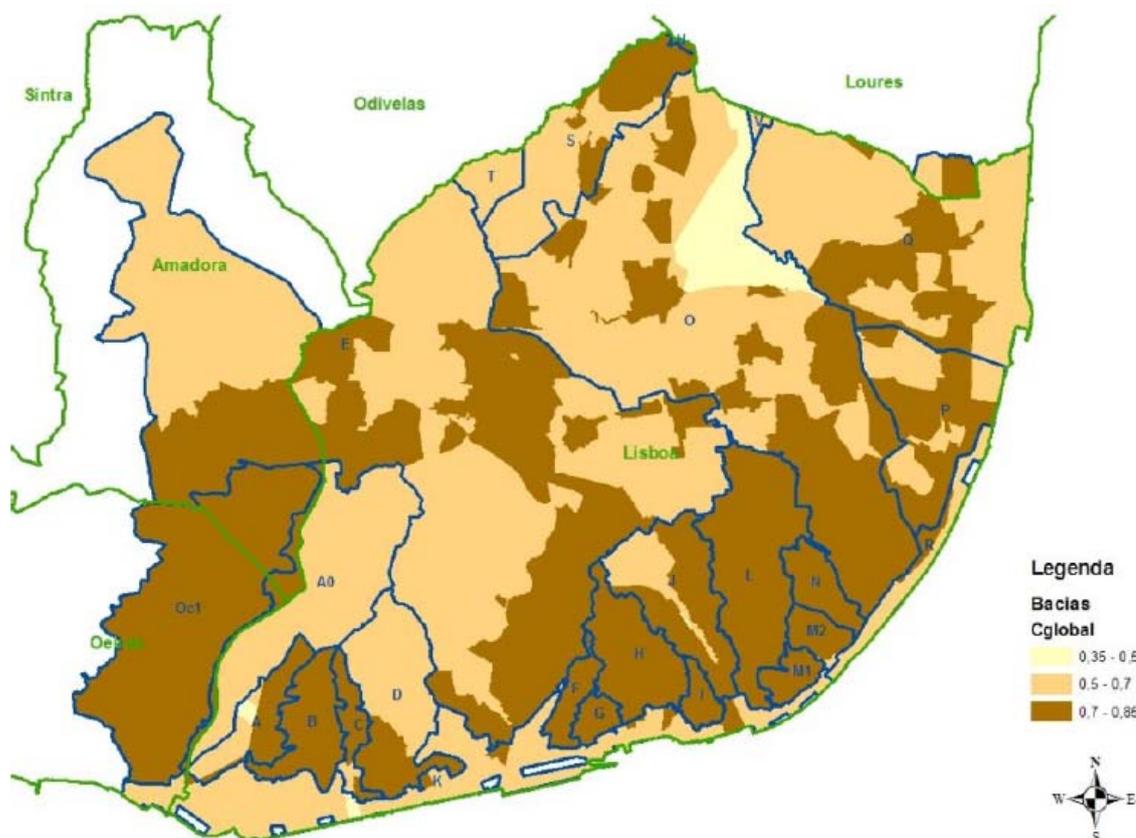


Figura 50 – Representação gráfica do coeficiente global do método racional generalizado, determinado em cada sub-bacia de Lisboa.

Fonte: (Matos *et al.*, 2007a)

Na Figura 51 pode-se observar o efeito da crescente impermeabilização do solo, decorrente do uso do solo, sobre componentes do ciclo da água.

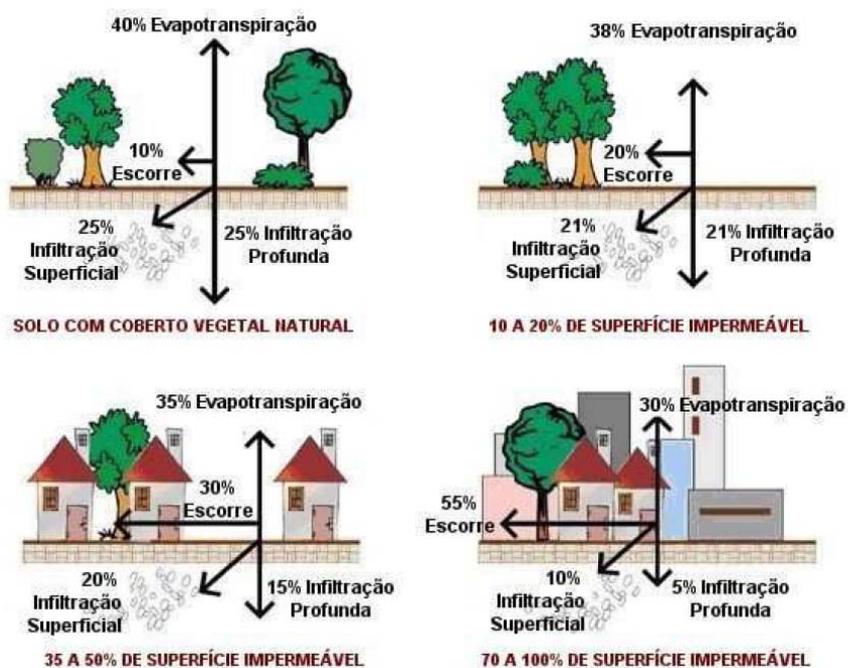


Figura 51 - Evolução da taxa de impermeabilização, consoante a modificação do uso do solo (adaptado de MMSD, 2005).



## 8 RISCO DE INUNDABILIDADE

O estudo do risco de inundação para Lisboa foi desenvolvido pela análise de eventos históricos referentes a inundações. Como fontes de informação, utilizaram-se os dados do Regimento de Sapadores de Bombeiros (RSB) e da Brigada de Colectores (BC) da Câmara Municipal de Lisboa (CML).

A variável precipitação foi utilizada como o principal parâmetro do estudo, para definir períodos prováveis de ocorrência de inundação. Os dados meteorológicos foram fornecidos pelo Instituto de Meteorologia e analisados em termos de curvas de Intensidade-Duração-Frequência disponibilizadas pelo Instituto da Água (INAG) (CML-DMPU-DPU, 2009).

Foram ainda usados dados referentes à geomorfologia (como o declive), efeito de maré directo, presença de linhas de água, principais locais de foz, grau de permeabilidade das formações geológicas, presença de desnivelamentos na estrutura viária e características das infraestruturas de saneamento. Estes dados foram cruzados com o Sistema Húmido e com as de Transição Fluvial-Estuarino (ver Capítulo 7). O cruzamento destas variáveis permitiu definir as classes de vulnerabilidade a inundações presentes na Figura 52 (CML, 2010d). As correspondências percentuais figuram no Quadro 9.

Como principais áreas vulneráveis identificam-se, a zona central de Lisboa, desde a Baixa, prolongando-se para norte pela Av. da Liberdade e Almirante Reis, a Este em direcção a Santa Apolónia, e para Ocidente para o Cais-do-Sodré. Áreas como a do vale de Alcântara (Calvário, Av. 24 de Julho, Av. de Ceuta), as Portas de Benfica (Estrada da Luz), a Praça de Espanha / Campo Pequeno, Praça do Chile, Av. Gago Coutinho, Parque das Nações e Algés também se apresentam vulneráveis a inundações (CML-DMPU-DPU, 2009).

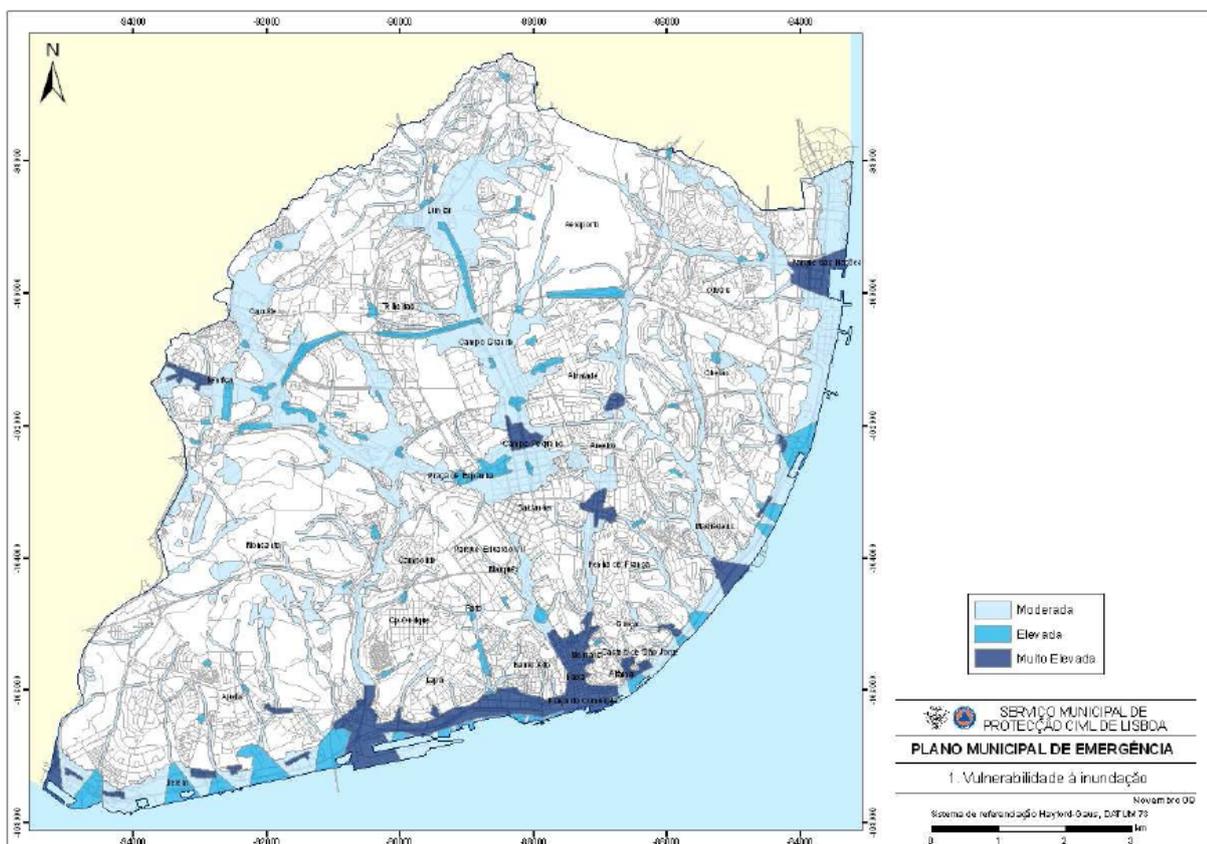


Figura 52 - Carta de Vulnerabilidade a Inundações  
 Fonte: (CML, 2010d)

Quadro 9 - Classes de vulnerabilidade a inundações e intervalos de percentagens correspondentes.

Classes de vulnerabilidade a inundações	Intervalos de percentagens (%)
Moderada	0 - 30
Elevada	30 - 65
Muito elevada	65 - 100

Consideram-se como causas responsáveis pela ocorrência de inundações as seguintes (CML-DMPU-DPU, 2009):

- Problemas de obras, estado de conservação ou de limpeza da via pública ou do parque edificado;
- Situações de entupimentos da via pública ou espaços edificados, e/ou obstrução por falta de limpeza de valetas, sumidouros, sarjetas, valas de drenagem, fossas;
- Roturas/rebentamentos;
- Problemas de dimensionamento dos colectores;
- Problemas com bombas eléctricas particulares ou ausência de sistema de bombagem local CML-DPC-DPO-GAR (2006?);
- Problemas de inclinação do terreno
- Situação de deslizamentos / desabamentos ou aluimentos;
- Outras Situações.

A definição da área sujeita à susceptibilidade directa do efeito de maré por inundação, teve por base o conhecimento dos factores, como a agitação marítima e fluvial, as características de maré, a sobre elevação meteorológica, a morfologia do litoral, os relatos históricos sobre os efeitos de tsunamis na cidade de Lisboa e os critérios utilizados pelo IM para a emissão de avisos meteorológicos por agitação marítima (no caso desta ultrapassar o valor dos 4 m), mas também, as interações dos parâmetros entre si e com a plataforma adjacente, uma vez que esta condiciona a propagação e dissipação de energia das ondas (CML, 2010b).

Para Lisboa, os valores de maré foram calculados pelo Modelo de Previsão de Marés Astronómicas da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), com integração do actual valor de subida do nível do mar (SNM), resultante das alterações climáticas e a respectiva taxa de subida de 2,1 mm/ano, referente à década de 1990 (CML, 2010b).

Numa análise integrada das diferentes componentes em estudo, considerou-se relevante adoptar como área de susceptibilidade directa ao efeito de maré, a cota dos 5 m (Figura 53) (CML, 2010b).

A análise destas cartas permite não só identificar as zonas mais susceptíveis a inundações como também definir e qualificar políticas de intervenção na gestão urbanística.

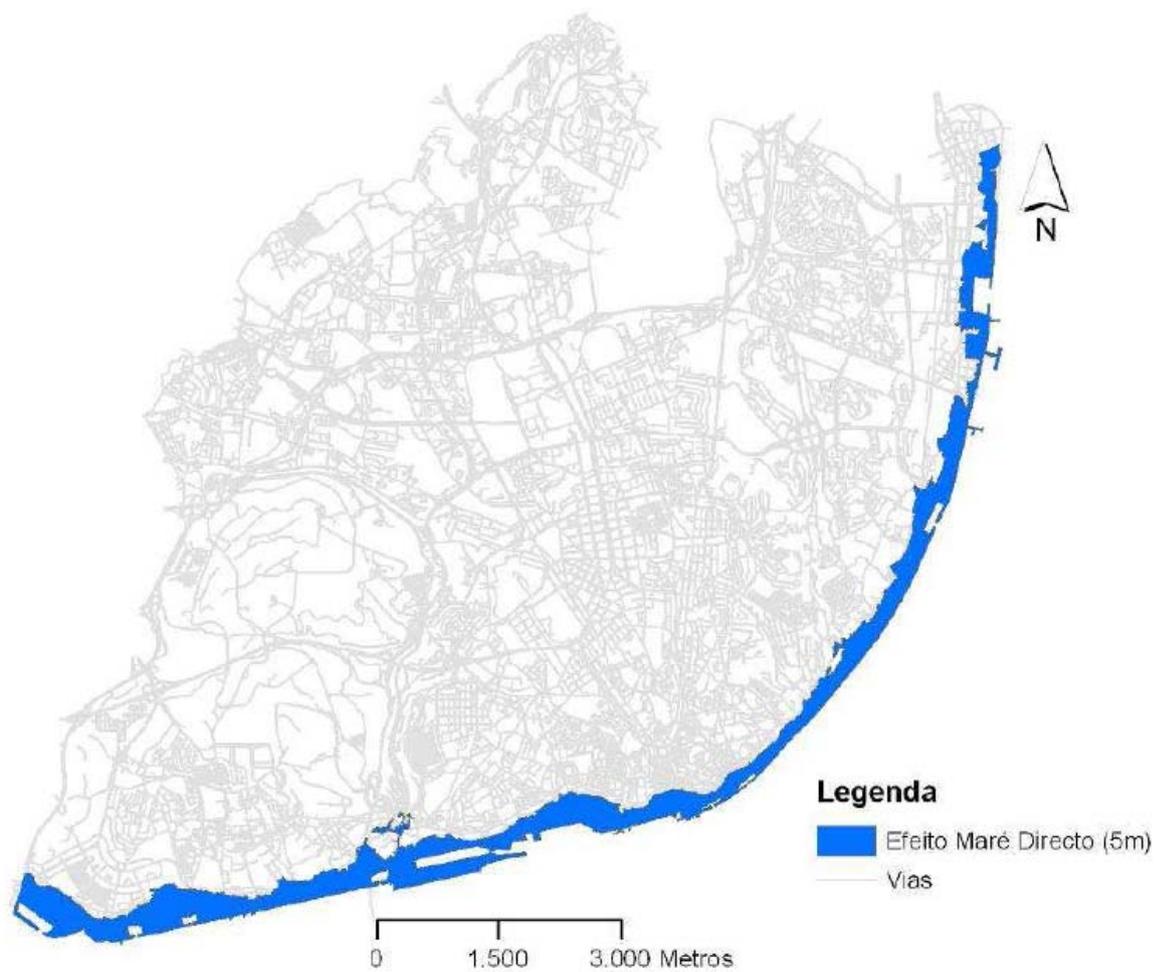


Figura 53 - Carta de susceptibilidade aos Efeitos de Maré  
Fonte: (CML, 2010b)

## 9 DEMOGRAFIA E CONSUMO DE ÁGUA

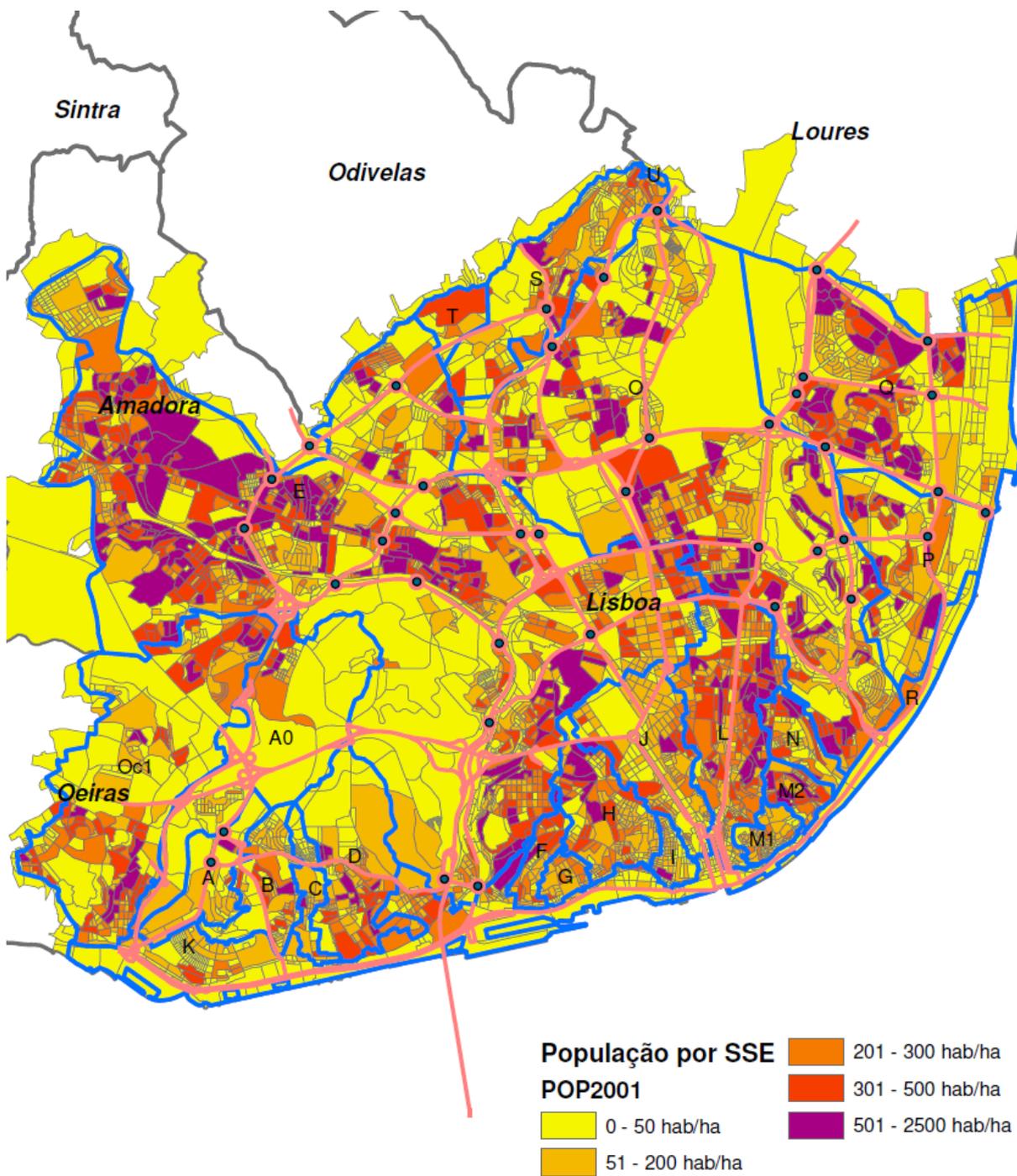
Segundo o Plano Geral de Drenagem de Lisboa (PGDLx) foi elaborado o Quadro 10 que apresenta a população residente nas grandes bacias do sistema de drenagem no ano de 2001 e prevista para os anos de 2025 e 2045.

Quadro 10 - Cenário de evolução demográfica por grande bacia do sistema de drenagem

Bacia	Área (ha)	Pop2001 (hab)	Pop2025 (hab)	Pop2045 (hab)	D.Pop2001 (hab/ha)	D.Pop2025 (hab/ha)	D.Pop2045 (hab/ha)	Destino efluentes
A	119	3042	3330	3418	26	28	29	Lisboa
A0	480	6775	7320	7487	14	15	16	Lisboa
B	138	9260	9956	10 172	67	72	73	Lisboa
C	61	3885	3974	4002	64	66	66	Lisboa
D	273	18 120	18 590	18 735	66	68	69	Lisboa
E	3199	264 523	285 786	292 732	83	89	92	Lisboa
F	55	7791	7875	7900	143	144	145	Lisboa
G	35	4114	4136	4143	117	117	117	Lisboa
H	179	24 120	24 120	24 120	135	135	135	Lisboa
I	37	5957	5957	5957	160	160	160	Lisboa
J	250	17 165	17 195	17 205	69	69	69	Lisboa
K	515	16 534	17 785	18 173	32	35	35	Lisboa
L	347	58 955	59 050	59 080	170	170	170	Lisboa
M1	46	7831	7831	7831	169	169	169	Lisboa
M2	52	10 557	10 557	10 557	204	204	204	Lisboa
N	76	11 295	11 295	11 295	149	149	149	Lisboa
O	1851	117 630	121 167	122 258	64	65	66	Lisboa
Oc1	739	44 773	46 517	47 041	61	63	64	Lisboa
P	338	21 424	21 425	21 426	63	63	63	Loures
Q	951	57 612	62 748	64 331	61	66	68	Loures
R	94	715	715	715	8	8	8	Lisboa
S	331	17 303	18 495	18 860	52	56	57	Odivelas
T	59	705	802	832	12	14	14	Odivelas
U	4	194	207	211	48	52	53	Loures
V	8	0	0	0	0	0	0	Loures
PGDL	10 239	730 281	766 832	778 482	81	83	84	-

Fonte: (Matos *et al.*, 2007a)

A representação da distribuição da densidade populacional encontra-se na Figura 54.



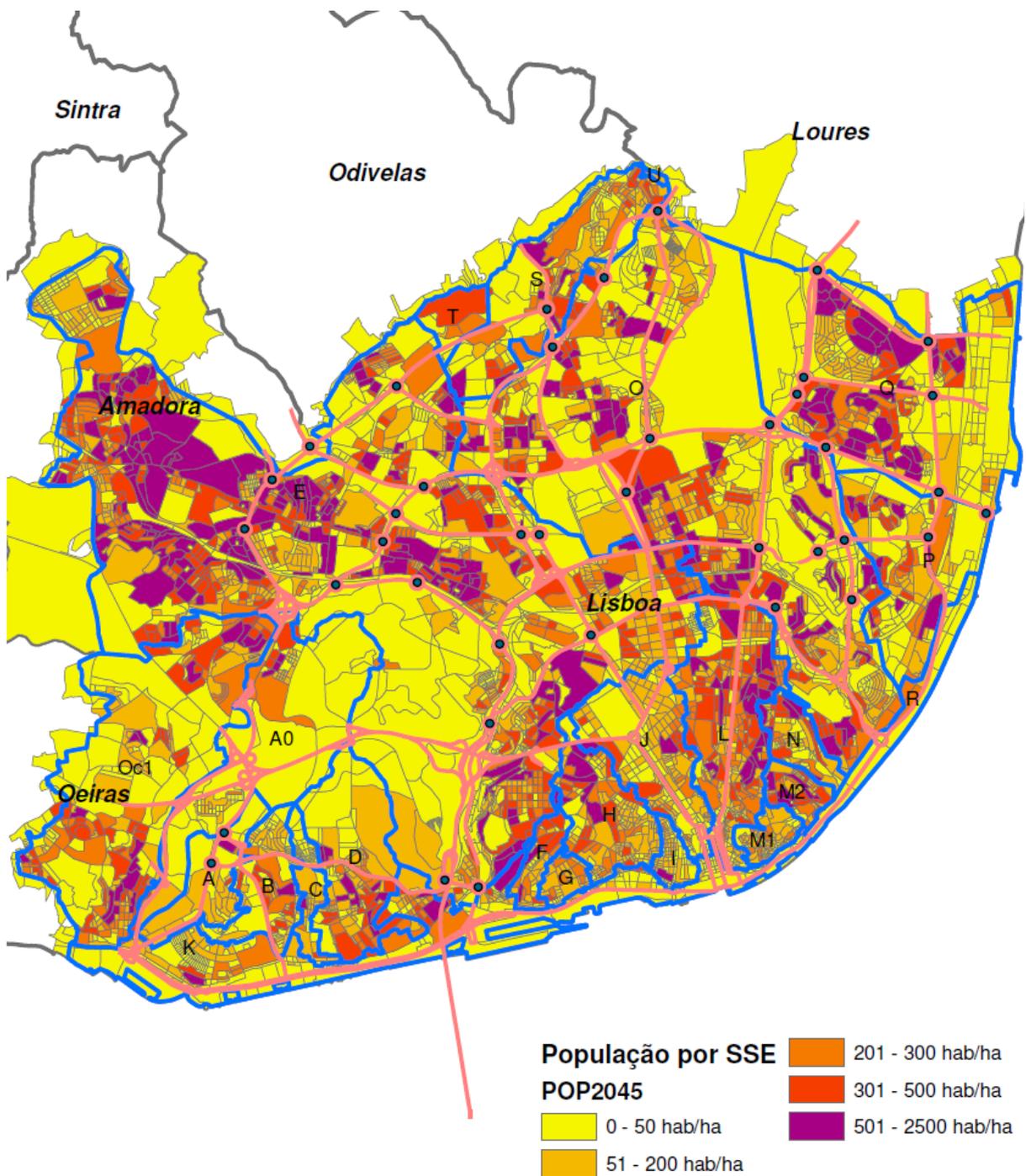


Figura 54 - Distribuição da densidade populacional por sub-seção estatística para 2001 e 2045

Fonte: (Matos *et al.*, 2006)

Relativamente ao consumo, poderia-se considerar a capitação de 136 l/hab/dia (segundo o Quadro 14), ou se se utilizar equipamentos eficientes 70 l/hab/dia, ou segundo o assumido em Lisboa 300 l/hab/dia, ou segundo o PGDLx 145 l/hab/dia (inferior ao estabelecidos pelo Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto que define 175 l/hab/dia como o valor a adoptar para aglomerados populacionais com uma população superior a 50 000 habitantes), ou ainda mais especificamente seguir o indicado no modelo do PGDLx. A estimativa do caudal gerado na actividade

comercial, industrial e de serviços foi baseada nos dados dos ramais da EPAL – Empresa Portuguesa das Águas Livres, SA, considerando-se uma captação equivalente de 200 l/hab/dia (Oliveira, 2008).

O Quadro 11 apresenta os volumes de água fornecidos no concelho de Lisboa agregados por tipo de uso, de acordo com a informação associada a cada ramal. São actualmente consumidos cerca de 59 hm<sup>3</sup> de água por ano, sendo o sector doméstico responsável por 50 % desse valor, seguido pelo comércio e indústria (23%) e pelos serviços (15 %). Os serviços municipais são responsáveis por 11 % do consumo do concelho (Matos *et al.*, 2008).

Quadro 11 – Volumes de água fornecidos pela EPAL no concelho de Lisboa, em 2005

Uso	Nº de ramais	Volume fornecido (m <sup>3</sup> /ano)	Percentagem
Doméstico	50 267	29 477 313	50
Comércio e Indústria	32 928	13 253 225	23
Serviços	3 813	9 063 126	15
CML	989	4 289 067	7
CML-Rega	1 092	2 426 735	4
Misto	44	307 752	1
Desconhecido	20	993	0
TFA	337	76 577	0
<b>TOTAL</b>	<b>88 490</b>	<b>58 894 789</b>	<b>100%</b>

Fonte: (Matos *et al.*, 2008)

A desagregação do consumo doméstico de água potável no concelho de Lisboa pelos diferentes tipos de utilização, apresenta-se seguidamente (Quadro 12).

Quadro 12 - Desagregação do consumo doméstico de água potável no concelho de Lisboa (2004)

Distribuição dentro do domicílio	Consumo	
	10E3m3	%
Duches	15000	49
Autoclismo	6800	22
Torneira da casa de banho	3100	10
Máquina de lavar roupa	1900	6
Lavar loiça à mão	1800	6
Torneira da cozinha	1600	5
Outros	700	2
<b>Total</b>	<b>30900</b>	<b>100</b>

Fonte: (Lisboa E-Nova, 2004)

No que respeita à diferença significativa de consumo entre duches (49 %) e banhos

de imersão (2 %) (valor incluído em Torneira de Casa de Banho), salienta-se que a utilização dos banhos de imersão é residual, verificando-se uma nítida preferência pelo duche. Em complemento, enquanto o banho não apresenta variação consoante as estações do ano, o duche tem uma utilização ligeiramente maior na estação quente, embora com uma duração média aproximadamente igual (12 minutos) (Lisboa E-Nova, 2004).

No Quadro 13 apresenta-se a desagregação do consumo de água potável da Câmara Municipal de Lisboa, pelos diferentes tipos de utilização.

Quadro 13 - Desagregação do consumo de água potável da Câmara Municipal de Lisboa (2004)

Distribuição	Consumo	
	10E3m3	%
Jardins	5000	55
Lavagem de ruas	2000	22
Outros	750	8
Chafarizes e bebedouros	550	6
Escolas e Blocos Escolares	300	3
Piscinas	200	2
Bombeiros	200	2
Serviços Administrativos	200	2
<b>Total</b>	<b>9200</b>	<b>100</b>

Fonte: (Lisboa E-Nova, 2004)

No Quadro anterior, verifica-se que a maior parcela corresponde à utilização de água para a rega dos jardins (abrangendo viveiros, parques florestais, lagos e bocas de rega), seguida da lavagem das ruas. A rubrica “Outros” inclui a água utilizada em Mercados / Mercados de Levante (Lisboa E-Nova, 2004).

O Quadro 14 apresenta uma estimativa dos consumos de água para uma habitação de quatro pessoas, em Portugal.

Quadro 14 - Estimativa dos consumos de água para uma habitação de 4 pessoas.

	Consumo em 2003	Consumo com equipamentos mais eficientes	
<i>Tipo de consumo</i>	<i>Por pessoa (l/hab/dia)</i>	<i>Por pessoa (l/hab/dia)</i>	<i>Habitação com 4 pessoas (litros/dia)</i>
<b>Descarga de Sanitários</b>			
- casa	45	20	80
- total	60	27	
<b>Água quente</b>	40	18	72
<b>Máq. roupa</b>	16	12	42
<b>Máq. louça</b>	8	4	14
<b>Limpezas</b>	6	4	16
<b>Outras</b>	6	4	16
<b>Totais:</b>			
Consumo em casa	121	62	240
Consumo diário	136	69	

Fonte: (Neves, 2003)

Neste Quadro, pela implementação dos autoclismos de dupla opção, ou duais, que permitem a selecção de uma descarga de 6 l (para defecção) ou de 3 l (para micção), estimou-se um consumo de 20 l/hab/dia na habitação e de 7 l/hab/dia fora da residência, que é inferior aos 60 l/hab/dia (Bertolo e Simões, 2008).

Cerca de metade do consumo de água de uma habitação (aproximadamente 46%) pode ser substituído por água proveniente da chuva (Kessel-Rainwater Management Systems, 2003).

Assim, a água da chuva pode ser aproveitada, por exemplo, para os autoclismos, com os cerca de 20 l/hab/dia no interior da habitação. Outras utilizações apontadas são a lavagem de roupa (12 l/hab/dia), serviços de limpeza (4 l/hab/dia), entre outros (4 l/hab/dia). Somando os valores destas utilizações obtém-se um valor médio de 40 l/hab/dia (Bertolo e Simões, 2008).

De acordo com (ANQIP, 2009a), no Quadro 15 apresenta-se, a título indicativo, valores de consumos por tipo de dispositivo ou utilização, que podem ser considerados no dimensionamento dos SAAP. Os valores indicados foram estimados com base em dispositivos classificados pelo sistema ANQIP de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica de Produtos na “categoria A”, dado

não se considerar coerente a utilização de um SAAP com dispositivos não eficientes (ANQIP, 2009a).

Quadro 15 - Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização

Dispositivo ou utilização		Consumo unitário	Consumo anual estimado	
Autoclismos (categoria "A") <sup>1</sup> em residências		24 l/(pessoa.dia)	8800 l/pessoa	
Autoclismos (categoria "A") <sup>1</sup> em edifícios de serviços (escritórios, etc.)		12 l/(pessoa.dia)	4400 l/pessoa	
Autoclismos (categoria "A") <sup>1</sup> em edifícios escolares		6 l/(pessoa.dia)	2200 l/pessoa	
Lavagem de roupa (máquina da categoria "A") <sup>2</sup>		10 l/(pessoa.dia)	3700 l/pessoa	
Limpezas gerais	Lavagem de pavimentos	5 l/m <sup>2</sup>	1000 l/pessoa <sup>3</sup>	
	Lavagem de automóveis ( <i>self-service</i> )	50 l/automóvel		
Zonas verdes (valores para anos médios) <sup>4</sup>	Valores totais (em 6 meses) - Abril a Set. -	Relvados <sup>5</sup>	-	450 a 800 l/m <sup>2</sup>
		Jardins <sup>6</sup>	-	60 a 400 l/ m <sup>2</sup>
		Campos de golfe <sup>7,8</sup>	-	200 a 450 l/ m <sup>2</sup>
	Valores máximos (por dia) - no Verão -	Relvados <sup>5</sup>	5 a 7 l/ m <sup>2</sup>	-
		Jardins <sup>6</sup>	1,5 a 5 l/ m <sup>2</sup>	-
		Campos de golfe <sup>7,8</sup>	2 a 4,5 l/ m <sup>2</sup>	-

1 Autoclismo de 6 litros com dupla descarga.

2 Máquina com consumo de 9 a 12 litros por kg.

3 Estimativa para residências, em que o global pode variar de forma muito significativa.

4 Pressupõe-se que, em Portugal, a rega de espaços verdes deve ser considerada como uma utilização temporalmente limitada nos SAAP, dado que as maiores necessidades de rega surgem nos períodos de estiagem mais prolongados. Por esse motivo, os valores totais não serão superiores aos indicados como estimativas médias semestrais. Deve ainda salientar-se a tendência actual para a realização de jardins sem necessidade de rega.

5 Função do tipo de relva, do tipo de solo e da zona do país.

6 Função do tipo de culturas, do tipo de solo e da zona do país (considerando um misto de relvados e zonas arbustivas).

7 Valor médio, ponderando as áreas destinadas a *greens e tees*, a *farways e surrounds*, a *roughs e semi-roughs* e a zonas de enquadramento.

8 Função do tipo de solo e da zona do país.

Fonte: (ANQIP, 2009a)



## 10 DRENAGEM EM LISBOA

### 10.1 ENQUADRAMENTO

A rede de drenagem do município de Lisboa serve os cerca de 8 400 ha do concelho e recebe efluentes de áreas dos concelhos da Amadora (1 131 ha), Oeiras (634 ha) e Loures (48 ha). Lisboa tem, no entanto, três áreas de reduzida dimensão que drenam para os concelhos vizinhos: uma de 390 ha, junto à Calçada de Carriche, que drena para Odivelas; outra de 8 ha na zona do aeroporto e a terceira de 4 ha na zona das Galinheiras, que drenam para o concelho de Loures (Matos *et al.*, 2008).

O sistema de drenagem de águas residuais da cidade encontra-se dividido em três sistemas de drenagem principais, designadamente Alcântara, Chelas e Beirolas, tendo sido sub-divididos em sub-bacias no PGDLx, e que se encontram representadas na Figura 55.

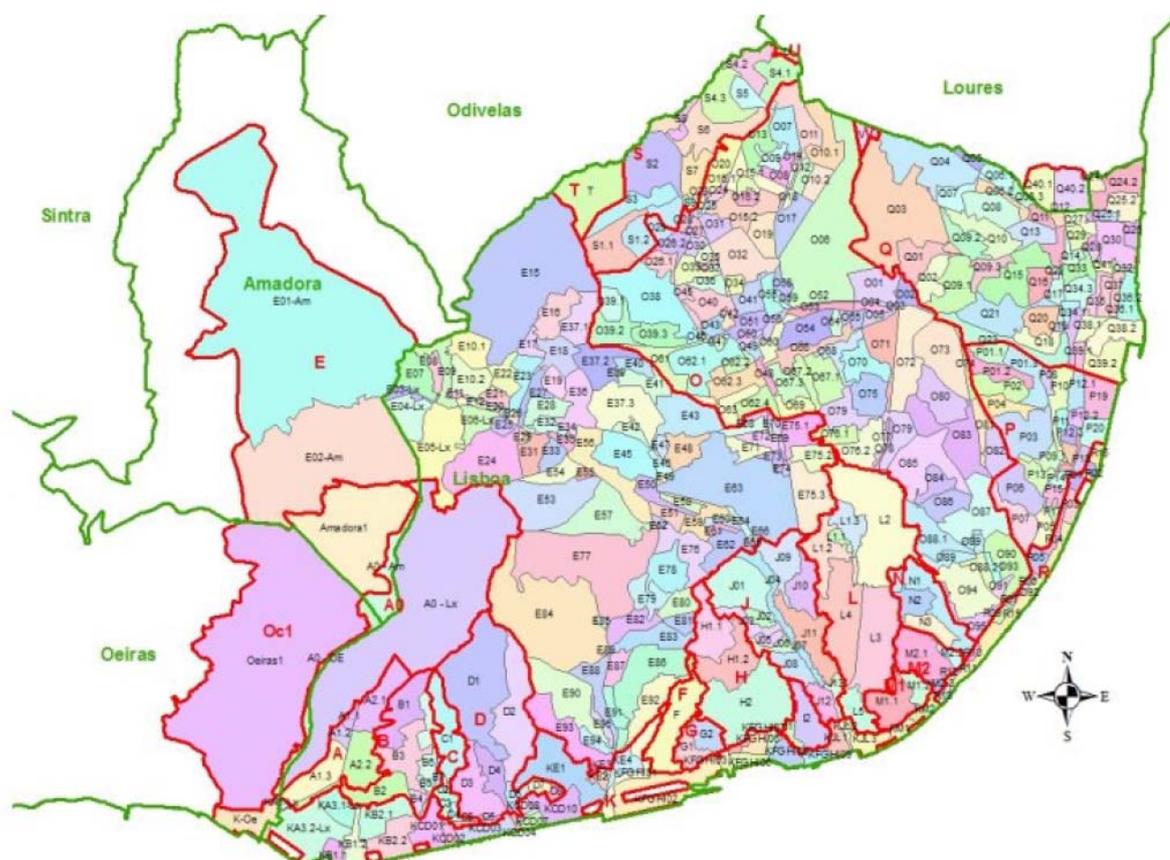


Figura 55 - Sub-bacias da área servida pelo sistema de drenagem de Lisboa  
Fonte: (Matos *et al.*, 2008b)

### 10.2 AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DRENAGEM

O regime de precipitação condiciona o desempenho e o comportamento hidráulico

do sistema de drenagem existente, tendo em conta os caudais descarregados e as cargas poluentes associadas.

Os condicionalismos impostos pelo regime de precipitação resultam não só da magnitude do fenómeno pluvioso, no que respeita à quantidade de água precipitada, mas também da intensidade de precipitação, tendo em conta a frequência da ocorrência e sua duração. A interdependência que existe entre estas três variáveis é vulgarmente representada sob a forma de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF), nas regiões pluviométricas presentes no anexo IX do Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto, que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.

No PGDLx recorreu-se às curvas propostas pelo INAG num trabalho denominado “Análise dos Fenómenos Extremos: Precipitações Intensas em Portugal Continental”. São apresentadas curvas IDF para dois postos udométricos localizados na cidade de Lisboa, designadamente Lisboa-IGDL (Instituto Geofísico do Infante D. Luíz), localizado junto à R. da Escola Politécnica, e Lisboa-Portela, no Aeroporto. As curvas IDF destes dois postos resultam da aplicação da seguinte equação com os parâmetros apresentados no Quadro 16:  $i = a.t^b$ , em que  $i$  é a intensidade da precipitação em mm/h e  $t$  a duração da chuvada em minutos (Matos *et al.*, 2007a).

Quadro 16 - Parâmetros das curvas IDF

Duração da chuvada	T (anos)	Lisboa - IGDL		Lisboa - Portela	
		a	b	a	b
< 30 min	2	176.46	-0.529	187.7	-0.516
	5	214.32	-0.499	294.15	-0.555
	10	239.69	-0.489	365.58	-0.571
	20	264.16	-0.477	434.48	-0.581
	50	295.96	-0.467	524.03	-0.592
	100	319.86	-0.461	591.31	-0.598
	500	375.21	-0.451	747.18	-0.608
	1000	399.04	-0.477	814.3	-0.611
< 6h	2	251.81	-0.628	359.15	-0.711
	5	345.32	-0.634	417.04	-0.665
	10	407.36	-0.637	461.54	-0.647
	20	466.92	-0.639	506.26	-0.634
	50	544.07	-0.641	565.82	-0.623
	100	601.92	-0.642	611.24	-0.616
	500	735.65	-0.644	717.68	-0.605
	1000	793.16	-0.645	763.86	-0.602
< 48h	2	362.78	-0.698	474.64	-0.756
	5	545.58	-0.721	763.29	-0.764
	10	670.81	-0.732	955.11	-0.767
	20	792.97	-0.739	1139.4	-0.769
	50	953.23	-0.747	1278.1	-0.771
	100	1074.5	-0.752	1557.1	-0.772
	500	1257.3	-0.760	1970.9	-0.773
	1000	1479.8	-0.762	2148.8	-0.774

Fonte: (Matos *et al.*, 2007a)

O caudal pluvial, no PGDLx, foi estimado pela aplicação do método racional generalizado, em que o caudal de ponta em cada secção da rede de drenagem é calculado por (Matos *et al.*, 2007a):

$$Q_p = C_{global} i A$$

Nesta expressão, os símbolos têm o seguinte significado:

- $C_{global}$  – coeficiente de redução do método racional associado à área a montante da secção que drena para a secção em análise;
- $i$  – intensidade de precipitação associada a um período de retorno (T) e a uma duração de chuvada igual ao tempo de concentração do escoamento na secção em análise;
- $A$  – área a montante da secção que drena para a secção em análise.

Tem também que se considerar que as condições de escoamento dos troços terminais da rede de colectores em tempo de chuva, situados nas zonas baixas da cidade de Lisboa, são afectadas, de forma significativa, pelo nível da maré (Matos *et al.*, 2007a).

De acordo com a rede de colectores seleccionada (colectores unitários ou pluviais com um diâmetro superior a 1 000 mm e os domésticos com um diâmetro superior a 500 mm), no PGDLx foram elaboradas as seguintes plantas presentes nas Figuras 56 e 57 que ilustram a folga que existe (ou não) em cada colector através do rácio entre o caudal gerado em determinado cenário e a capacidade de escoamento desse colector (Matos *et al.*, 2007a).

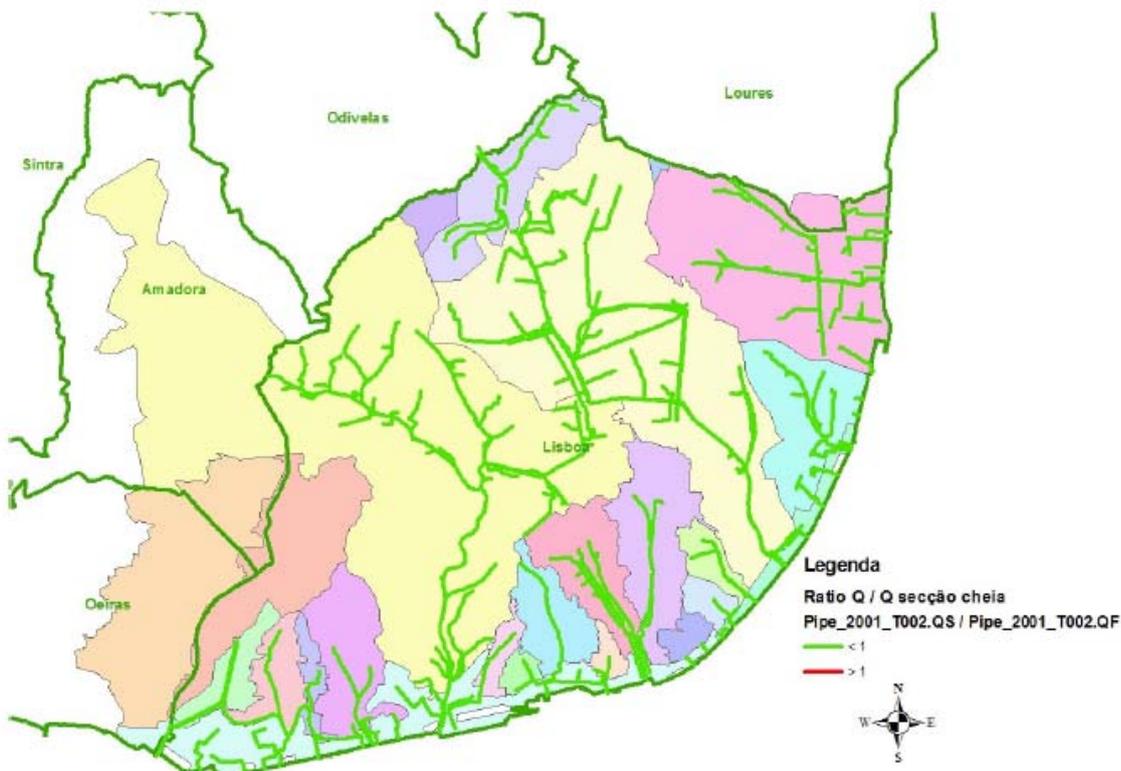


Figura 56 – Avaliação da capacidade de drenagem do sistema do caudal gerado em tempo seco e em 2001.  
Fonte: (Matos *et al.*, 2007a)

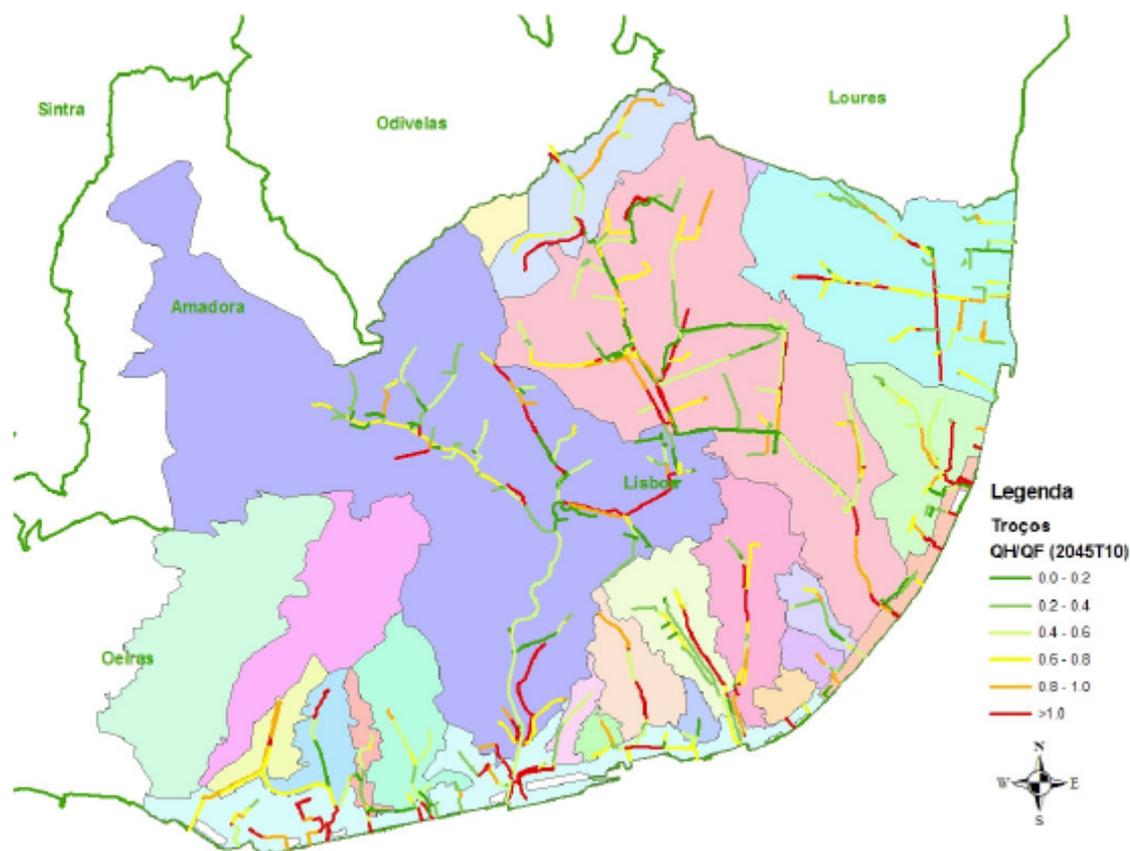


Figura 57 – Avaliação da capacidade de drenagem do sistema do caudal gerado por fenómenos pluviosos com um período de retorno de 10 anos.

Fonte: (Matos *et al.*, 2008)

Tendo em conta as Figuras, verifica-se que existe um número elevado de troços com capacidade de drenagem insuficiente. Situações de incapacidade de drenagem, ocorrem na generalidade de uma forma homogénea em toda a cidade de Lisboa, porém, pelas Figuras anteriores denota-se que as zonas ribeirinhas apresentam uma maior densidade de troços em carga (Matos *et al.*, 2007a).

### 10.3 PROBLEMAS E DEFICIÊNCIAS DE DRENAGEM - SÍNTESE

No sistema de drenagem de Lisboa existem diversos problemas de funcionamento. Alguns desses problemas dizem respeito aos seguintes aspectos (Matos *et al.*, 2006, 2007a):

- Ocorrência de zonas separativas intercaladas em zonas unitárias – as águas residuais pluviais das redes separativas voltam a ser recolhidas, a jusante, por redes unitárias.
- A existência de redes ramificadas, redes malhadas, e redes pseudo-malhadas, isto é, redes que se fecham em malha, do ponto de vista do traçado em planta, mas em

que os colectores, nos nós, apresentam cotas distintas. Ou seja, para caudais até certo limite, o sistema comporta-se como ramificado; a partir desse limite, o sistema passa a comportar-se como malhado.

- Outros problemas estruturais detectados em colectores foram: assentamento da cobertura; confluências de colectores em sentido inverso ao do escoamento; revestimento interior do colector parcialmente deteriorado; desalinhamento de caixas e colectores e acabamentos deficientes.

- A existência de colectores de idades muito distintas, de tipos de secção muito diversas e de diferentes materiais (alvenaria de pedra, tijoleira, betão, PVC, PEAD), com ligações e intersecções inexplicáveis.

- Assoreamento nos colectores, sobretudo os implantados nas zonas marginais do estuário do Tejo, instalados com reduzido declive.

- Assoreamento nos poços das instalações elevatórias com problemas de funcionamento, nomeadamente associados à elevada frequência de arranques dos grupos electrobomba e à ocorrência de condições de septicidade.

- Diversos sumidouros e sarjetas obstruídos.

- Perfis côncavos em arruamentos, designadamente nos seguintes locais: R. das Pretas, Praça de Espanha, Av. 5 de Outubro, Combatentes – Egas Moniz, Av. Gago Coutinho – Av. dos EUA e Gulbenkian – Av. Ceuta. Os arruamentos planos também favorecem a acumulação de caudais pluviais à superfície, dificultando o escoamento para os sumidouros como na Alameda das Linhas das Torres.

- Limitações da capacidade de transporte dos colectores existentes face às solicitações actuais.

- Na bacia de drenagem de Alcântara algumas das inundações que se verificaram foram no cruzamento entre a R. Luís de Camões, R. 1º de Maio e R. Rodrigues Faria, na R. da Cruz a Alcântara e na Av. de Berna. Na bacia de Chelas entre as inundações observadas contam-se as da Estrada de Chelas / Calçada da Picheleira, Azinhaga da Cidade, Cidade Universitária e Campo Grande. Na bacia de drenagem de Beirolas alguns colectores entram em carga, para um período de retorno igual a 10 anos, nomeadamente, os troços da Av. Cidade do Porto e da R. Dr. Alfredo

Bensaúde. Nas bacias de drenagem adjacentes, por insuficiente capacidade de drenagem, também ocorrem inundações no INETI / Estrada do Paço do Lumiar.

- Os colectores pluviais da bacia que integra Algés descarregam para a ribeira de Algés (que abrange o concelho de Oeiras), que se encontra canalizada. Há registos de inundações de casas no troço terminal da canalização da ribeira de Algés, nomeadamente em Novembro de 1983.

- As bacias da Av. da Liberdade e Av. Almirante Reis correspondem às linhas de vale originais que desaguavam no estuário do rio Tejo, que veio a ser aterrado com a construção da Baixa Pombalina. Nesta zona existem inundações devido às escorrências superficiais da R. de S. José e da encosta que desce pela R. do Telhal e afluem à R. das Pretas.

- Inundações na Praça da Figueira, Terreiro do Paço, R. do Ouro, R. Augusta e R. da Prata. Com o estrangulamento na Praça da Figueira deveria proceder-se à construção de uma bacia de retenção no Martim Moniz, desviando também o caudal do colector da R. da Prata para o colector da R. Augusta.

- A ribeira de Alcântara, principal linha de água e a mais longa do concelho, corria ao longo de um vale profundo que separa a cidade de Lisboa da Serra de Monsanto, desenvolvendo-se desde a Serra da Carregueira, a jusante de Belas, até ao rio Tejo, junto à doca de Alcântara, numa extensão de cerca de 13 km. O seu encanamento progressivo tornando-se no actual caneiro de Alcântara, facilitou o transporte de mercadorias, o desenvolvimento do caminho de ferro, do Porto de Lisboa, com melhoria das condições de salubridade e de saúde pública face à crescente urbanização e às descargas directas de águas residuais domésticas na ribeira. Simultaneamente minimizou as frequentes inundações nesta zona, apesar de presentemente promover-se a renaturalização das linhas de água. O traçado do caneiro de Alcântara integra 4 ramos: o ramo Benfica–Campolide, o ramal das Avenidas-Novas, o ramo Campolide-Alcântara e o troço Marítimo (a jusante da ETAR). Actualmente no caneiro existem problemas de desgaste, de rotura da estrutura, abatimentos e assoreamento.

- Devido às inundações em Entre Campos e Campo Grande, foi construído um colector túnel Campo Grande – Chelas, no final dos anos 60, que permite

encaminhar as águas pluviais para o Tejo na zona de Xabregas.

- Na Alta de Lisboa, no Parque Urbano Oeste, foi construída uma sequência de bacias de retenção que se destina a regularizar o caudal pluvial afluyente da zona norte desta nova urbanização, dada a falta de capacidade da rede de drenagem a jusante.

- Entre as Galinheiras e a Calçada do Carriche existe um troço pluvial a céu aberto no Vale da Ameixoeira, que arrasta detritos para os colectores a jusante, reduzindo a capacidade hidráulica e originando inundações na Calçada do Carriche.

- O troço a céu aberto junto a uma quinta, entre a Estrada do Lumiar e o Campo de Golfe, do Parque Monteiro Mor, origina inundações no Museu do Traje.

- Os seguintes colectores foram identificados como estando sobre a influência da maré: colector da R. Fradesso da Silveira, colector LR2, colector da 24 de Julho e colector da Praça do Município. Assim, aquando da ocorrência simultânea de precipitação significativa e de preia-mar, é muito frequente verificarem-se inundações, especialmente na zona de Algés-Alcântara e em Alfama. Estas situações podem ser mitigadas recorrendo a diversas infra-estruturas, designadamente: a) válvulas de maré na descarga para o rio, de forma a evitar a entrada de caudais estuarinos; b) substituição de tampas das câmaras de visita por dispositivos que não sejam deslocados aquando da entrada em carga do colector; c) desconexão dos colectores das zonas baixas (nomeadamente em Alcântara) do rio ou do caneiro.

- Parte significativa das águas residuais domésticas não está a ser interceptada, descarregando directamente no estuário do rio Tejo. Este problema deve-se, sobretudo, à inexistência de descarregadores que constavam nos projectos de execução mas que não chegaram a ser construídos, e dos existentes se apresentarem deficientemente concebidos e/ou construídos, ou terem sido danificados ou destruídos.

- Uma parte considerável do caudal de águas residuais domésticas proveniente da canalização da ribeira de Chelas não aflui à ETAR de Chelas.

- O sistema de Beirolas tem deficiências, nomeadamente na canalização da linha de água que passa na Av. Berlim (canalização designada por Nova II), que transporta um caudal doméstico considerável que não afluí ao sistema interceptor.
- Todo o caudal residual doméstico da zona ribeirinha, descarrega directamente para o Rio Tejo sem qualquer tipo de tratamento.
- Lacunas e erros no cadastro, nomeadamente pela falta de informação sobre a cota do terreno, cota (ou profundidade) da soleira, tipo de secção, material do colector, o seu estado de conservação e pelo desconhecimento do traçado do colector.
- Verificou-se igualmente no cadastro desalinhamento de coroas (colectores afluentes alinhados em termos de soleira, com os colectores principais); e incongruências entre a profundidade à soleira e as dimensões do colector (profundidade inferior à dimensão do colector).



## 11 QUALIDADE DAS ÁGUAS PLUVIAIS

A magnitude e o tipo de acumulação dos poluentes nas superfícies pavimentadas depende do próprio pavimento, do perfil longitudinal e transversal da via, do volume de tráfego, das actividades de manutenção, de variáveis sazonais e do uso do solo da área adjacente. Muitos dos poluentes são característicos do tipo de material do pavimento, produtos de combustão, perdas do sistema de lubrificação, degradação dos pneus, perdas de produtos em transporte, derrames acidentais e produtos resultantes da corrosão e do desgaste de componentes dos veículos automóveis. Existem outros poluentes provenientes de fontes como a poluição atmosférica, a erosão do solo, indústrias, resíduos, animais e vegetação, que podem ser transportados de zonas distantes pela chuva e vento contribuindo para a poluição das águas de escorrências (LNEC, 2006).

Entre os poluentes mais comuns presentes nestas águas encontram-se os metais pesados (zinco, cobre, chumbo, cádmio, crómio), os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), os óleos e gorduras, os sólidos suspensos totais, a matéria orgânica (LNEC, 2006).

O Quadro 17 apresenta uma revisão geral dos tipos de poluentes que se encontram no ambiente rodoviário e das suas principais origens.

O uso do chumbo (Pb) como aditivo na gasolina está proibido nos países da União Europeia, desde 1 de Janeiro de 2000 (Decreto-Lei nº 104/2000 de 3 de Junho), no entanto, apesar de se ter verificado um decréscimo considerável de chumbo nas águas de escorrência de estradas, a quantidade de chumbo emitida durante décadas, continua presente nos solos envolventes. A solução de substituição do Pb por MTBE (*Metyl Tertiary Butyl Ether*) não será adequada a longo prazo, uma vez que para além de ser solúvel na água, também é um produto cancerígeno (LNEC, 2006).

A poluição das estradas por hidrocarbonetos ou HAP (Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos) é gerada pelo processo de combustão no motor (de combustíveis e de óleos) ou através de perdas de óleos dos sistemas de lubrificação (LNEC, 2006).

Quadro 17 - Síntese de poluentes presentes no ambiente rodoviário e respectivas origens.

Tipo de poluentes	Principais origens								
	Pneus	Travões	Combustível e/ou óleo do motor	Óleos de lubrificação	Materiais da viatura	Pavimento	Lixos	Guardas de segurança	Solo, poeiras da carroçaria; vegetação, excrementos de animais, fertilizantes
<b>Metais pesados</b>									
Cádmio									
Chumbo									
Cobre									
Crómio									
Ferro									
Níquel									
Vanádio									
Zinco									
<b>Hidrocarbonetos</b>									
HAP									
<b>Nutrientes</b>									
<b>Matéria orgânica</b>									
<b>Partículas</b>									
<b>Microrganismos</b>									
<b>Sais<sup>1</sup></b>									

1 – Sais para evitar o congelamento, muito pouco utilizados em Portugal

Fonte: (LNEC, 2006)

São frequentemente depositados nas estradas sólidos, como poeiras, areia, vidro, plástico, e ainda, partículas orgânicas de solo (húmus). É comum a adsorção de metais pesados e hidrocarbonetos a estas partículas. As poeiras, solo e húmus podem também conter bactérias e vírus, eventualmente patogénicos, além de outros microrganismos. A fracção de sólidos suspensos, mobilizados pelo vento ou pela pluviosidade, constitui a mais importante fonte de poluição do ambiente rodoviário (LNEC, 2006).

O conteúdo de matéria orgânica vai depender da vegetação, da ocupação do solo da envolvente, e de acções antrópicas como a fertilização de taludes da estrada ou de zonas agrícolas limítrofes. As águas de escorrência das estradas podem conter pequenas quantidades de amónia, nitratos, nitritos, azoto orgânico e fosfatos (LNEC, 2006).

O Quadro 18 apresenta concentrações típicas de alguns poluentes em águas de drenagem urbanas e de estradas. As águas de drenagem urbanas possuem, geralmente, valores mais elevados em nutrientes e coliformes do que as águas pluviais de vias rodoviárias. Por este motivo, a determinação da Carência Química e

Bioquímica de Oxigênio (CQO e CBO), coliformes e nutrientes (fósforo e azoto) é mais importante naquele caso (LNEC, 2006).

Quadro 18 - Concentrações típicas para alguns poluentes presentes em águas de drenagem urbanas e de estradas

Poluente	Águas de escorrência de áreas urbanas	Águas de escorrência de estradas
SST (mg/l)	30 – 100	30 - 60
CQO (mg/l)	40 – 60	25 - 60
CBO <sub>5</sub> (mg/l)	5	-
N- Total (mg/l)	2	1 – 2
P- Total (mg/l)	0,5	0,2 – 0,5
Pb (µg/l)	50 – 150	50 – 125
Zn (µg/l)	300 – 500	125 – 400
Cu (µg/l)	5 – 40	-
Cd (µg/l)	0,5 – 3	5 – 25
E. coli (100 ml <sup>-1</sup> )	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup>	-

Fonte: (LNEC, 2006)

No Quadro 19 apresentam-se valores de qualidade de águas de escorrência obtidos em diversos estudos a nível internacional.

Quadro 19 - Valores ilustrativos da qualidade das águas de escorrência obtidos em diversos estudos.

País	TMD	pH		Cond. (µS/cm)		SST (mg/l)		Pb (mg/l)		Zn (mg/l)		Cu (mg/l)		Cd (mg/l)	
		min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
EUA, Bellevue WA (Ebbert <i>et al.</i> , 1983) <sup>3</sup>	-	3,4	7,9	12	1480	1	2740	4	1800	-	-	-	-	-	-
EUA, Ohio (Pitt, 1985) <sup>3</sup>	-	5,2	7,4	16	300	24	620	< 100	820	30	370	-	-	-	-
Noruega (Lygren <i>et al.</i> , 1984) <sup>4</sup>	8000	6,7	9,1	41	5870	162	2420	62	690	91	740	10	430	-	-
	41000	-	-	-	-	-	137	-	202	-	360	-	97	-	-
Alemanha (Stotz, 1987) <sup>3</sup>	47000	-	-	-	-	-	181	-	245	-	620	-	117	-	-
	40600	-	-	-	-	-	252	-	163	-	320	-	58	-	-
Reino Unido (Revitt <i>et al.</i> , 1987) <sup>3</sup>	37600	-	-	-	-	2	192	-	181	-	-	-	63	-	-
Reino Unido (Hamilton <i>et al.</i> , 1987) <sup>3</sup>	720	-	-	-	-	-	-	-	28,1	-	16,6	-	6,5	-	-
Alemanha (Dannecker <i>et al.</i> , 1990) <sup>3</sup>	500	-	-	-	-	-	-	-	122	-	165,6	-	75,9	-	-
EUA (Hvitved-Jacobsen and Yousef, 1991) <sup>3</sup>	-	5,9	7,8	45	175	-	-	30	379	13	173	10	101	-	-
Reino Unido (Hewitt and Rashed, 1992) <sup>3</sup>	150	-	-	-	-	-	-	1	151	0,7	85	0	14	-	-
França (Bardin <i>et al.</i> , 1996) <sup>3</sup>	-	-	-	-	-	37	128	< 5	90	177	681	9	49	-	-
Portugal, Vila Real (Barbosa, 1999)	6000	5,9	7,2	8,8	183,8	< 8	147	< 1	200	< 50	1462	< 1	54	-	-
Reading, UK (POLMIT, 2000)	98200	6,0	7,7	150	12000	160	704	43	1800	140	4200	50	1000	< 1	13
Oxford, UK (POLMIT, 2000)	77700	6,5	6,7	72	2000	70	134	< 20	54	84	200	22	55	< 1	-
Nieuwegein*, NI (POLMIT, 2000)	150000	6,5	7,6	120	9600	-	-	3	95	52	1700	17	160	0	2
Spaarnwoude*, NI (POLMIT, 2000)	90000	5,7	7,8	90	3500	-	-	0	88	28	290	13	61	0	3
Svaneberg, SW (POLMIT, 2000)	7350	6,3	7,1	30	10140	-	-	3	18	51	220	6	70	0	0
Norsholm, SW (POLMIT, 2000)	18000	6,2	7,7	50	33190	-	-	4	43	92	490	12	100	0	1
Lohja, FI (POLMIT, 2000)	13700	6,8	7,6	59	5100	< 10	50	6	15	54	88	0	17	0,08	0
Utti, FI (POLMIT, 2000)	8000	6,9	7,1	57	2400	< 10	10	5	10	57	92	0	18	0,05	< 0,3
Vejenbrod, Dk (POLMIT, 2000)	29000	6,8	7,9	42	14000	< 10	40	8	46	47	330	3	95	< 0,1	1
Rud, Dk (POLMIT, 2000)	22000	6,6	7,3	31	19730	13	607	5	47	100	700	18	140	0,07	1
Erdre*, F (POLMIT, 2000)	25000	6,7	7,8	41	5285	6	507	5	41	130	460	< 2	32	< 0,1	2
Houdan*, F (POLMIT, 2000)	25000	7,0	7,9	91	1263	0	114	10	76	< 10	300	8	48	0,1	1
Recta do Cabo, Pt (POLMIT, 2000)	21800	7,5	8,3	120	1400	18	1557	< 100	-	< 100	170	2	130	< 10	< 10
Vila Real, Pt (POLMIT, 2000)	8500	6,6	7,5	< 50	< 110	< 3	316	< 100	< 100	1100	2000	1	< 100	< 10	< 10

Nota: \*asfalto poroso; TMD - Tráfego Médio Diário

<sup>3</sup> Fonte: (Matos *et al.*, 1999); <sup>4</sup> Fonte: (Barbosa, 1999)

Fonte: (LNEC, 2006)

Relativamente ao pavimento existem dois tipos de asfalto para a construção de estradas, o liso e o poroso, podendo também ser usado pavimento em betão. O asfalto liso, é uma superfície plana e dura e o asfalto poroso é mais áspero com granulometrias mais grosseiras nas camadas superiores. O asfalto poroso tem

melhores propriedades que o asfalto liso relativamente à retenção de poluentes e de água (LNEC, 2006).

O peso do veículo desempenha um papel importante nas quebras do pavimento, uma vez que, a erosão da superfície da estrada e o desgaste do pneu é tanto maior quanto mais pesado for o carro. A taxa de erosão também depende dos materiais de construção do pavimento, da sua idade e do estado de conservação (LNEC, 2006).

Para além disso, os carros novos poluem menos que os antigos, uma vez que a sua concepção passou a considerar preocupações ambientais. Exemplo disso, foi a redução das taxas de emissão de poluentes dos novos motores de sistemas electrónicos relativamente aos motores mais antigos. A emissão de substâncias poluentes depende do tipo de transmissão, do tipo de catalisador, da aerodinâmica, do peso e do estado de manutenção do carro. De acordo com estudos realizados os motores a diesel e os motores a gasolina poluem diferentemente. O Quadro 20 apresenta a comparação das taxas de emissão de poluentes de carros a diesel e a gasolina (LNEC, 2006).

Quadro 20 - Comparação de taxas de emissão de poluentes para veículos a gasolina e a diesel

Poluente	Taxa de emissão (g/km)	
	Veículos a gasolina	Veículos a diesel
NO <sub>x</sub>	2	0,8
Hidrocarbonetos	4	0,3
CO	40	1
CH <sub>4</sub>	0,1	0,03
SO <sub>2</sub>	0,1	0,2
Pb*	-	-
Partículas	0,02	0,5

Nota: \* A utilização de Pb na gasolina encontra-se proibida na UE desde 1 de Janeiro de 2000

Fonte: (LNEC, 2006)

A velocidade do veículo, os hábitos de condução e as características do tráfego têm também uma influência directa nas emissões produzidas pela abrasão dos pneus, desgaste das pastilhas dos travões, perdas de óleos do sistema de lubrificação, entre outros. As emissões de escape produzidas por tráfego moderado são inferiores às do tráfego em filas de trânsito. As taxas de emissão de NO<sub>x</sub> aumentam para velocidades elevadas, devido ao pico de temperatura no interior do motor. Por outro lado, quando o motor se encontra frio, as emissões de CO, hidrocarbonetos e NO<sub>x</sub> são superiores. A velocidade óptima na qual o motor trabalha com maior

eficiência, gerando menos poluição, é 50-60km/h para motores com catalisador (LNEC, 2006).

Alguns autores afirmam que a quantidade de poluentes dificilmente se deposita além dos 30 metros da estrada. Habitualmente, as quantidades de poluentes seguem um padrão logarítmico decrescente, à medida que a distância à estrada aumenta. A maior parte da concentração de poluentes, encontra-se numa faixa que vai dos 15-20 m da estrada. Relativamente à concentração de HAP, uma vez que permanecem na fase gasosa, a sua dispersão é muito maior que a verificada no caso dos metais pesados. A dispersão aérea é responsável pela deposição junto da estrada, de 1-5% dos HAP de baixo peso molecular e cerca de 30 % dos compostos de HAP de alto peso molecular (LNEC, 2006).

Uma estrada pode ter um dado padrão de acumulação de poluentes no seu pavimento, mas o que vai condicionar a qualidade da água de escorrência (i.e., a concentração de poluentes) é a duração, frequência e intensidade da chuvada. Quanto maior o volume de escorrência, maior é a percentagem de poluente transportado (LNEC, 2006).

Foi demonstrado por diversos autores que a carga de poluentes veiculada pelos caudais pluviais durante o início do hidrograma de cheias (fluxo inicial ou “first flush”) pode ser superior à das águas residuais, em tempo seco (Matos *et al.*, 2007a).

Há ainda que considerar a protecção dos solos da envolvente não só porque estes constituem o suporte dos ecossistemas, como também são a interface entre as águas superficiais e as subterrâneas. Assim, quando um solo apresenta, à partida ou naturalmente, um teor elevado em metais pesados, significa que terá menor capacidade de reter metais provenientes das escorrências de estradas, ou seja, não consegue funcionar como zona tampão (Barbosa *et al.*, 2005).

O trabalho experimental realizado por (Ferreira, 2006 referido por Matos *et al.*, 2007a), teve por objectivo principal a quantificação da carga poluente média das escorrências pluviais urbanas, numa bacia urbana da cidade de Lisboa, relativamente a diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. O trabalho consistiu na recolha de amostras de escorrências pluviais em seis dispositivos interceptores (caixas de sumidouros de grades) localizados na bacia de drenagem da Ajuda, em Lisboa, com vista à determinação dos seguintes parâmetros analíticos

em laboratório: carência química em oxigénio (CQO), carência bioquímica em oxigénio, aos 5 dias (CBO<sub>5</sub>), sólidos suspensos totais (SST) e bactérias coliformes (coliformes totais). As campanhas experimentais foram efectuadas durante ou após a ocorrência de precipitações, desde que se tivesse procedido, à limpeza dos receptáculos instalados nos sumidouros, antes da chuvada.

No Quadro 21 apresenta-se a síntese dos resultados obtidos no âmbito das campanhas experimentais destinadas à caracterização das escorrências pluviais na bacia da Ajuda, em Lisboa.

Quadro 21 – Síntese dos resultados de qualidade das escorrências pluviais (bacia da Ajuda, em Lisboa).

Grandeza	SST [mg/l]	CQO [mg/l]	CBO <sub>5</sub> [mg/l]	CT [NMP/100ml]
Concentrações médias observadas	390	203	32	6.7E+06
Intervalo de valores observados	8-2300	2-1100	2-241	2.6E+04 - 7.9E+07
Concentrações médias por campanha	46-1184	45-615	6-67	5.1E+05 - 2.1E+07

Fonte: (Matos *et al.*, 2007a)

Comparando estes valores com os de outros estudos, realizados com objectivos idênticos noutros países do Mundo, conclui-se que (Ferreira, 2006 referido por Matos *et al.*, 2007a):

- As concentrações médias observadas são da ordem de grandeza das da base de dados QASTOR, em França, e das registadas em colectores pluviais de Paris, embora sejam superiores aos valores típicos dos EUA e às concentrações obtidas na Suíça.
- Os intervalos de valores observados enquadram-se nos reportados pela base de dados QASTOR, em França, sendo superiores aos obtidos em Paris.

Os elevados valores médios referentes às concentrações em SST, CQO e CT (Coliformes Totais) merecem relevo, uma vez que evidenciam o significativo impacto no meio receptor, em resultado da descarga de escorrências pluviais. Estas concentrações excedem, os valores limite de emissão definidos pelo Decreto-Lei nº 236/98, bem como as concentrações máximas das descargas de efluentes urbanos impostas pelo Decreto-Lei nº 152/97 (Matos *et al.*, 2007a).

## 12 METODOLOGIA

Na elaboração de um modelo ou esquema matricial da água pluvial na cidade de Lisboa, integrando os componentes e as interações do ciclo urbano da água, para a obtenção de um volume de água pluvial aproveitável para usos não potáveis, foram efectuados uma sequência de passos que seguidamente serão descritos.

### 12.1 BALANÇO HÍDRICO

Inicialmente, pretende-se realizar o balanço hídrico para a cidade de Lisboa.

Na equação do balanço hídrico relaciona-se as entradas e saídas de água (afluências e efluências) ocorridas num determinado espaço e durante um certo período de tempo, com a variação do volume do mesmo líquido no interior desse mesmo espaço, durante o intervalo de tempo referido (Lencastre e Franco 1992):

$$\text{Afluências} - \text{Efluências} = \text{Variação no Armazenamento de Água}$$

A técnica mais divulgada da aplicação do balanço hídrico é a de Thornthwaite e Mather que utiliza a seguinte equação (Lencastre e Franco 1992):

$$P - (ETe + \Delta S_{so}) = R + \Delta S_s + G + \Delta S_{sso} \quad (\text{em unidades de volume ou altura de água})$$

em que,

P – precipitação

ETe – evapotranspiração efectiva (evaporação do solo e transpiração das plantas)

R – escoamento superficial

G – escoamento subterrâneo

$\Delta S_s$ ,  $\Delta S_{so}$  e  $\Delta S_{sso}$  – variações do armazenamento de água, respectivamente, à superfície, no solo arável e no subsolo.

Nesta equação verifica-se que existe superavit hídrico quando a precipitação é maior ou igual à evapotranspiração, contribuindo para o aumento do armazenamento de água no solo, até ao limite da capacidade utilizável do solo. O défice hídrico surge quando ocorre o contrário, a precipitação é menor que a evapotranspiração. Todavia, a diminuição do armazenamento de água no solo não é linear, devido ao aumento das forças de retenção da água no solo com a sua secagem (Lencastre e Franco 1992).

Por forma a dar uma indicação dos valores dos componentes do balanço hídrico, verifica-se que dos 962 mm/ano de precipitação que ocorre sobre Portugal continental, estes dividem-se em 577 mm/ano para a evapotranspiração real e 385 mm/ano no escoamento (Plano Nacional da Água de 2010).

A Figura 58 indica a variação média ao longo do ano das várias componentes do balanço hídrico. Verifica-se que o máximo da precipitação ocorre em Dezembro e que o máximo do escoamento ocorre em Fevereiro. No início do ano hidrológico o baixo teor de humidade dos solos faz com que as primeiras chuvas do ano contribuam substancialmente para a recarga. Com a saturação dos solos a precipitação tende a provocar um maior escoamento superficial, em detrimento da recarga, dando origem ao desfasamento dos picos observados.

É também possível constatar que a evapotranspiração real tem o seu máximo em Maio, dois meses antes do máximo da evapotranspiração potencial. Apesar das condições climáticas de Julho conduzirem a valores elevados de evapotranspiração potencial, a ausência de água no solo faz com que essa capacidade evaporativa não seja aproveitada (Plano Nacional da Água de 2010).

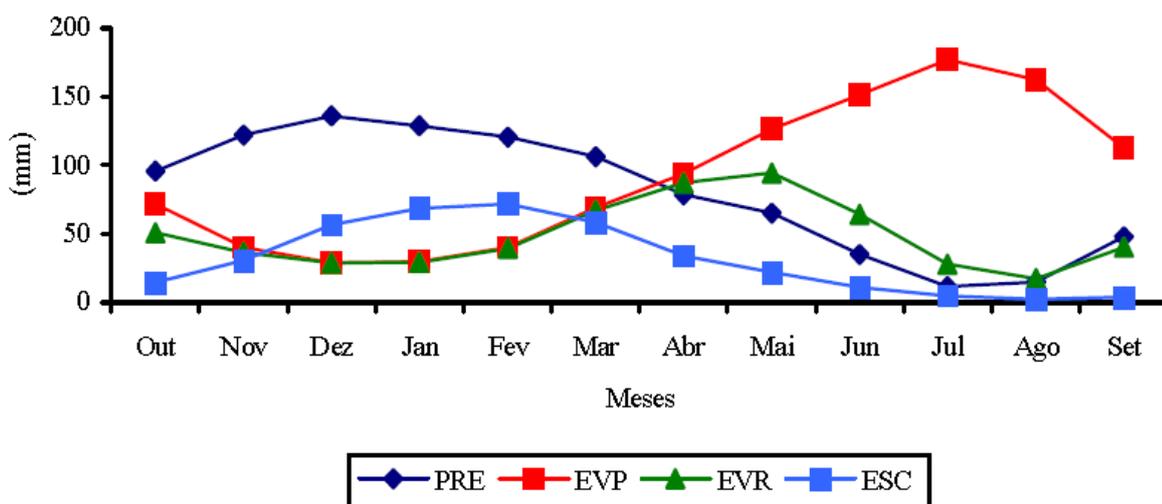


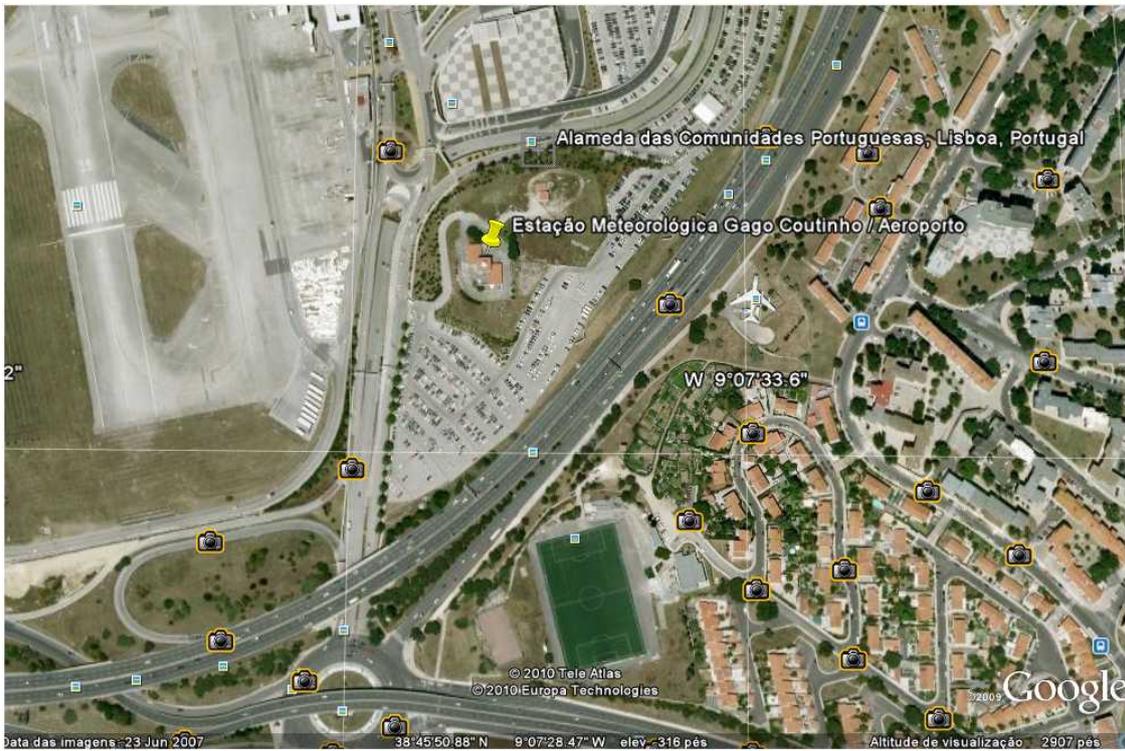
Figura 58 - Síntese do balanço hídrico à escala mensal para Portugal continental. Fonte: (Plano Nacional da Água de 2010)

## 12.2 DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO EM LISBOA

Para a elaboração do balanço hídrico na cidade de Lisboa foram utilizados dados das estações meteorológicas clássicas da Gago Coutinho, no Aeroporto e do Instituto Geofísico de Lisboa, na R. da Escola Politécnica, junto ao Jardim Botânico (de entre as estações clássicas que ainda inclui a da Tapada da Ajuda). Na primeira estação os dados da precipitação e evaporação total mensal foram recolhidos do boletim meteorológico para a agricultura, e na segunda os dados foram adquiridos ao IM (Figura 59).

**Estações meteorológicas clássicas de Lisboa**

Coordenadas	Gago Coutinho / Aeroporto	Instituto Geofísico
Latitude	38° 45' 58.35" N	38° 43' 8.70" N
Longitude	9° 7' 42.17" W	9° 8' 58.87" W



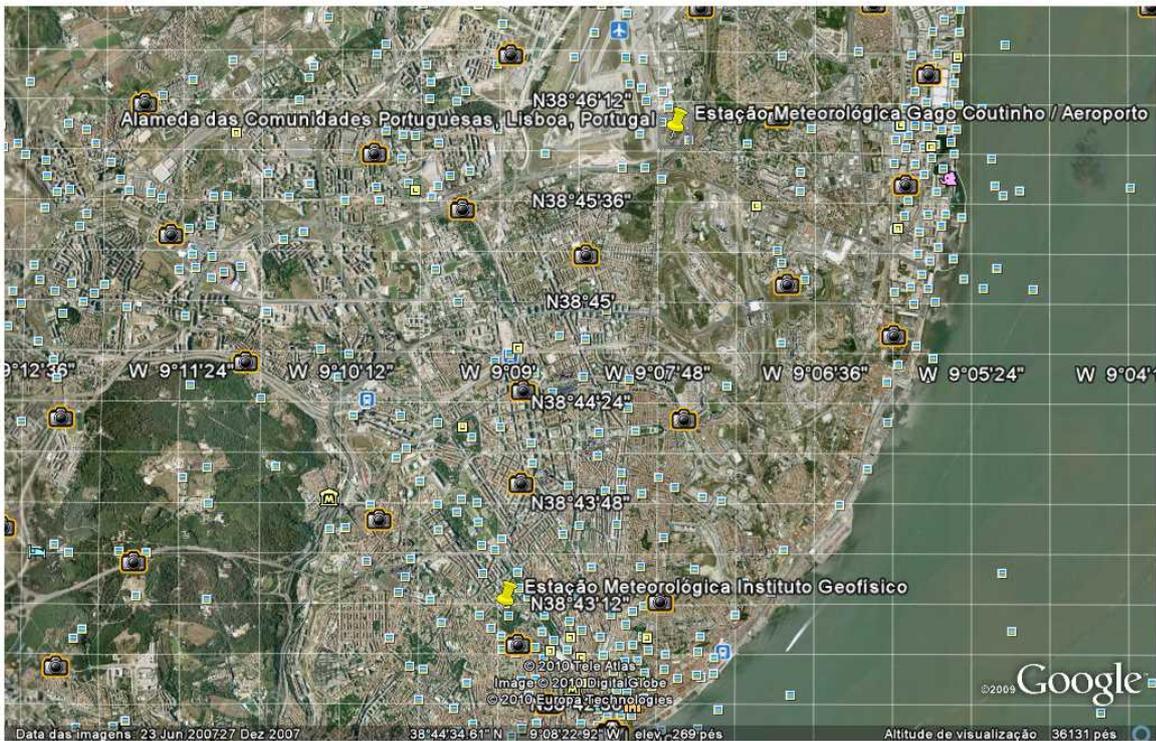


Figura 59 - Localização das estações meteorológica da Gago Coutinho / Aeroporto e do Instituto Geofísico.

No Quadro 22 apresentam-se os dados meteorológicos obtidos com os valores médios da precipitação e evaporação total mensal dos anos 1971 a 2000 (30 anos), bem como os totais anuais das estações meteorológicas Gago Coutinho / Aeroporto e Instituto Geofísico.

Quadro 22 – Dados meteorológicos (precipitação e evaporação total média mensal) em estações meteorológicas de Lisboa (Gago Coutinho / Aeroporto e Instituto Geofísico), referentes aos anos de 1971 a 2000.

		Anos 1971 a 2000													
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total	
Estações Meteorológicas de Lisboa	Gago Coutinho /	Precipitação Total Média (mm)	103,1	88,2	50,6	63,2	59,8	16,9	6,6	7,6	27,0	79,9	110,8	118,4	732,1
		Evaporação Total Média (mm)	55,1	67,1	86,9	96,1	107,6	122,2	173,8	165,1	123,5	89,5	69,3	57,5	1213,6
	Instituto Geofísico	Precipitação Total Média (mm)	96,8	90,2	51,2	64,7	55,6	17,2	6,1	6,8	28,5	79,8	107,1	121,8	725,8
		Evaporação Total Média (mm)	49,1	55,4	83,7	87,8	96,1	117,9	143,2	145,9	110,2	83,4	60,8	49,0	1082,5

Para o balanço hídrico foi considerado que o solo é fortemente impermeabilizado, sem vegetação, e a infiltração é negligenciável. Os balanços hídricos das estações meteorológicas encontram-se ilustrados na Figura 60.

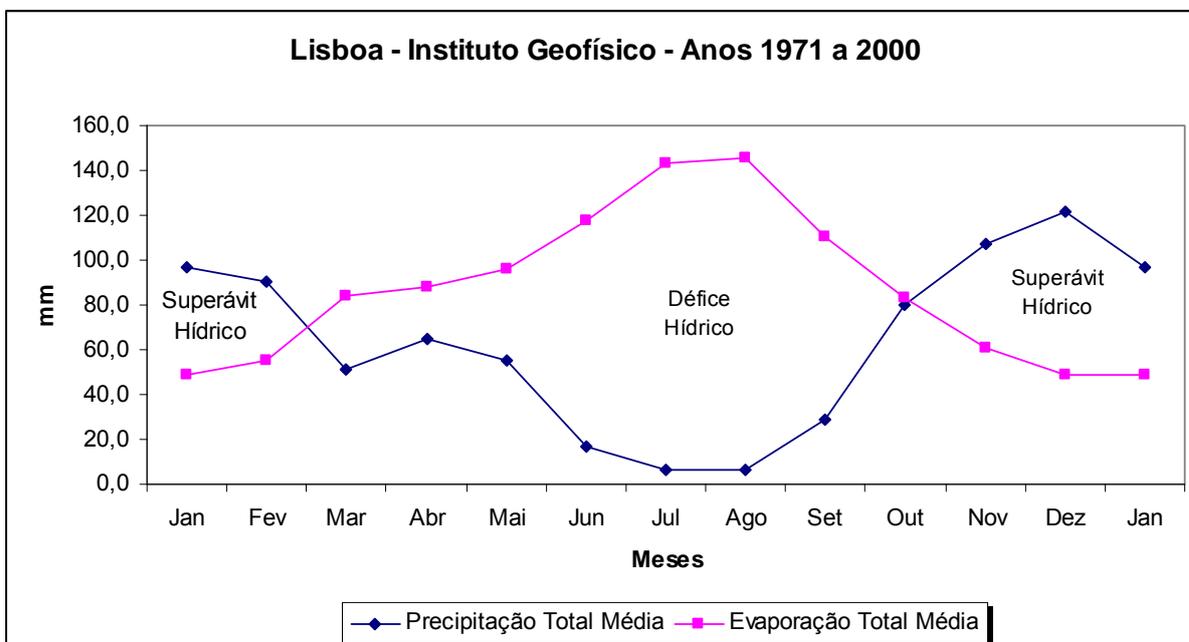
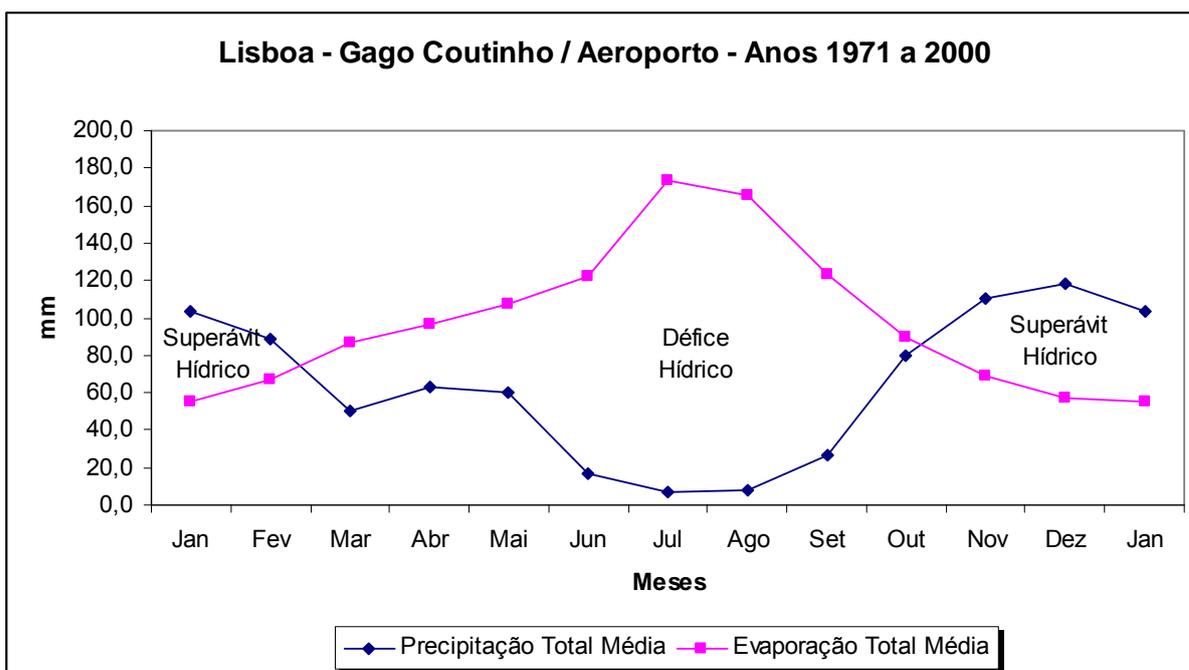
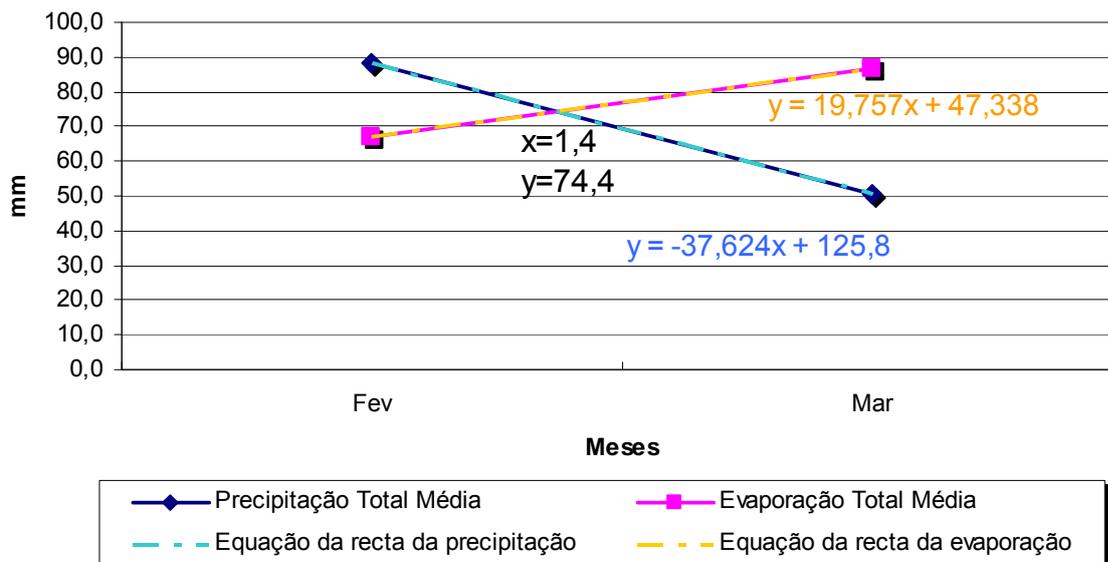


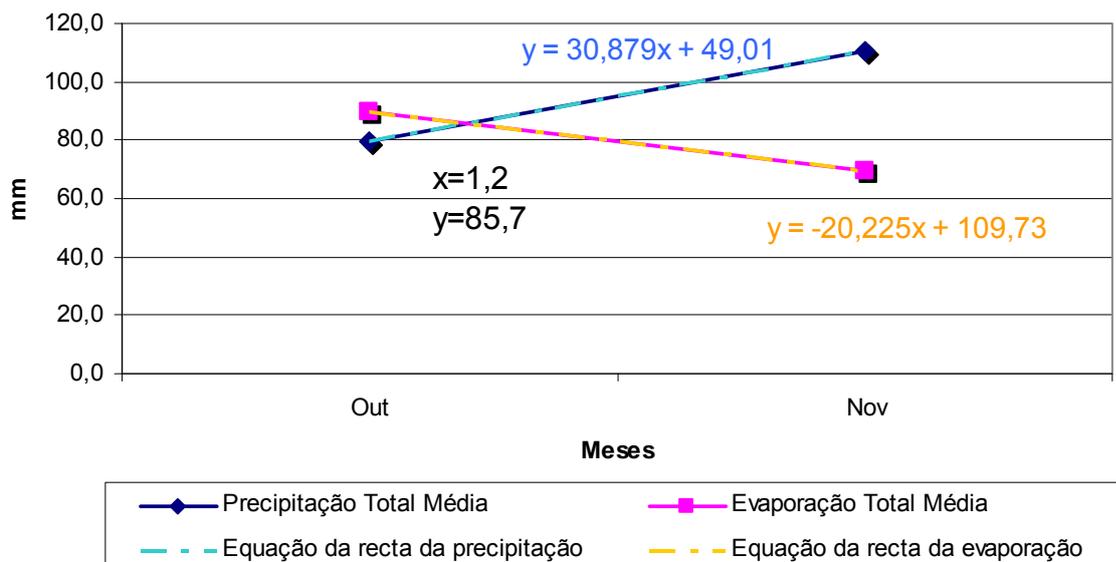
Figura 60 - Resultados do balanço hídrico nas estações meteorológicas Gago Coutinho / Aeroporto e Instituto Geofísico em Lisboa (valores médios da precipitação e evaporação total mensal de 30 anos - 1971 a 2000).

Para o cálculo das áreas referentes ao superávit hídrico, determinaram-se os pontos de intercepção das rectas da precipitação com a evaporação, obtendo-se as seguintes equações e pontos de intercepção, em cada estação (Figura 61).

Lisboa - Gago Coutinho/Aeroporto - Anos 1971 a 2000



Lisboa - Gago Coutinho/Aeroporto - Anos 1971 a 2000



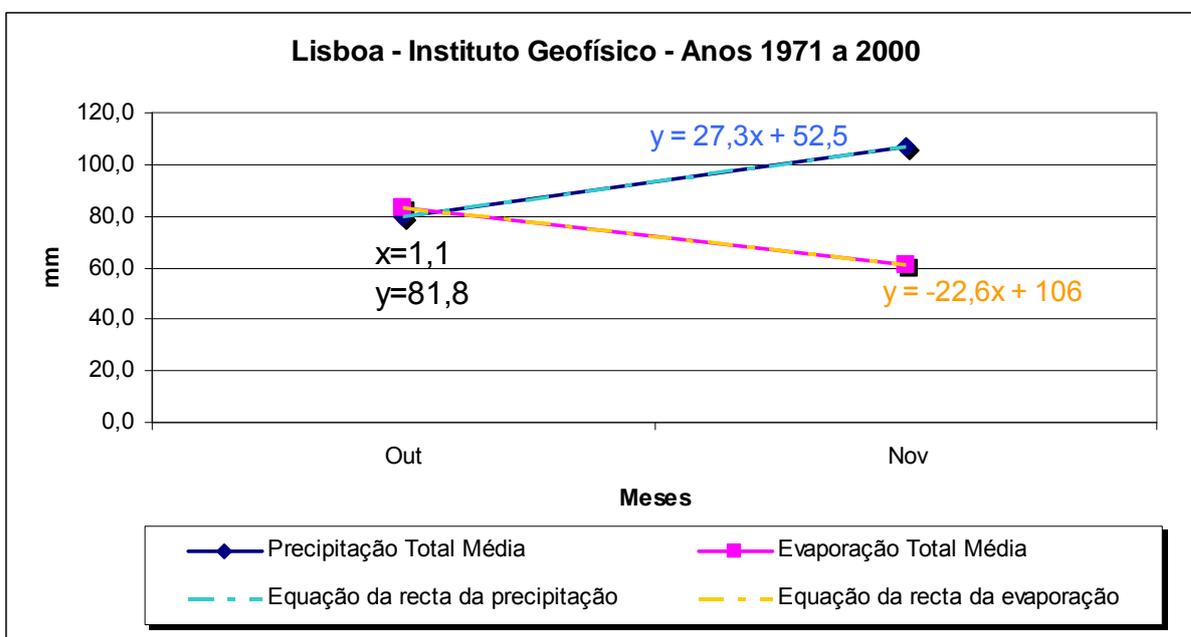
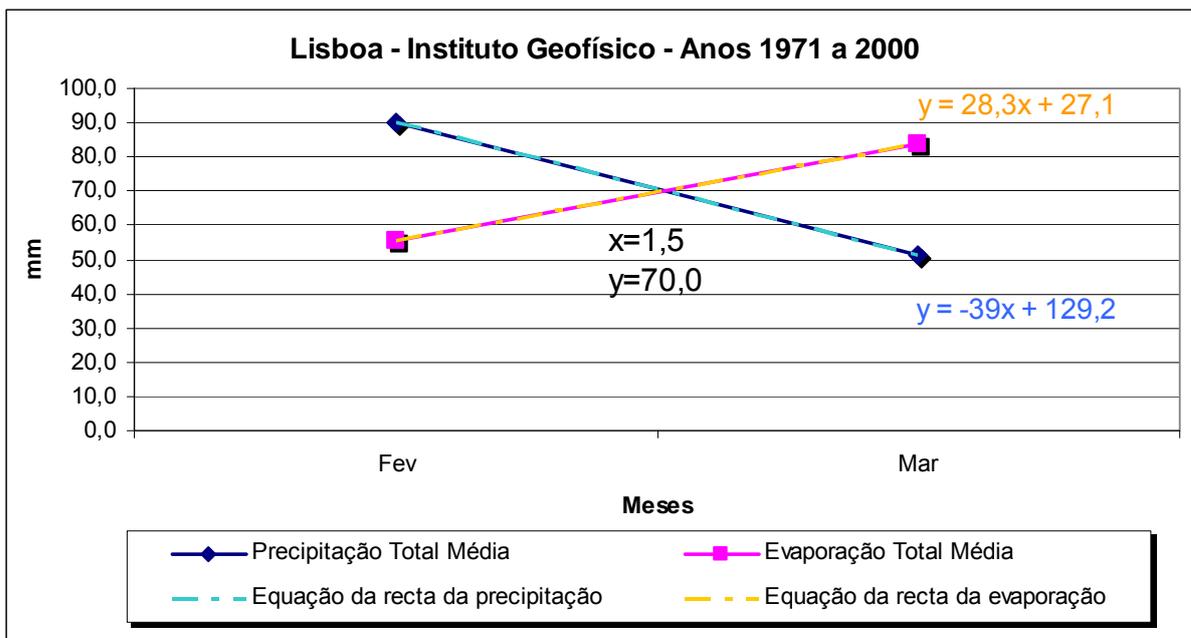


Figura 61 – Determinação dos pontos de intercepção das rectas da precipitação com a evaporação nas estações meteorológicas Gago Coutinho / Aeroporto e Instituto Geofísico em Lisboa

O Quadro 23 resume as áreas referentes ao superávit hídrico para Lisboa, tendo em consideração a estação meteorológica Gago Coutinho / Aeroporto e do Instituto Geofísico.

Quadro 23 - Áreas calculadas para a determinação do superávit hídrico total em Lisboa, Gago Coutinho / Aeroporto e Instituto Geofísico.

Estações Meteorológicas de Lisboa - Anos 1971 a 2000		
	Gago Coutinho / Aeroporto	Instituto Geofísico
Áreas Superávit Hídrico (mm ou l/m <sup>2</sup> )		
Trapézio Jan-Fev	34,6	41,3
Triângulo Fev-Intercepção	3,9	9,0
Triângulo Intercepção-Nov	23,7	21,5
Trapézio Nov-Dez	51,2	59,6
Trapézio Dez-Jan	54,5	60,3
<b>Total</b>	<b>167,9</b>	<b>191,5</b>

## **13 MODELO MATRICIAL DA ÁGUA PLUVIAL - RESULTADOS**

Para a elaboração de um esquema matricial da água pluvial é necessário o conhecimento de diferentes factores, que de alguma forma já foram abordados anteriormente.

Para o preenchimento da matriz optou-se por seleccionar os dados anteriormente desenvolvidos, como a precipitação, a evaporação e o superávit hídrico, da estação meteorológica clássica do Instituto Geofísico de Lisboa, por ser a mais antiga e mais representativa da cidade.

Os restantes valores indicados no esquema foram obtidos da Matriz da Água de Lisboa 2004, produzida pela Lisboa E-Nova – Agência Municipal de Energia e Ambiente, elaborada no âmbito da definição da Estratégia Energético Ambiental para a Cidade de Lisboa.

Assim, na Figura 62 encontra-se representada a matriz do ciclo urbano da água em Lisboa, considerando a área do concelho de Lisboa de 84 623 750,5 m<sup>2</sup>.

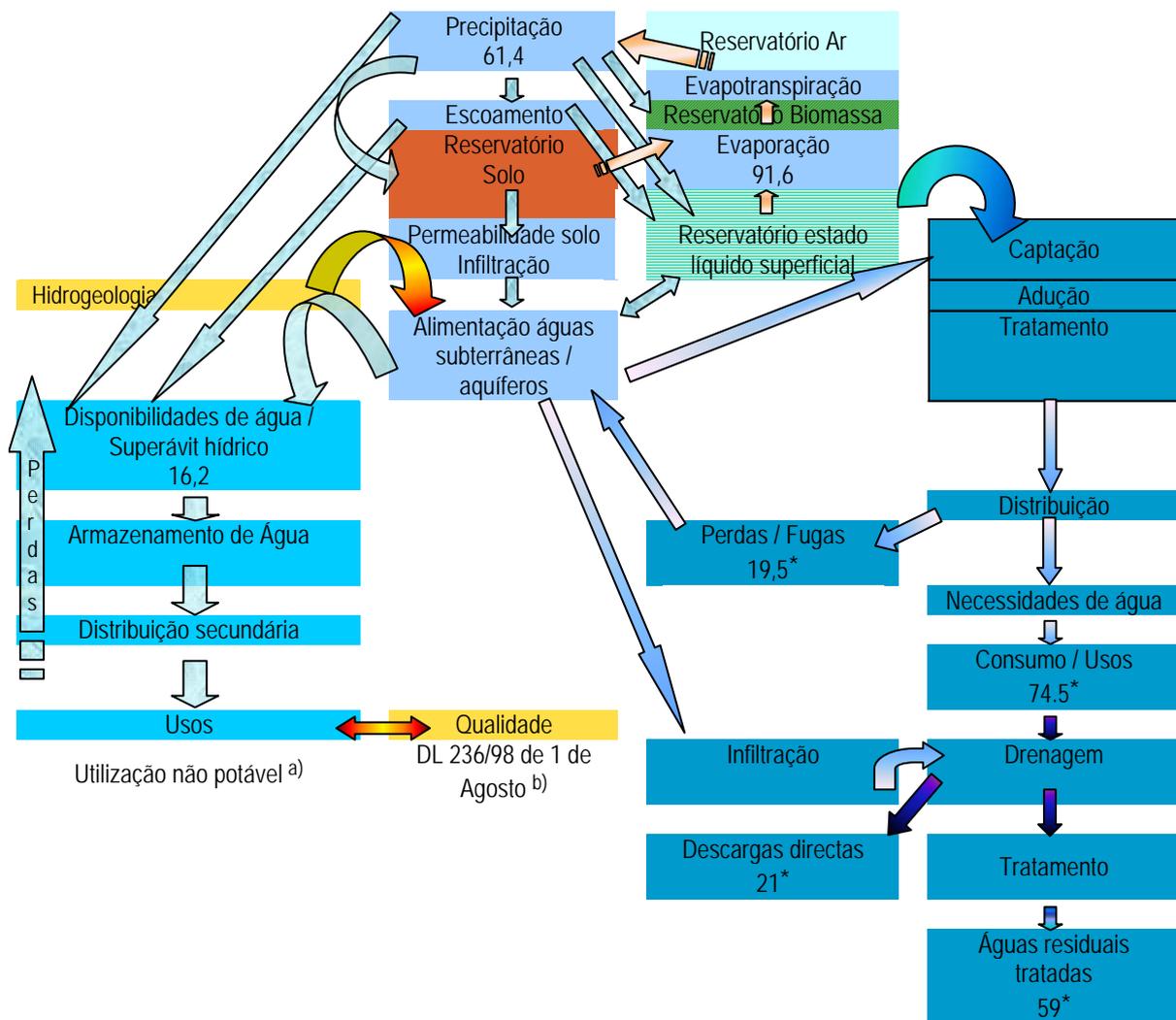


Figura 62 – Matriz do ciclo urbano da água em Lisboa, média anual, em milhões de m<sup>3</sup>, considerando a área do concelho de Lisboa de 84 623 750,5 m<sup>2</sup>.

\*Fonte: (Lisboa E-Nova, 2004)

Nesta Figura a nota a) da utilização não potável poderá incluir os seguintes usos:

- Rega
- Aquacultura
- Lagos e espelhos de água artificiais (prevendo a sua recirculação)
- Reforço de caudal de cursos de água e manutenção das zonas húmidas
- Reforço do volume de águas subterrâneas e controlo da intrusão salina
- Piscinas
- Produção artificial de neve
- Reserva de protecção contra incêndios
- Autoclismos
- Lavagens (arruamentos, passeios, pátios, praças, parques de estacionamento, pavimentos, sanitários, colectores, contentores, garagens, veículos, partes comuns dos edifícios, roupa)
- Sistema de aquecimento-arrefecimento, AVAC (Aquecimento, Ventilação, Ar Condicionado), torres de arrefecimento na indústria
- Fins industriais (caldeiras, água de processo, entre outros)

- Construção civil
- Controlo de partículas em obras de construção civil

A nota b) da qualidade refere-se aos anexos presentes no Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto que estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Esses anexos, indicados seguidamente, permitem comparar, como referência, a qualidade de uma água pluvial com os seus valores máximos recomendados ou admissíveis:

- Anexo I – Qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano
- Anexo X – Qualidade das águas doces para fins aquícolas – águas piscícolas
- Anexo XV – Qualidade das águas balneares
- Anexo XVI – Qualidade das águas destinadas à rega
- Anexo XXI – Objectivos ambientais de qualidade mínima para as águas superficiais

Nesta matriz é visível a representação do ciclo natural da água, com as interligações dos diferentes reservatórios de água (ar / atmosfera, solo / litosfera, água no estado líquido / hidrosfera, biomassa / biosfera), a passagem pelos diferentes estados físicos, a relação com os aspectos hidrogeológicos, a integração da componente urbana de abastecimento e drenagem, suas implicações, e um modo como o uso da água pode ser mais eficiente, pelo aproveitamento pluvial.

No ciclo da água, a partir da precipitação, e conforme a existência de áreas mais ou menos impermeáveis, consoante a ocupação urbana, ocorrerá determinado escoamento que se infiltrará no solo de acordo com a sua taxa de infiltração e características hidrogeológicas indo alimentar os aquíferos e as massas de água superficiais, que por seu turno se interrelacionam. Além do reservatório solo, a água pluvial também atinge directa e indirectamente o reservatório da água no estado líquido e o reservatório da biomassa. A água para atingir o reservatório da atmosfera, que por seu turno voltará a originar a precipitação, evapora-se do reservatório da litosfera e do reservatório da hidrosfera, assim como da transpiração do reservatório da biomassa / biosfera.

Na intervenção humana é efectuada a captação em massas de água superficiais e/ou subterrâneas que será aduzida com realização do respectivo tratamento, distribuição para os diferentes usos conforme as necessidades de água, que após o seu consumo é drenada e executado o seu tratamento, sendo uma parte das águas

residuais descarregada directamente no meio receptor (de acordo com dados de 2004). No transporte das águas também se verificam perdas e fugas, assim como infiltrações de água que interferem com as águas subterrâneas.

No esquema é de destacar a disponibilidade de água ou o superávit hídrico obtido através dos cálculos efectuados para a estação meteorológica do Instituto Geofísico, que será uma indicação para a possibilidade do armazenamento de uma parte desta água pluvial em determinado local ou locais de Lisboa, que permitam a sua distribuição secundária em usos não potáveis e compatíveis com os níveis de qualidade exigíveis, nomeadamente os do Decreto Lei nº 236/98 de 1 de Agosto.

É ainda de realçar que o valor do superávit hídrico é bastante inferior ao valor considerado para o consumo de água em Lisboa, subtraindo ainda a taxa de infiltração de água no solo e as perdas resultantes do processo de recolha, do desvio do primeiro fluxo, no tratamento, armazenamento e distribuição secundária da água, sendo por isso insuficiente para suprir as necessidades em água não potável, mesmo supondo que o consumo não potável é 50 % do total.

Estes valores podem ainda ser modificáveis através da sua alteração nos componentes deste modelo, como por exemplo, através das alterações climáticas (capítulo 5.1), que poderá originar: o aumento do valor da evapotranspiração (pelo aumento da temperatura), a diminuição da precipitação, e conseqüente diminuição do escoamento, da alimentação das massas de água e do valor do superávit hídrico. Pelo aumento da temperatura da água, a sua qualidade diminui interferindo, igualmente, na sua disponibilidade.

A tendência para a concentração dos fenómenos pluviosos no Inverno terá também implicações na capacidade de armazenamento da água pluvial.

O aumento das áreas verdes promoverá a evapotranspiração e diminuirá o escoamento, pela diminuição de áreas impermeáveis resultantes da ocupação urbana. Por outro lado, como são sumidouros de CO<sub>2</sub>, um dos gases com efeito de estufa, e como atenuam os efeitos das ondas de calor, contribuem para a melhoria do clima urbano.

Outro aspecto a considerar é a diminuição do consumo de água que poderá ser conseguido através do seu uso eficiente, com as propostas do Programa Nacional

para o Uso Eficiente da Água.

Não obstante, ao se contemplar o armazenamento e aproveitamento das águas pluviais este poderá ser não só predial como integrado ao nível da gestão urbanística, ordenamento do território e saneamento em soluções / estruturas de controlo na origem, promovendo a sustentabilidade do ciclo da água.

A implementação das diferentes tecnologias e de sistemas de aproveitamento de águas pluviais requer, como enunciado, que estas sejam sustentáveis aos diferentes níveis (ambiental, económico social e institucional). O conceito de sustentabilidade está patente em diferentes documentos legais como os apresentados no Anexo 3.



## 14 DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP) PREDIAL

Para além da possibilidade da utilização da água pluvial integrando uma solução de controlo na origem em determinada intervenção urbanística, que será discutida no capítulo seguinte, também a nível predial num edifício ou conjunto de edifícios esse aproveitamento pode-se manifestar através de um SAAP predial, que inclui, normalmente, as seguintes etapas (Figuras 63 e 64):

- Captação, na cobertura dos edifícios, garagens, terraços, pátios, ou outra superfície de recolha;
- Órgãos de condução, que inclui as caleiras (que podem ser protegidas com uma malha de plástico ou de metal) e os tubos de queda;
- Dispositivos de primeira lavagem (*firstflush*);
- Tratamento, que depende da qualidade da água recolhida e das utilizações previstas, e que poderá incluir os seguintes processos:
  - manutenção dos componentes do SAAP e separação da primeira chuvada;
  - o reservatório que actua como clarificador da água pluvial recolhida, através do processo natural de sedimentação / decantação;
  - a filtração com filtros associados aos sistemas de limpeza do telhado (*first-flush*), filtros de cartucho semelhantes aos utilizados em piscinas para partículas com dimensões  $\geq$  a 5  $\mu\text{m}$ , ou outros filtros;
  - eventualmente desinfecção, se a água for para contacto humano directo<sup>2</sup>:
    - com cloro – em que deverá ter-se o cuidado em remover a matéria orgânica devido à formação dos compostos organoclorados, como os trihalometanos, que são potencialmente carcinogénicos; mas que permite obter um residual na água; encontra-se disponível na forma granular ou em pastilha (hipoclorito de cálcio), utilizada na desinfecção de piscinas, sendo a forma recomendada para a água pluvial a líquida (hipoclorito de sódio)
    - com ozono – com a utilização de unidades compactas de ozonização em habitações; este oxidante não se combina com a matéria orgânica para dar origem a substâncias cancerígenas; é adicionado antes da torneira (pois não deixa residual)
    - por UV – deve-se previamente efectuar a filtração, para que não haja matéria orgânica a “ocultar” a acção dos raios UV; é um processo mais dispendioso
    - por pasteurização / esterilização - 60 °C durante 30 min
- Armazenamento em reservatórios, cujo o material poderá ser em:

---

<sup>2</sup> Segundo (ANQIP, 2009a), a utilização de água da chuva em descargas de autoclismo, apenas deve ser admitida quando a água respeite, no mínimo, as normas de qualidade de águas balneares, nos termos do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto.

- betão armado,
  - ferrocimento,
  - pedra,
  - metal, como o aço galvanizado,
  - plástico, como a fibra de vidro, polietileno, em polietileno ornamental (como os que aparentam ser de pedra –Figura 65-), ou como revestimento de outros materiais; devendo exteriormente conter inibidores de radiações UV ou ser pintados com uma pintura de protecção para minimizar os efeitos das radiações UV, e de preferência serem brancos;
- Utilização;
  - Descarga de excedentes adequada;
  - Reforço da alimentação

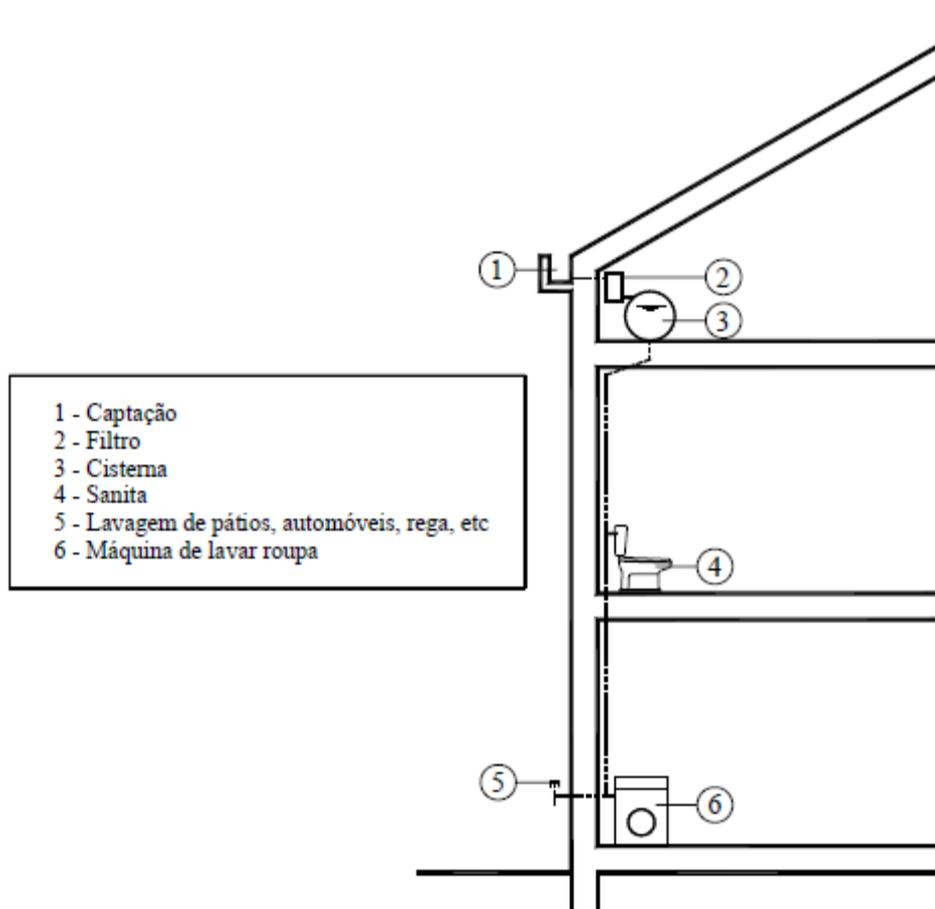


Figura 63 - Sistema de aproveitamento da pluvial com cisterna no sótão.  
 Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

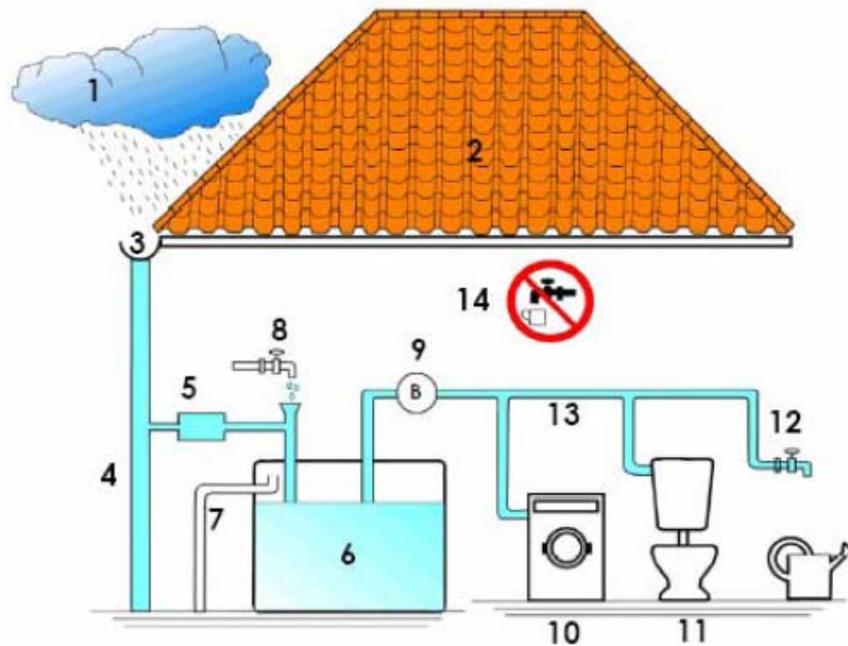


Figura 64 - Sistema predial de aproveitamento das águas pluviais utilizado na Alemanha

Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

Legenda: 1- Precipitação; 2 – Superfície de recolha (telhado da habitação); 3 – Calceiras; 4 – Tubos de queda; 5 – Equipamento de auto-limpeza; 6 – Reservatório de armazenamento de águas pluviais; 7 – Descarga de superfície; 8 – Entrada de água potável; 9 – Equipamento de bombagem; 10 – Máquina de lavar roupa; 11 – descarga de autoclismo; 12 – Torneira de utilização restrita para rega de jardim; 13 – Tubo de distribuição de águas pluviais; 14 – Sinalização de aviso de água não potável.



Figura 65 - Reservatório em polietileno com aspecto semelhante à pedra

Fonte: (Catálogo 3P Technik)

Nestes sistemas após um longo período seco deverá ser efectuado um “by-pass” da primeira chuvada ao reservatório, para lavar a superfície do telhado, que pode conter grandes quantidades de pó acumulado e de detritos.

De acordo com a Especificação Técnica da ANQIP, ETA 0701 Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios, na ausência de dados ou de estudos das condições locais, deverá ser considerado o desvio de um volume correspondente a 2 mm de precipitação, podendo adoptar-se um valor inferior em casos justificados. O volume a desviar será dado pela expressão:

$$Vd = P.A \quad (1)$$

onde

$Vd$  – Volume a desviar do sistema (litros)

$P$  – Altura de precipitação (mm) admitida para o *first flush* (em geral 2 mm)

$A$  – Área de captação ( $m^2$ )

Quando se opte pelo critério de tempo, deverá ser desviado um volume mínimo correspondente aos primeiros 10 minutos de precipitação, podendo adoptar-se um valor menor (não inferior a 2 min) quando o intervalo entre precipitações não exceda quatro dias (ANQIP, 2009a).

Existem alguns dispositivos, que retêm a primeira lavagem ou possuem um filtro ou um reservatório para a rejeição da água de limpeza do telhado, que se encontram disponíveis comercialmente, permitindo melhorar a qualidade da água que vai ser recolhida nos reservatórios. Posteriormente, os detritos são conduzidos para o sistema de drenagem pluvial (Bertolo e Simões, 2008). Todavia, crê-se que este procedimento não será o mais correcto, já que esses detritos deverão ser considerados resíduos e serem tratados e/ou depositados como tal.

De acordo com (ANQIP, 2009a), as águas da chuva provenientes do *overflow* do sistema, do *first flush* e do filtro poderão ser lançadas na rede de águas pluviais, infiltradas ou lançadas em linha de água natural, desde que não exista a possibilidade de contaminação. Contudo, considera-se que deveria ser visto com as respectivas Câmaras Municipais, as Administrações das Regiões Hidrográficas ou com o Instituto da Água para verificar se esta descarga poderá ser realizada e qual a melhor alternativa quando se considera a questão dos resíduos, pelo que ainda seria de consultar a Agência Portuguesa do Ambiente.

## **14.1 RESERVATÓRIOS PARA ARMAZENAMENTO**

### **14.1.1 RECOMENDAÇÕES PARA O RESERVATÓRIO DE ÁGUAS PLUVIAIS**

Devem ser tomados alguns cuidados na instalação e manutenção do reservatório para o armazenamento de água da chuva, que seguidamente se identificam (Bertolo e Simões, 2008):

- a) é aconselhável localizar o reservatório próximo do tubo de queda;
- b) o reservatório pode ser elevado (distribuição gravítica), enterrado (a uma profundidade mínima de 1 m, o que permite aproveitar a protecção geotérmica do solo (ANQIP, 2009a)) ou apoiado;
- c) localização a pelo menos 15 m de uma fonte de poluição, como os estábulos de animais, latrinas, ou se o reservatório for enterrado, de fossas sépticas;
- d) evitar atravessamentos de linhas de água, de colectores e outras infra-estruturas do subsolo;
- e) o material do reservatório deverá ser não tóxico, durável e liso no interior;
- f) o reservatório deverá ser estanque e evitar a entrada de luz para prevenir a proliferação de microrganismos e a evaporação;
- g) pintar de branco os reservatórios localizados à superfície, para reflectir os raios solares, reduzir a evaporação e manter a água fria;
- h) a tampa de inspecção deverá estar fechada;
- i) o tubo da saída de emergência deverá conter uma grade para evitar a entrada de pequenos animais e insectos;
- j) no fundo do reservatório deverá existir um dispositivo para evitar a turbulência na água (diminuindo a velocidade de entrada de água), e não agitar o material sedimentado (“amortecedor de água”). Pode-se utilizar um filtro de sucção flutuante, numa mangueira flexível. A aspiração da bombagem deve-se realizar com baixa velocidade e entre 10 e 15 cm abaixo do nível de água na cisterna (ou através de sistema equivalente que não permita a aspiração de resíduos flutuantes ou sedimentados) (ANQIP, 2009a);
- k) evitar a intrusão da água das chuvas no sistema de água potável;
- l) a entrada de água potável no reservatório da água da chuva deverá estar acima da entrada da água da chuva para não se verificar um retorno da água da chuva ao reservatório de água potável;
- m) a tubagem do SAAP deverá ser de cor diferente da tubagem da rede de água potável. As torneiras também deverão ser distintas;
- n) próximo das torneiras do SAAP, deverá existir uma placa de aviso com a indicação de “ÁGUA NÃO POTÁVEL”;

o) ter em consideração os aspectos construtivos e a protecção sanitária presentes no art. 71º e 72º da secção III relativa aos reservatórios de água para consumo humano do Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto, que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.

#### **14.1.2 PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO OU CISTERNA**

Para o dimensionamento de um reservatório há que considerar o balanço entre as afluências baseadas nas séries de precipitação e os consumos de água (já tratado no capítulo 9).

Para um cálculo mais preciso do volume do reservatório é aconselhável utilizar as séries de precipitações históricas diárias de mais de um ano. Sendo sugerido que se utilize uma série de precipitações diárias dos últimos 10 anos no local de instalação do sistema, ou de um posto udométrico o mais próximo possível do local, por se considerar que uma série histórica dos últimos 10 anos é representativa do clima actual (Bertolo e Simões, 2008).

O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o que cai sob a forma de precipitação. São estimadas perdas, que vão de 10 % a 33 % do volume que precipita, que reflecte o coeficiente de *Runoff* (Tomaz, 2003 referido por Bertolo *et al.*, 2008) e que incluirá a água pluvial da primeira lavagem (*first-flush*).

Estas perdas dependem de vários factores como: o material e textura do telhado (que influencia a velocidade do escoamento), a evaporação, a limpeza do telhado, a auto-limpeza, as ineficiências no processo de recolha e outras. Por exemplo, um telhado de material mais liso e impermeável contribui para o aumento da qualidade e quantidade da água recolhida (Bertolo e Simões, 2008).

O conceito de coeficiente de *Runoff* é diferente do conceito de coeficiente de escoamento (capítulo 7). Por exemplo, as perdas de água por lavagem do telhado não são contabilizadas no coeficiente de escoamento.

O coeficiente de *Runoff* nos telhados pode variar entre 0,6 e 0,95 conforme o seu material. As coberturas verdes podem apresentar valores que oscilam entre 0,3 e 0,5, consoante a profundidade média do solo, a sua composição e o tipo de

vegetação. Regra geral, para os telhados pode-se considerar o valor de 0,8 para o coeficiente de *Runoff* (Bertolo e Simões, 2008).

O volume anual de água da chuva a aproveitar pode ser determinado pela expressão (ANQIP, 2009a):

$$Va = C.P.A.\eta f \quad (2)$$

onde

*Va* - Volume anual de água da chuva aproveitável (litros)

*C* - Coeficiente de *runoff* da cobertura

*P* - Precipitação média acumulada anual (mm)

*A* - área de captação (m<sup>2</sup>)

$\eta f$  - Eficiência hidráulica da filtragem

A eficiência hidráulica da filtragem ( $\eta f$ ) é a relação entre a quantidade de água filtrada que chega à cisterna e a quantidade de água da chuva que chega ao filtro.

Em filtros com manutenção e limpeza regulares pode ser admitida uma eficiência hidráulica ( $\eta f$ ) de 0,9, a menos que as características do sistema recomendem a adopção de outro valor (ANQIP, 2009a).

Ainda segundo esta especificação técnica as cisternas deverão ser dimensionadas tendo em consideração que o volume total (*Vt*) pode ser significativamente superior ao volume útil (*Vu*), dada a existência de um volume morto e a profundidade da boca de captação.

Para efeitos de dimensionamento, não devem ser considerados períodos de reserva de água na cisterna superiores a 30 dias. Alguns métodos (como o Método Alemão) adoptam valores inferiores, da ordem das três semanas (ANQIP, 2009a).

Em blocos residenciais ou em edifícios administrativos, comerciais, de serviços ou industriais, com uma estrutura de consumos relativamente uniforme ao longo do tempo, podem aplicar-se métodos simplificados, como o Método de Azevedo Netto, o Método Prático Inglês, o Método Simplificado Alemão ou o Método Espanhol.

O Método Simplificado Alemão é baseado no volume anual aproveitável (*Va*), dado pela expressão (2), e nos consumos anuais estimados de água não potável (*Ce*).

O volume útil (em litros) da cisterna deve corresponder ao menor dos dois valores (*Va* ou *Ce*), multiplicado por 0,06, isto é (ANQIP, 2009a):

$$Vu = \text{Min} \{Va \text{ ou } Ce\} * 0,06 \quad (3)$$

O Método Simplificado Espanhol é um método que pondera precipitações e consumos, à semelhança do Método Alemão, mas considera o valor médio e um período de reserva de 30 dias. Com este método, o volume útil deve ser, no mínimo (ANQIP, 2009a):

$$Vu = [(Va + Ce)/2] * (30/365) \quad (4)$$

Em geral, o Método Alemão e o Método Espanhol conduzem a resultados da mesma ordem de grandeza.

No método Azevedo Neto (Tomaz, 2009):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

onde:

P - é a precipitação média anual (mm);

T - é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A - é a área de captação (m<sup>2</sup>);

V - é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros).

No método prático inglês (Tomaz, 2009):

$$V = 0,05 \times P \times A$$

onde:

P - é a precipitação média anual (mm);

A - é a área de captação (m<sup>2</sup>);

V - é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório (litros).

Os métodos mais complexos, que se recomendam para sistemas de maior dimensão ou quando a estrutura de consumos não é uniforme ao longo do tempo (situação que pode ser relevante, por exemplo, quando se considera a rega de espaços verdes ou em ocupações sazonais), são métodos tradicionais de optimização de volumes de reservatórios, através de diferenças mensais (ou diárias), com o conhecimento das precipitações locais e do diagrama dos consumos. Nesta categoria englobar-se-á o método de *Rippl*, o método da Simulação e o método Australiano (ANQIP, 2009a).

No dimensionamento do reservatório utilizando o método de *Rippl*, para consumos constantes ou variáveis, pode-se empregar o método analítico e o método gráfico.

Para elucidar este método considerou-se o exemplo em baixo, aplicado à cidade de Lisboa (adaptado de Bertolo e Simões, 2008 e Tomaz, 2009).

EXEMPLO: Dimensionar o volume de um reservatório para um consumo médio mensal de  $5,6 \text{ m}^3/\text{mês}$ , para uma habitação unifamiliar com uma área de captação de  $117 \text{ m}^2$ , com um coeficiente de *Runoff*  $C = 0,80$ , utilizando a precipitação média mensal da estação meteorológica do Instituto Geofísico de Lisboa (Quadro 24).

Quadro 24 - Exemplo de dimensionamento de reservatório recorrendo ao método de *Rippl* (analítico)

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Consumo médio mensal ( $\text{m}^3$ )	Area Captação ( $\text{m}^2$ )	Volume chuva mensal ( $\text{m}^3$ )	Diferença entre os volumes do consumo e volume de chuva (3) - (5)	Diferença acumulada da coluna (6) dos valores positivos ( $\text{m}^3$ )
Outubro	79,8	5,6	117	7,5	-1,9	16,2
Novembro	107,1	5,6	117	10,0	-4,4	
Dezembro	121,8	5,6	117	11,4	-5,8	
Janeiro	96,8	5,6	117	9,1	-3,5	
Fevereiro	90,2	5,6	117	8,4	-2,8	
Março	51,2	5,6	117	4,8	0,8	0,8
Abril	64,7	5,6	117	6,1	-0,5	
Maio	55,6	5,6	117	5,2	0,4	1,2
Junho	17,2	5,6	117	1,6	4,0	5,2
Julho	6,1	5,6	117	0,6	5,0	10,2
Agosto	6,8	5,6	117	0,6	5,0	15,2
Setembro	28,5	5,6	117	2,7	2,9	18,1
TOTAL	725,8 mm/ano	67,2 $\text{m}^3/\text{ano}$		67,9 $\text{m}^3/\text{ano}$		

De seguida serão descritas e esclarecidas as colunas do quadro acima que conduz ao cálculo do volume do reservatório:

Coluna 1: Período de tempo, que vai desde Outubro a Setembro (um Ano Hidrológico).

Coluna 2: Precipitação média mensal, em mm (ou  $\text{l}/\text{m}^2$ ) da estação meteorológica do Instituto Geofísico de Lisboa.

Coluna 3: No consumo médio mensal, em  $\text{m}^3$ , considerando a utilização de equipamentos mais eficientes e a água da chuva para fins menos nobres, estima-se em termos médios um valor de capitação de cerca de  $45 \text{ l}/\text{hab}/\text{dia}$  (de acordo com o capítulo 9). Assim o consumo médio mensal para uma habitação unifamiliar de 4 pessoas será de  $5,6 \text{ m}^3/\text{mês}$ . O volume total de consumo,  $67,2 \text{ m}^3/\text{ano}$ , deve ser menor ou igual ao volume total de chuva da coluna (5).

Coluna 4: É a área de captação de água da chuva, em  $\text{m}^2$ .

Coluna 5: Coluna de volumes mensais disponíveis de água da chuva. É obtido multiplicando a coluna (2) pela coluna (4) e pelo coeficiente de *Runoff* de  $0,80$ , dividindo-se por  $1000$ , para que o resultado do volume seja em  $\text{m}^3$ . Assim, por exemplo, para a linha referente ao mês de Outubro tem-se:

$79,8 \text{ mm} \cdot 117 \text{ m}^2 \cdot 0,80 / 1000 = 7,5 \text{ m}^3$ . O total da coluna (5) do volume mensal da água da chuva é de  $67,9 \text{ m}^3/\text{ano}$ , que é maior que o volume total de consumo a que se refere a coluna (3), tal como exigível neste método.

Coluna 6: Diferença entre os volumes dos consumos e o volume da precipitação mensal, ou seja, é a diferença entre a coluna (3) e a coluna (5). O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de consumo, nos meses correspondentes, supera o volume de água disponível.

Coluna 7: Diferenças acumuladas da coluna (6), considerando apenas os valores positivos. No preenchimento desta coluna admite-se a hipótese inicial de o reservatório estar cheio. Os valores negativos não são contabilizados, pois correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superior ao volume consumido). Começa-se com a soma dos valores positivos, prosseguindo até que a diferença se anule, desprezando-se todos os valores negativos seguintes, recomeçando-se a soma quando aparecer o primeiro valor positivo. O volume máximo obtido na coluna (7) pelo método de *Rippl* é de  $18,1 \text{ m}^3$ . Como tal, o reservatório para regularizar o consumo constante de  $5,6 \text{ m}^3/\text{mês}$  deverá ter  $18,1 \text{ m}^3$  de capacidade. A capacidade de  $18,1 \text{ m}^3$  corresponde a um suprimento de 3,2 meses de seca.

O método gráfico utiliza os volumes de chuva acumulada e os consumos acumulados de Janeiro a Dezembro. Para o volume acumulado de Janeiro a Dezembro, obtém-se uma curva e para os consumos constantes tem-se uma recta. Considerando o mesmo exemplo obtém-se o Quadro 25 (Bertolo e Simões, 2008).

Quadro 25 - Exemplo de dimensionamento de reservatório recorrendo ao método de *Rippl* (gráfico).

Meses	Precipitação média mensal (mm)	Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> )	Área Captação (m <sup>2</sup> )	Volume chuva mensal (m <sup>3</sup> )	Volume chuva acumulada (m <sup>3</sup> )	Consumo médio acumulado (m <sup>3</sup> )
Janeiro	96,8	5,6	117	9,1	9,1	5,6
Fevereiro	90,2	5,6	117	8,4	17,5	11,2
Março	51,2	5,6	117	4,8	22,3	16,8
Abril	64,7	5,6	117	6,1	28,4	22,4
Mai	55,6	5,6	117	5,2	33,6	28,0
Junho	17,2	5,6	117	1,6	35,2	33,6
Julho	6,1	5,6	117	0,6	35,7	39,2
Agosto	6,8	5,6	117	0,6	36,4	44,8
Setembro	28,5	5,6	117	2,7	39,0	50,4
Outubro	79,8	5,6	117	7,5	46,5	56,0
Novembro	107,1	5,6	117	10,0	56,5	61,6
Dezembro	121,8	5,6	117	11,4	67,9	67,2
TOTAL	725,8 mm/ano	67,2 m <sup>3</sup> /ano		67,9 m <sup>3</sup> /ano		

O método de *Rippl*, ou o diagrama de *Rippl* pode ser construído graficamente conforme apresentado na Figura 66.

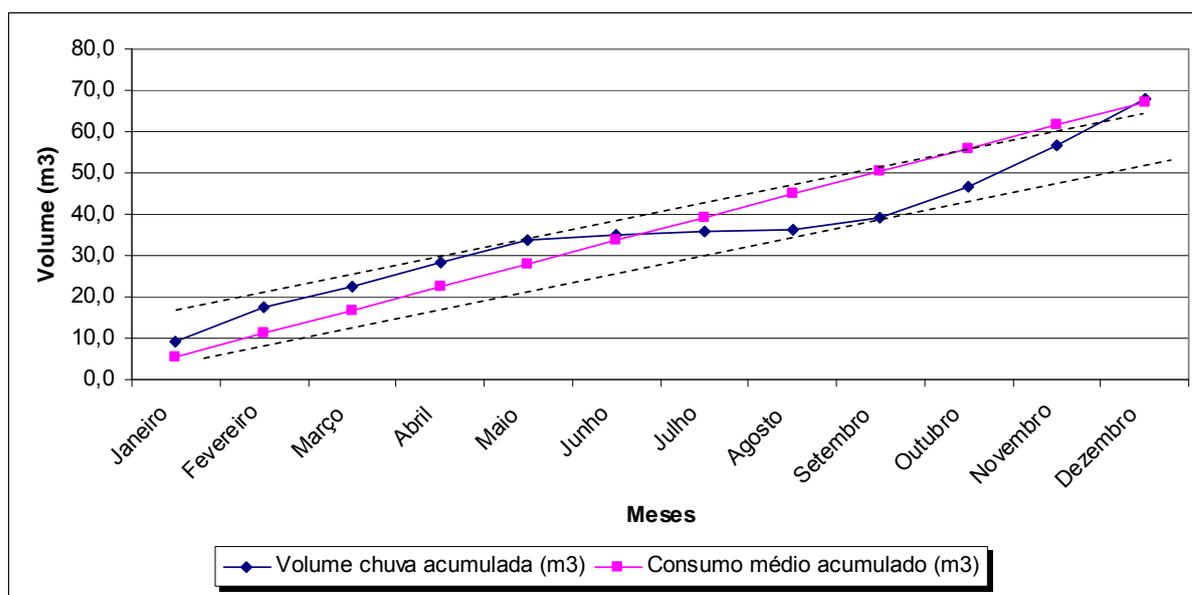


Figura 66 - Diagrama de *Rippl*

Pelo método de *Rippl* traçam-se paralelas pelo ponto mais alto e pelo ponto mais baixo da curva dos volumes acumulados da precipitação. A distância vertical entre as duas paralelas será o volume de 18,1 m<sup>3</sup> encontrado pelo método analítico. Com consumos variáveis o método de *Rippl* é desenvolvido de forma semelhante. Também podem ser aplicadas séries de precipitações históricas de mais de um ano, idealmente, pelo menos de 10 anos. Pode igualmente ser diminuído ao volume da água da chuva a altura de água para a primeira lavagem (*first-flush*) (Bertolo e Simões, 2008).

### 14.1.3 CUSTO DOS RESERVATÓRIOS

O reservatório representa o investimento mais significativo no sistema de recolha de água da chuva. Com base em estudos efectuados e para volumes do reservatório entre 1 e 16 m<sup>3</sup> procurou-se uma expressão matemática simples, para cada material, que pudesse representar a lei de variação do custo em função do volume. As expressões adoptadas para a determinação dos custos do reservatório para cada um dos materiais foram (Bertolo e Simões, 2008), (Neves, 2004):

a) Polietileno de Alta Densidade (PEAD):  $\text{Custo} = 314 \times V$ ;

b) Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro (PRVF):  $\text{Custo} = 555 \times V^{3/4}$ ;

c) Aço Inox:  $\text{Custo} = 443 \times V^{0,85}$ ;

d) Betão Armado:  $\text{Custo} = 428 \times V^{2/3}$ .

No gráfico da Figura 67 apresenta-se a evolução do custo do reservatório em função da sua capacidade para cada um dos materiais.

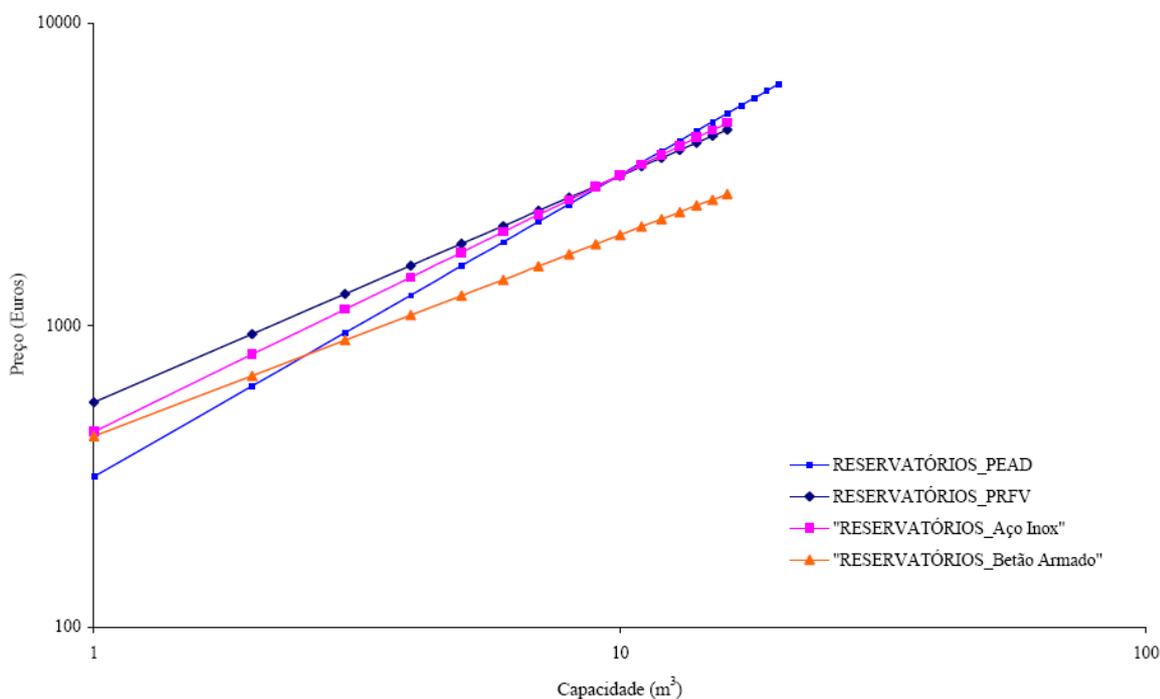


Figura 67 - Custo de reservatórios em função da capacidade

Fonte: (Bertolo e Simões, 2008)

Verifica-se que para pequenas capacidades, até 2,5 m<sup>3</sup>, os reservatórios de PEAD são competitivos relativamente aos de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro, aos de Aço Inox e aos de Betão Armado. A partir de 2,5 m<sup>3</sup> até aos 16 m<sup>3</sup> os reservatórios mais competitivos são os de betão armado, construídos *in situ*.

Nas expressões apresentadas não está incluído o custo de equipamentos e todas se referem ao ano de 2004. Para ajustamentos futuros poderá ser utilizada a fórmula dos juros compostos,

$$C = C_0 (1 + t)^n$$

onde  $C_0$  é dado pelas expressões apresentadas anteriormente,  $n$  é o número de anos após Novembro de 2004 e  $t$  a taxa de actualização (em geral não muito afastada da inflação) (Bertolo e Simões, 2008).

Relativamente à existência de mais do que um reservatório, verifica-se que um sistema com duas células proporciona alguma flexibilidade. No entanto, um reservatório adicional representa também um custo adicional, dado que, dois reservatórios mais pequenos são, geralmente, mais caros que um único reservatório com capacidade equivalente, todavia, o sistema beneficia porque pode permanecer operacional se um dos reservatórios estiver em manutenção.

## **14.2 OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO**

Segundo (ANQIP, 2009a) a manutenção do SAAP deverá ser realizada de acordo com as frequências mínimas indicadas no Quadro 26.

As inspecções podem ser efectuadas pelos utilizadores, mas no âmbito da manutenção dos sistemas de bombagem e de tratamento, deve considerar-se a intervenção de técnicos especializados.

As operações semestrais de manutenção devem ter lugar no início e no final da época das chuvas, preferencialmente.

Os telhados devem ser limpos e lavados uma ou duas vezes por ano, em particular no fim da estação seca. Se existirem árvores que pendam sobre os telhados, estas devem ser podadas de forma a reduzir a quantidade de folhas depositadas e impossibilitar o acesso de gatos, roedores ou pássaros, os quais conduzem ao aumento da deposição de detritos (Bertolo e Simões, 2008).

Para a limpeza do reservatório é necessário: remover a lama que se acumula no fundo; escovar as paredes, o fundo e a abertura (utilizando preferencialmente, escovas só para esse fim); enxaguar todo o interior e esvaziá-lo de novo; desinfectar o reservatório colocando água limpa até cerca de metade da sua altura e juntar hipoclorito de sódio a 14 % (à venda em drogas), 20ml por cada  $m^3$  de água;

encher completamente o reservatório e manter em repouso, sem consumir, durante pelo menos meia hora; voltar a esvaziar e enxaguar para eliminar o hipoclorito de sódio (Medeiros, 2005);

Quadro 26 – Frequência da manutenção dos componentes dos SAAP

Componentes	Frequência da manutenção
Filtros	Inspecção e limpeza semestrais
Sistema de desvio do <i>first flush</i>	Inspecção semestral e limpeza anual (se automático) ou semestral (se manual)
Caleiras e tubos de descarga	Inspecção e limpeza semestrais
Órgãos de tratamento/desinfecção	Inspecção mensal e manutenção anual
Sistema de bombagem	<i>De acordo com as indicações do fabricante</i>
Cisterna	Inspecção anual e limpeza e higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Unidades de controlo	Inspecção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspecção anual

Fonte: (ANQIP, 2009a)

## 14.3 EXEMPLOS DE PROJECTOS DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PREDIAIS

### 14.3.1 INTERNACIONAL

Alguns dos países que desenvolveram SAAP são seguidamente referidos, com breve indicação da sua promoção e implementação.

No Brasil, a ABMAC, Associação Brasileira para o Manejo de Água da Chuva, é uma impulsionadora dos SAAP.

Plínio Tomaz como autor do manual “Aproveitamento de Água da Chuva” e de outros livros e documentos sobre o assunto, e como coordenador da norma técnica voluntária brasileira ABNT NBR 15527 sobre aproveitamento de água da chuva, é uma referência lusófona nesta temática (Bertolo e Simões, 2008).

Alguns exemplos de sistemas de aproveitamento de água pluvial no Brasil foram implementados em estádios, aeroportos, escolas, hotéis, centros comerciais, lavandarias, igrejas, condomínios privados e casas particulares, tanto nas áreas urbanas como nas rurais.

Na Índia, a água da chuva é aproveitada há milhares de anos, devido à falta de água e às insuficiências do sistema de abastecimento. Existem diferentes exemplos tradicionais tais como: *Zing, Kuls Naula, Kuhl, Khatri, Apatani* (Site <http://www.rainwaterharvesting.org/Rural/Traditional3.htm>).

A sede da CSE - *Centre for Science and Environment* organização não governamental indiana que desenvolve e promove o aproveitamento de água da chuva é um exemplo dos milhares existentes no território indiano, como em escolas e hotéis.

A necessidade de água na Austrália conduziu à procura de soluções, tendo desenvolvido várias técnicas para a implementação do aproveitamento de água pluvial em habitações, estádios, entre outros.

Na China, em Gansu, as cisternas designadas por *Shuijiao* apresentam uma capacidade de armazenamento entre os 15 m<sup>3</sup> e os 20 m<sup>3</sup>, existindo cerca de 286000 *shuijiao* instalados (Bertolo e Simões, 2008).

No Japão existem SAAP promovidos e implementados por Makoto Murase chefe de "*Rainwater Utilization Promoting Section Sumida City Hall*", como a Arena onde se realiza a prática e competições de Sumo, em Kokugikan, no Tóquio (Bertolo e Simões, 2008).

A Alemanha, a nível europeu, foi uma pioneira na concepção dos SAAP, desde os anos 90 do século passado. Existe uma interdependência entre as empresas, as universidades, o Estado e o poder local, que potenciou a aplicação destes sistemas, quer ao nível público quer privado, em alguns casos associados às coberturas / fachadas verdes, e/ou com integração de sistemas de tratamento complementares, harmonizados paisagisticamente, como uma das soluções face à impermeabilização do solo, na gestão da água pluvial e na protecção dos recursos hídricos. Estes SAAP são potenciados através de políticas de utilização, incentivos fiscais e subsídios. Exemplos de cidades alemãs com instalação de SAAP são: Berlim, Dresden, Hannover, Munich, Freiburg, Koblenz, Remshalden e Arnesberg. Os empreendimentos envolvidos incluem edifícios (novos ou a reabilitar) comerciais, industriais, de serviços, hotéis, equipamentos culturais, organismos públicos (Bertolo e Simões, 2008).

A Inglaterra começou a conceber a utilização da água da chuva, em 1995, quando se verificou escassez de água fornecida pelas companhias de abastecimento. Em França também ocorreram desenvolvimentos de SAAP através de empresas consultoras.

### 14.3.2 PORTUGAL

Em Portugal, existem alguns exemplos de SAAP desenvolvidos por entidades públicas ou por privados, nomeadamente em edifícios de habitação, moradias, serviços, equipamentos escolares, na torre de controlo do aeródromo de Castelo Branco, entre outros. A implementação de alguns destes sistemas foram integrados em outros projectos como: o programa SHE (*Sustainable Housing in Europe*), na Norbiceta - Ponte da Pedra, em Matosinhos; no Programa Polis (*in <http://polis.sitebysite.pt>*), no jardim de infância Popular, no Cacém; e no âmbito do Lidera, na Casa Oásis, em Faro (*in [http://www.lidera.info/CasaOasis\\_portugues.html](http://www.lidera.info/CasaOasis_portugues.html)*). Mais alguns exemplos podem ser observados em [www.ecoagua.pt](http://www.ecoagua.pt), que em 2006, instalou o seu primeiro SAAP numa moradia em Lisboa (Bertolo e Simões, 2008).

Nas visitas técnicas realizadas no curso sobre sistemas de aproveitamento de água pluvial, em Fevereiro de 2009, os das Figuras 68 e 69, foram um dos sistemas apresentados.



Figura 68 – Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais da 3P Technik, em Alcabideche

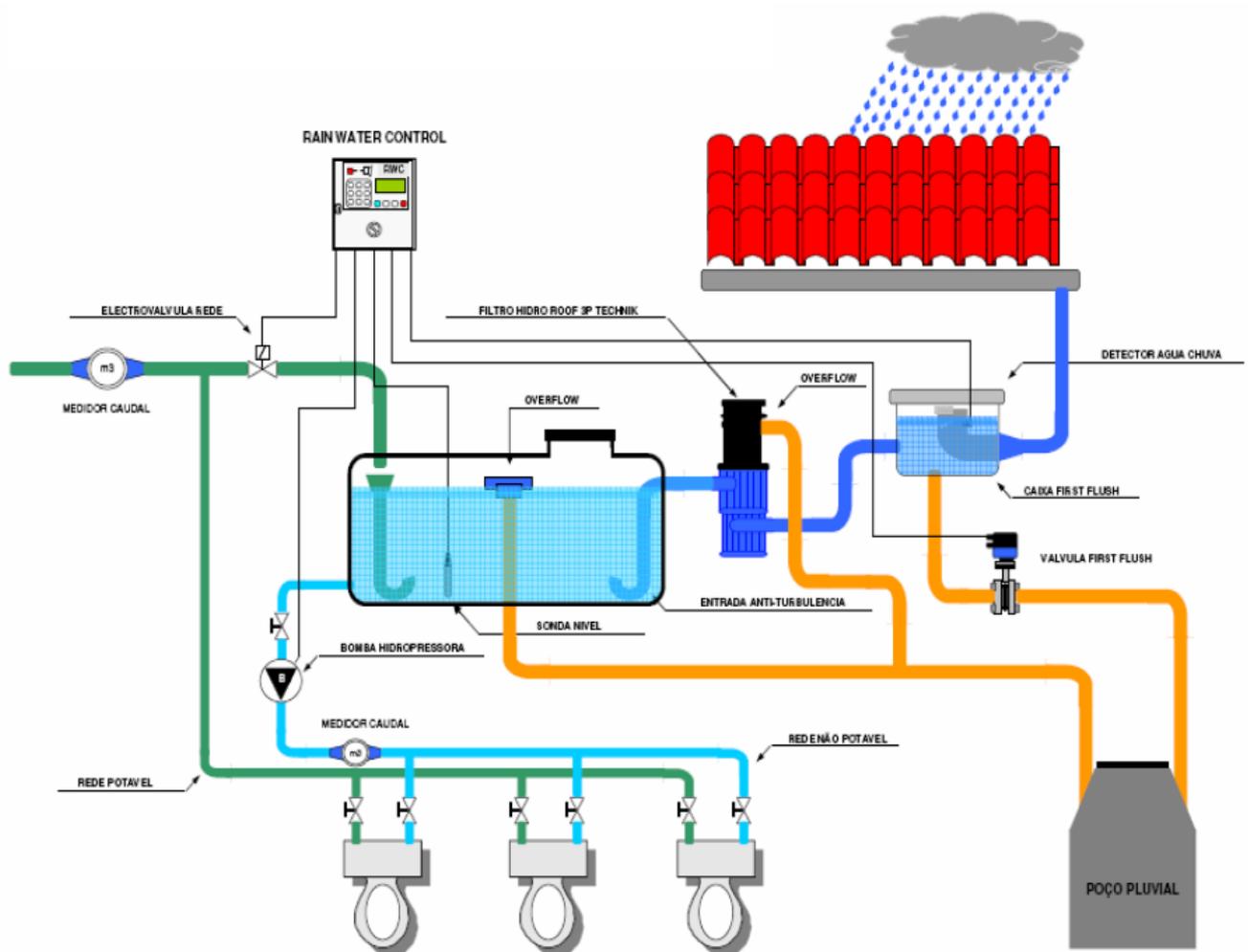


Figura 69 - Projecto da Sede LnÁguas.  
 Fonte: (Simões, 2009)

É ainda de referir, em Lisboa, ao nível do planeamento urbano, o Plano de Urbanização do Vale de Santo António (PUVSA), cuja a planta de apresentação da proposta encontra-se representada na Figura 70.

O Vale de Santo António é um dos vales transversais voltados ao rio Tejo, com uma área que detém um enorme potencial paisagístico na estrutura verde de Lisboa, uma vez que ainda se apresenta livre de construções em grande parte da sua extensão, assegurando entre outros aspectos a sua protecção enquanto linha de drenagem hídrica e atmosférica.

Neste Plano, complementarmente à rede proposta, admite-se a recolha das águas pluviais do parque urbano num canal naturalizado que ligará ao colector instalado do lado poente da Av. Mouzinho de Albuquerque, ou desaguará numa bacia de retenção. A este canal afluirão linhas de água que se encontrarão activas durante o Inverno. A manutenção do curso de água em situação de estiagem poderá

conseguir-se através de um sistema de circulação (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2009a).

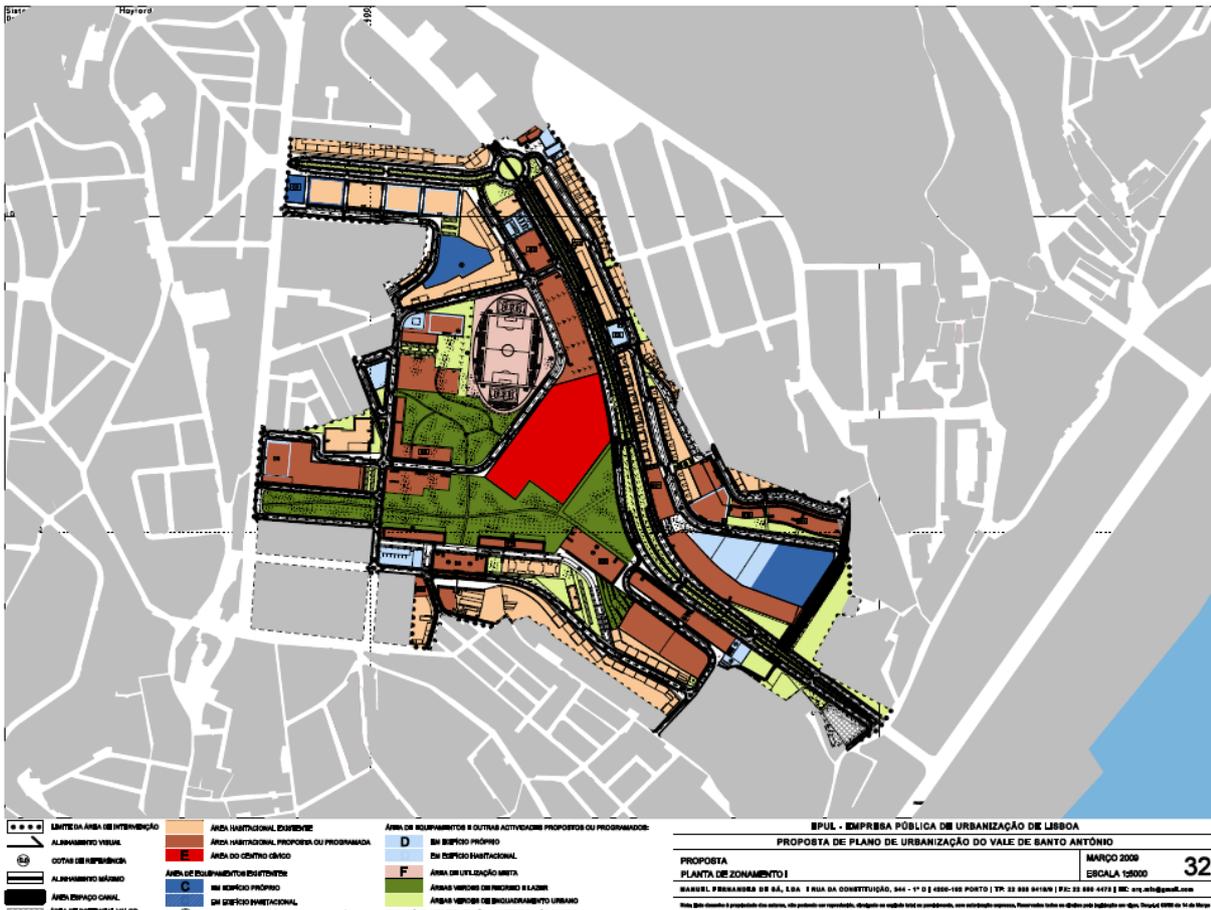


Figura 70 - Proposta do PUVSA  
 Fonte: (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2009b)

Propõe-se ainda o aproveitamento para rega das águas das chuvas das coberturas e terraços dos edifícios, devendo ser assegurada a sua condução a cisternas ou à bacia de retenção do parque urbano (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2009a).

Os reservatórios terão os *trop-plein* ligados ao sistema de águas pluviais da urbanização, passando por poços rotos em zonas ajardinadas, sendo o sistema de rega dos espaços verdes de cada edifício por gota a gota (Figura 71) (AVC Arquitectos - GR Estudos, Projectos e Consultoria, Lda, 2004).

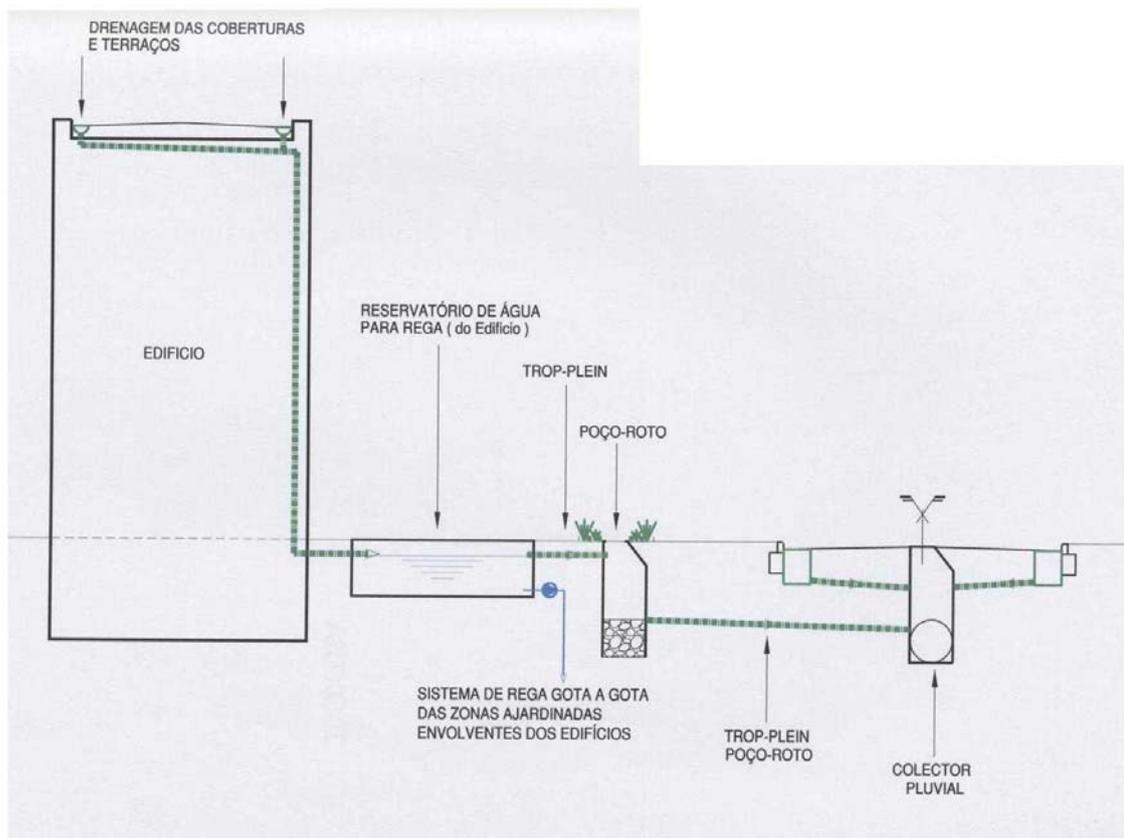


Figura 71 – Esquema do sistema de aproveitamento de águas pluviais no PUVSA.  
 Fonte: (AVC Arquitectos - GR Estudos, Projectos e Consultoria, Lda, 2004)

A par do desenvolvimento tecnológico destes sistemas, são também encontrados exemplos tradicionais e improvisados de aproveitamento de águas pluviais.



# 15 SOLUÇÕES DE APROVEITAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NO PLANEAMENTO / GESTÃO URBANA E SANEAMENTO

Neste capítulo serão abordadas questões relacionadas com o aproveitamento de águas pluviais tendo em consideração as soluções de controlo na origem, de um modo geral e, particularmente, para Lisboa.

## 15.1 SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

### 15.1.1 DESCRIÇÃO GERAL

No PGDLx propuseram-se intervenções para os troços em que se identificaram insuficiências hidráulicas para um período de retorno de 10 anos, como a instalação de reservatórios de regularização de caudal ou de bacias de retenção para atenuar os caudais de ponta.

A aplicação de soluções de controlo na origem, engloba soluções estruturais e não estruturais com o objectivo de promover a infiltração *in-situ* ou a retenção para efeitos de regularização de caudal, permitindo uma maior aproximação ao ciclo hidrológico natural. Estas são divididas essencialmente em dois grandes grupos, em função da respectiva localização: à superfície, que incluem os pavimentos porosos ou com estrutura reservatório e as bacias de infiltração e/ou retenção; e sub-superficiais, como as trincheiras de infiltração (Matos *et al.*, 2007b).

Em áreas urbanas consolidadas, a integração deste tipo de tecnologias no sistema de drenagem existente contribui para a sua beneficiação, pois constitui uma alternativa à ampliação da capacidade de transporte e tratamento instalada. Por outro lado, o espaço urbano será, assim, submetido a um processo de requalificação, em termos estéticos e ambientais, contribuindo para o controlo da poluição dado que as técnicas envolvidas apresentam geralmente alguma capacidade de tratamento devido aos processos físicos, químicos e biológicos associados. A aplicação destas tecnologias pode, ainda, ser complementada com pequenos dispositivos de pré-tratamento (ex. remoção de sedimentos e de óleos e gorduras), sendo usual a utilização conjunta de diferentes tipos de estruturas (Matos *et al.*, 2006). Nestas intervenções, a captação do volume correspondente ao primeiro fluxo, efeito do primeiro fluxo (*first-flush effect*) que é frequentemente observado nas

águas de escorrência de superfície pavimentadas, poderá ser, igualmente, tratado.

Os sistemas de infiltração apresentam vantagens em termos de manutenção do ciclo hidrológico, proporcionando uma recarga das águas subterrâneas e um aumento dos caudais de base das linhas de água. A desvantagem destes sistemas é a dependência do seu comportamento das propriedades do solo e da proximidade ao nível freático, e ainda a possibilidade de converter uma fonte de poluição difusa (estrada) numa fonte pontual, introduzindo directamente poluentes nas águas subterrâneas a partir da base de infiltração (LNEC, 2006). Não obstante, no Quadro 27 pode-se observar as eficiências de tratamento associadas a diferentes tipologias de tratamento de águas de escorrência de estradas, nomeadamente nas bacias de detenção e de infiltração.

Quadro 27 - Resumo das eficiências de remoção de poluentes associada a diferentes tipologias de tratamento de águas de escorrência de estradas

Melhor Estratégia de Gestão	Eficiência de remoção nominal (%) para os constituintes indicados						
	Sedimentos	P-Total	N-Total	Metais pesados	CQO/CBO	Óleos e gorduras	Bactérias
Valas relvadas	70	30	25	50-90	25/ *	75	*
Bacias de detenção	68-90	42-50	28-40	42-90	42-50/*	*	*
Bacias de infiltração	75-99	50-70	45-70	50-90	*70-90	*	75-98
Filtros de areia	70-90	50-70	30-50	50-90	50-80/50-80	*	*
Bacias húmidas	90	65	48	*	30/*	*	*

\* Dados insuficientes

Fonte: (LNEC, 2006)

## 15.1.2 DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS TÉCNICAS

### 15.1.2.1 Pavimentos Porosos ou com Estrutura Reservatório

Os pavimentos porosos distinguem-se dos pavimentos tradicionais por permitirem a infiltração através da camada de desgaste para a camada de base, sendo a água pluvial posteriormente infiltrada no solo ou conduzida para uma rede de drenagem. Os pavimentos com camada de desgaste porosa têm ainda vantagens em termos de segurança rodoviária no período de chuva, pela redução dos riscos de aquaplanagem, de projecção de água, da melhoria da visibilidade das marcas nas vias, e da qualidade ambiental por, por exemplo, permitir a redução dos níveis de ruído de rolamento (Matos, 2000).

Os pavimentos com estrutura reservatório apresentam características semelhantes

aos pavimentos porosos, uma vez que permitem igualmente a infiltração de águas pluviais através da sua superfície. A diferença reside na camada base “modificada”, onde poderá ocorrer armazenamento das escorrências recolhidas, sendo posteriormente conduzidas para um sistema de drenagem ou infiltrados no solo (Matos *et al.*, 2007b).

Na Figura 72 apresenta-se a secção transversal de um pavimento com estrutura reservatório. Na Figura 73 vem representada um exemplo de dois pavimentos porosos.

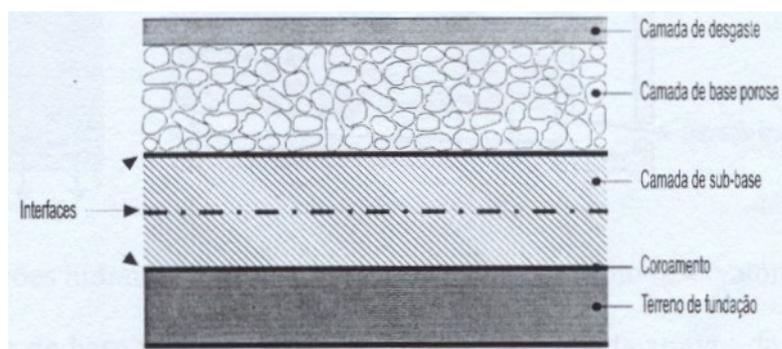


Figura 72 - Secção transversal de um pavimento com estrutura reservatório  
Fonte: (Matos, 2000).

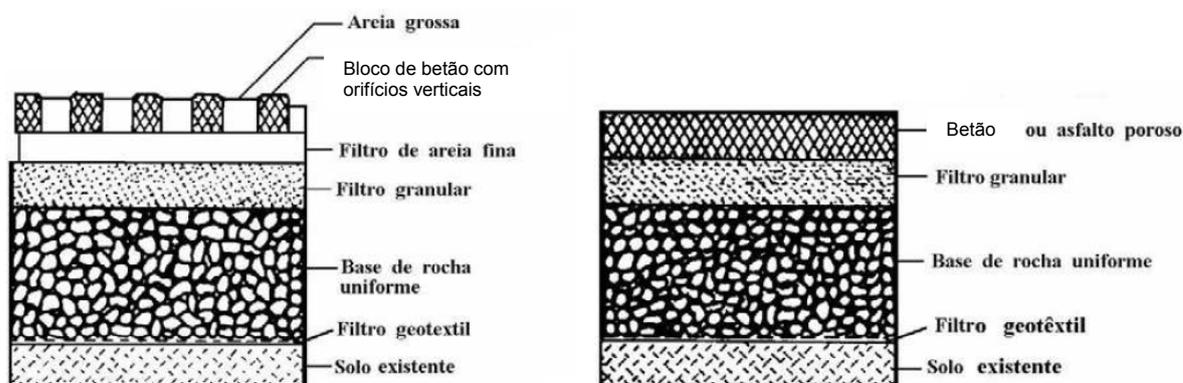


Figura 73 - Exemplo da estrutura de 2 pavimentos permeáveis  
Fonte: (UFMG, 2005).

Estes pavimentos permitem a redução de caudal de 20 a 50 % e de volume de escoamento entre 15 a 30 %. Do ponto de vista da qualidade da água, o efeito depurador aponta para eficiências de redução em termos de sólidos suspensos (entre 50 a 90 %), de carga orgânica (entre 50 a 70 %) e de metais pesados, designadamente, de chumbo (entre 75 a 95 %) (Matos, 2000). Os pavimentos modulares têm ainda uma eficiência de remoção de cerca de 65 % para o fósforo total, 80 % para o azoto total e 70 a 90 % para os hidrocarbonetos (Tomaz, 2009).

Estes pavimentos tem já aplicação em Portugal, nomeadamente em parques de

estacionamento da cidade de Lisboa, designadamente em locais na margem do rio Tejo (Doca de Alcântara e Algés), como pode ser observado na Figura 74 (Matos *et al.*, 2007b).



Figura 74 - Pavimento poroso num parque de estacionamento na Doca de Santos, Lisboa.

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

### 15.1.2.2 Trincheiras de Infiltração

As trincheiras de infiltração consistem em valas estreitas escavadas no solo, com profundidade até 1 m e enchimento adequado. O enchimento pode ser em brita, blocos, estruturas alveolares em plástico ou módulos de infiltração com uma camada de geotextil na base, ou ainda por materiais para reutilização, como pneus, de forma a garantir uma adequada percentagem de vazios para o armazenamento temporário da água pluvial. A água retida pode infiltrar-se no solo pela base e/ou pelas paredes da estrutura, ou ser encaminhada para o sistema de drenagem (Matos *et al.*, 2007b). Na Figura 75 pode-se observar uma representação esquemática dos tipos de trincheiras.

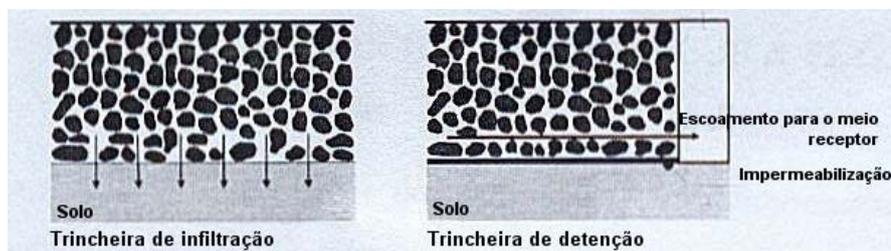


Figura 75 - Esquema de trincheira de infiltração e de detenção.

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

As trincheiras podem apresentar ou não cobertura, composta por materiais diversos, como lajes, blocos de material poroso ou alveolar, seixos ou coberto vegetal como a relva (Matos, 2000). A existência de cobertura poderá influenciar a qualidade das águas pluviais, uma vez que, a presença de uma camada superior drenante permite que se verifique uma filtração das escorrências superficiais, reduzindo o teor em

matérias poluentes finas (Matos *et al.*, 2007b).

O Quadro 28 indica a estimativa de remoção de poluentes em trincheiras de infiltração.

Quadro 28 - Estimativa da remoção de poluentes em trincheira de infiltração conforme o primeiro fluxo adoptado.

Eficiência de Remoção (%)						
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Fósforo Total	Azoto Total	Metais Pesados	Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO5)	Bactérias	Primeiro Fluxo (mm)
75	50 a 55	45 a 55	75 a 80	70	75	12,7
90	60 a 70	55 a 60	85 a 90	80	90	50,8

Fonte: (Tomaz, 2009)

Na Figura 76 apresenta-se um exemplo de uma trincheira de infiltração implantada ao longo de um arruamento, onde se pode observar o material de enchimento.

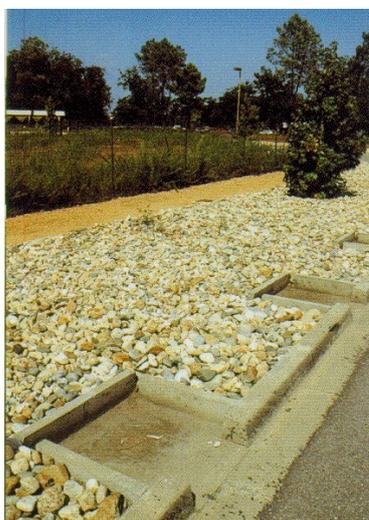


Figura 76 - Trincheira de infiltração.

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

### 15.1.2.3 Bacias de Detenção / Infiltração

As bacias de detenção destinam-se a regularizar, através do armazenamento, os caudais afluentes, garantindo o escoamento a jusante de caudais compatíveis com a capacidade do sistema, reduzindo assim os riscos de inundações. Paralelamente, estas bacias podem viabilizar a infiltração dos volumes retidos, através do fundo e dos taludes, o que favorece a recarga de aquíferos ou a constituição de reservas de água para rega e combate a incêndios (Matos, 2000).

A inserção destas infra-estruturas no tecido urbano pode contribuir igualmente para uma integração paisagística, pois proporciona a criação de zonas verdes e de interesse recreativo. A principal desvantagem associada a este tipo de infra-

estruturas diz respeito à necessidade de uma área de implantação relativamente elevada, quando comparada com outras soluções de controlo na origem.

Segundo (Abreu referido por Matos, 2000), as bacias de detenção / retenção podem classificar-se:

- a) Quanto à sua localização relativamente à superfície do solo de: bacias a céu aberto / superficiais ou bacias enterradas / subterrâneas;
- b) Quanto à sua localização relativamente ao colector ou canal de drenagem principal de: bacias em série ou bacias em paralelo (“*on-line*” ou “*off-line*”, na terminologia anglo-saxónica);
- c) Quanto ao seu comportamento hidráulico de: bacias a seco ou bacias de nível de água permanente.

O Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto que aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, no artigo 177.º também faz referência aos tipos de bacias de retenção.

Na Figura 77 ilustra-se uma bacia de infiltração a seco, que permite, quando não inundada, a utilização como recinto desportivo (dispõe de um campo de futebol e de um velódromo) (Matos *et al.*, 2007b).



Figura 77 - Bacia de infiltração a seco de Liourat, Vitrolles, França  
Fonte: (Matos *et al.*, 2007b).

#### 15.1.2.4 Reservatórios

Os reservatórios de regulação são bacias de retenção enterradas, que também contribuem para a melhoria das condições ambientais do sistema, uma vez que a

retenção e sedimentação no seu interior, minimiza os efeitos da descarga de cargas poluentes directamente no meio receptor.

De acordo com a experiência da CLABSA ([www.clabsa.es](http://www.clabsa.es)), os reservatórios devem integrar diversos elementos com vista à manutenção e à optimização da sua operação, designadamente acessos e saídas de emergência, galerias técnicas, oficina, armazém, vestiários, posto de transformação e sala do grupo electrogéneo (com depósito de combustível). Devem igualmente dispor de colectores de entrada e de saída, comportas de regulação (em todas as entradas e saídas), sistemas de limpeza automática e sistemas de bombagem. São ainda importantes outros elementos como medidores de nível, sensores e elementos de acessibilidade (de materiais e de pessoas). O sistema de controlo do depósito deverá permitir a tele-supervisão do estado de funcionamento e da regulação em tempo real das comportas.

Relativamente ao sistema de limpeza automático é comum que este sistema disponha dos seguintes componentes (Matos *et al.*, 2007b):

- Depósito de limpeza alimentado com água, que deverá estar sempre cheio, de maneira a não inviabilizar as operações de limpeza. Esta água poderá ser também usada na rega de jardins e outras zonas verdes, no enchimento de tanques ou reservatórios com nível de água permanente ou como hidrante, para enchimento de camiões-tanque.
- Pequenos tanques de cerca de 35 a 50 m<sup>3</sup>, cada um situado na cabeceira dos diferentes compartimentos que constituem o reservatório.
- Dois grupos electrobomba, de funcionamento alternado, que impulsionam a água desde o depósito de limpeza até aos tanques.
- Diversas electroválvulas para regular o enchimento dos tanques.

Outra componente a considerar é o sistema de ventilação, que poderá ser garantido à custa de ventilação natural e/ou forçada, sendo recomendável que a cada hora seja feita a renovação do ar. O contacto do sistema de arejamento com a superfície é efectuado pela colocação de grelhas no pavimento. Por vezes, de forma a evitar problemas associados à existência de odores, são previstos postes de ventilação de 2 m de altura (Matos *et al.*, 2007b).

Finalmente, os reservatórios deverão dispor de equipamento destinado ao

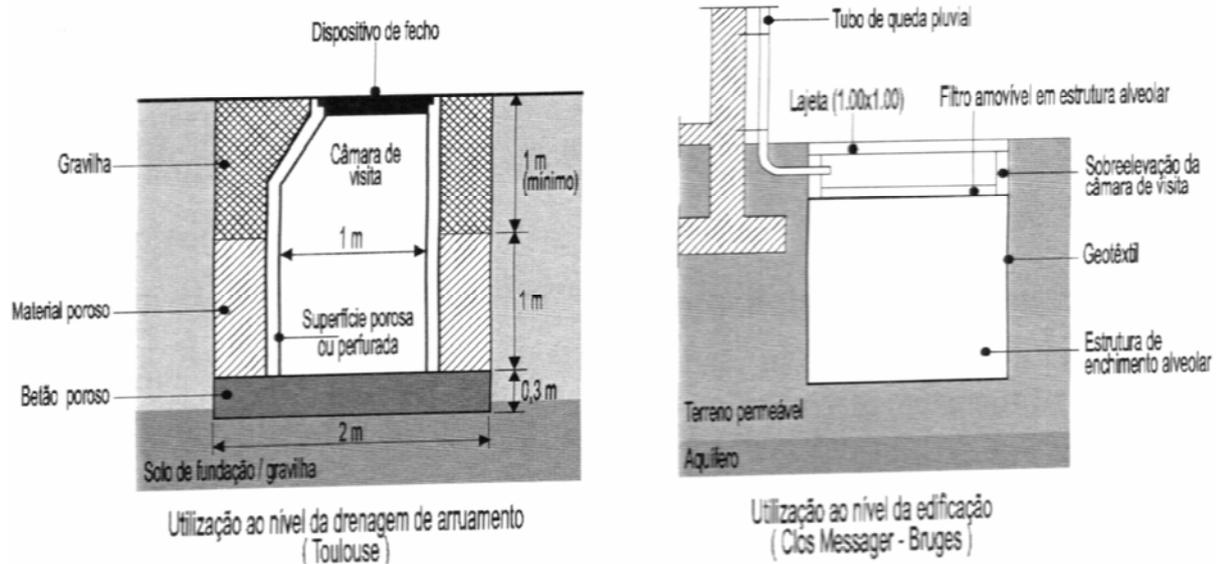
telecontrolo, como sejam os limnígrafos e outros sensores de nível dos reservatórios, detectores de gases nas passagens pedonais, detectores de presenças estranhas, bóias nas comportas e nos grupos de bombagem, e câmaras de CCTV (*Closed-Circuit Television*) (Matos *et al.*, 2007b).

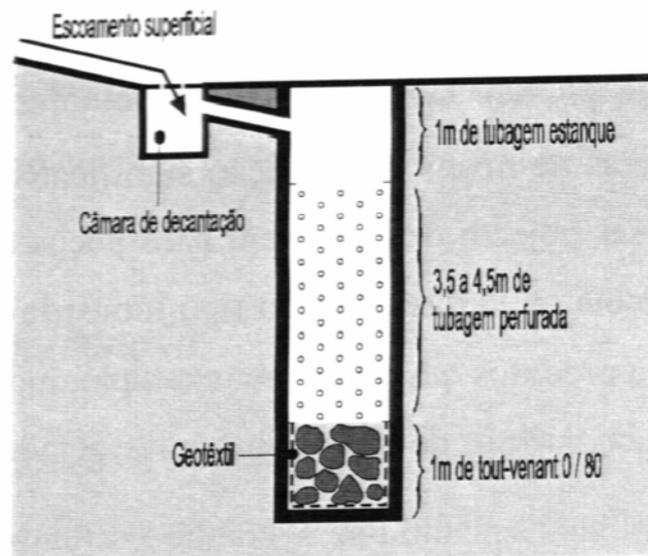
### 15.1.2.5 Poços Absorventes

Os poços absorventes são infra-estruturas que permitem a infiltração directa das águas pluviais no solo. Apresentam a vantagem de poderem ser aplicados em locais onde a camada superficial do solo é pouco permeável (zonas urbanizadas, terrenos superficialmente impermeáveis) mas que dispõem de boa capacidade de infiltração na camada mais profunda do solo.

Um poço absorvente pode dispor ou não, no seu interior, de material de enchimento, que permite assegurar o armazenamento temporário da água pluvial, de forma mais ou menos significativa, consoante a natureza do solo, as condições de alimentação e o tipo de enchimento (Figura 78).

Os inconvenientes dos poços absorventes prendem-se com a escala reduzida dos efeitos de armazenamento, a necessidade de manutenção regular e frequente para evitar fenómenos de colmatagem, e os eventuais riscos de contaminação de águas subterrâneas (Matos, 2000).





Utilização ao nível da drenagem da edificação e de espaços públicos  
( Meyzieu )

Figura 78 - Tipos de utilização de poços de infiltração em meio urbano  
Fonte: (Matos, 2000)

A implementação de diferentes soluções pode ser igualmente eficaz para a resolução de um mesmo problema, podendo ser implementadas soluções mistas, tendo em conta os diferentes factores ambientais. Na Figura 79 pode-se observar um exemplo de associação de um poço absorvente com outras soluções de controlo na origem.

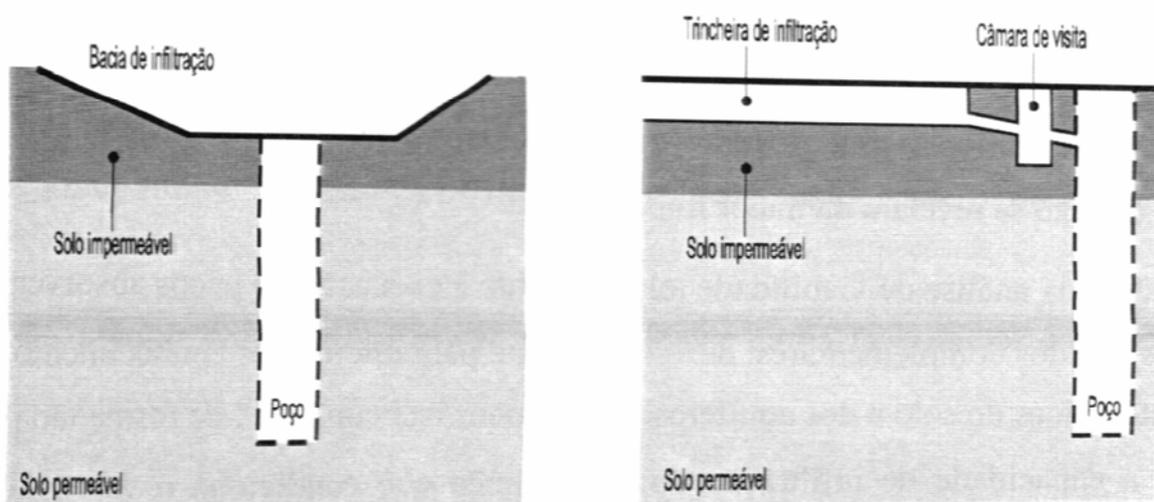


Figura 79 - Exemplificação da associação de um poço absorvente com outras técnicas de controlo na origem  
Fonte: (Azzout *et al.* referido por Matos, 2000)

### 15.1.3UM MÉTODO DE CÁLCULO PARA A ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE UMA BACIA DE RETENÇÃO

O dimensionamento hidráulico de uma bacia de retenção consiste,

fundamentalmente, na definição do volume necessário à regularização do caudal afluente, por forma a que o caudal máximo efluente não ultrapasse, para um determinado período de retorno, um limite pré-estabelecido. A esse volume corresponde, uma determinada área inundada e uma determinada carga hidráulica sobre a bacia, que são determinadas no processo de dimensionamento.

No método simplificado, também designado por método holandês, e igualmente expresso no artigo 179º do Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto, o pré-dimensionamento do volume de armazenamento, é apresentado sob a seguinte forma:

$$V = 10 A C [-b q_s / (1+b)] [q_s / a(1+b)]^{1/b}$$

sendo:

V - volume mínimo necessário da bacia de retenção (m<sup>3</sup>);  
A - área da bacia afluente (ha);  
C - coeficiente de escoamento;  
a,b - parâmetros da curva intensidade - duração - frequência, para um determinado período de retorno, expressa por  $I = a t^b$ , com I dado em mm/h e t (tempo de concentração) em minutos.  
q<sub>s</sub> - caudal específico efluente (caudal por unidade de área impermeabilizada), considerado constante e dado pela expressão:  
q<sub>s</sub> = [q/(CA)] x 6 x 10<sup>-3</sup> (mm/min), em que q é o caudal efluente em l/s.

É corrente a duração da precipitação crítica, isto é, a duração da precipitação que conduz a uma maior necessidade de armazenamento, ser bastante superior ao tempo de concentração da bacia drenada. Neste método, a duração crítica, t<sub>c</sub> (min), é dada pela expressão:  $t_c = [q_s / a(1+b)]^{1/b}$ . Por outro lado, é normal admitirem-se períodos de retorno para a precipitação de projecto entre 10 e 50 anos (Costa *et al.*, 2004).

#### **15.1.4 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO HIDRÁULICO DE RESERVATÓRIOS (OU OUTRAS BACIAS DE RETENÇÃO)**

Na análise do comportamento hidráulico de reservatórios, o cálculo do seu volume passa pela definição das bacias contributivas, dos períodos de retorno e distribuições da precipitação e hidrogramas de cheia. Nos seguintes pontos indicam-se, para cada um destes elementos, os procedimentos de cálculo adoptados (Matos *et al.*, 2007b):

- Bacias contributivas - é necessário proceder à sua caracterização fisiográfica, nomeadamente tempos de concentração (t<sub>c</sub>), áreas e o coeficiente C do método racional generalizado.

- Precipitação de projecto – em que se considera o período de retorno (que se fixou em 10 anos), a duração da chuvada e a sua distribuição temporal. Ao contrário do procedimento para estimativa de caudais de ponta de cheia, o processo de estimação do amortecimento de uma albufeira ou reservatório implica que a duração da precipitação seja superior a  $t_c$ . Foi adoptado o hietograma de projecto para Portugal (Matos, 1987) com uma duração de 4 horas, sendo a intensidade dos blocos determinada de acordo com as relações propostas e a linha de Intensidade-Duração-Frequência (I-D-F) estimada para Lisboa (Brandão *et al.*, 2001), para o posto udométrico do Instituto Geofísico do Infante D. Luíz (IGIDL) e para o posto udométrico Lisboa-Portela, Quadro 16.

O hietograma de projecto, que consta da Figura 80, apresenta duração total de 4 horas, um período intenso centrado e de intensidade constante -  $V_2$  - de duração entre 10 e 60 minutos, e a seguinte relação volumétrica entre os períodos que antecedem e precedem o período mais intenso:  $V_1 = 1,5 \times V_3$  (Matos *et al.*, 2007b).

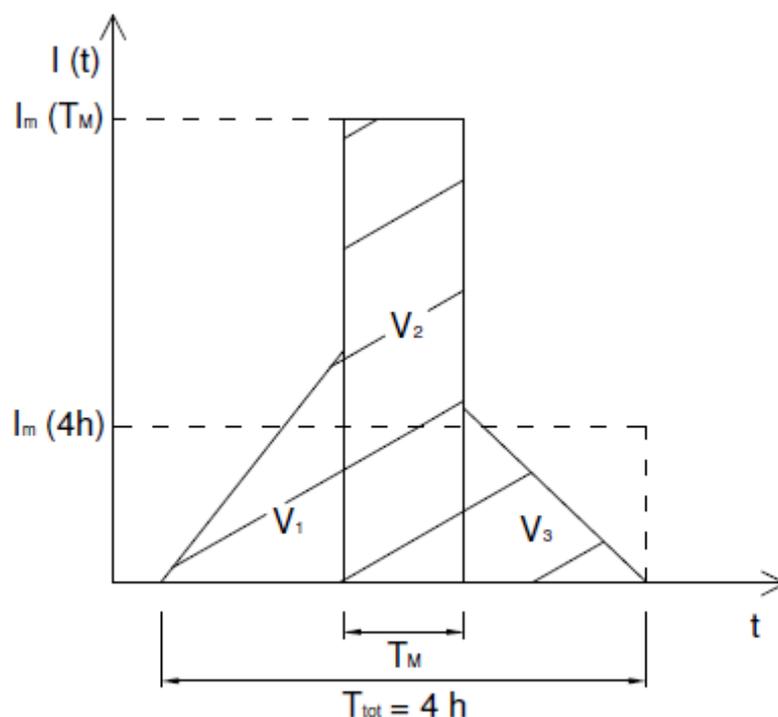


Figura 80 - Hietograma de projecto para Portugal

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

Para o período de retorno escolhido, determina-se o volume total do hietograma através de curvas IDF, pela expressão  $P = a \cdot t^{b+1}$ , considerando uma duração de 4h. O volume do bloco central, mais intenso, é determinado através do mesmo procedimento, adoptando uma duração ( $T_M$ ) de 10, 15, 20, 30 ou 60 minutos. Os

volumes  $V_1$  e  $V_3$  são determinados através da diferença entre o volume total e  $V_2$  (Matos *et al.*, 2007b).

As Figuras 81 e 82 reportam-se ao hietograma de projecto com período de retorno de 10 anos, construído pelo procedimento descrito para as curvas IDF do posto IGIDL e do posto Portela. A intensidade, no eixo das ordenadas, é apresentada em mm por cada 10 min, e não na forma mm/h (Matos *et al.*, 2007b).

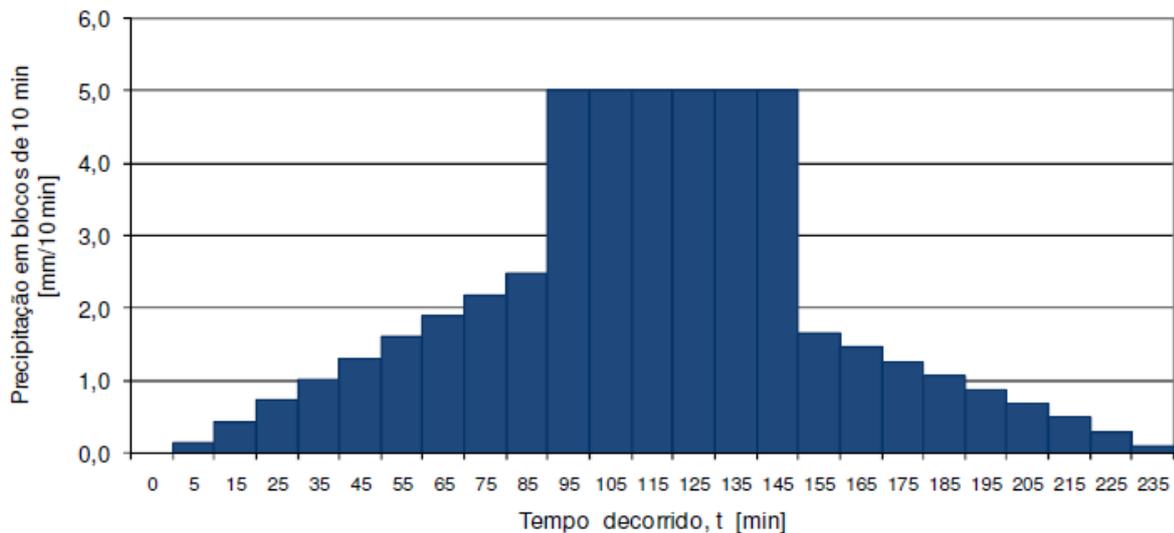


Figura 81 - Hietograma de projecto para o período de retorno de 10 anos (precipitações acumuladas em intervalos de 10 min) - Curvas IDF posto IGIDL  
Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

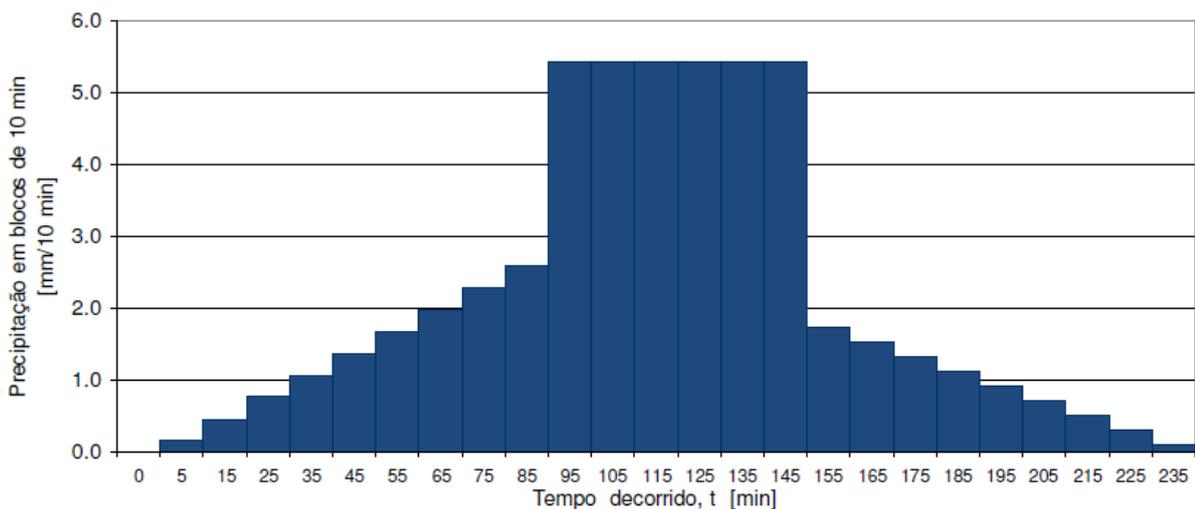


Figura 82 - Hietograma de projecto para o período de retorno de 10 anos (precipitações acumuladas em intervalos de 10 min) - Curvas IDF posto Portela  
Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

A Figura 83 ilustra um desenho esquemático de um reservatório.

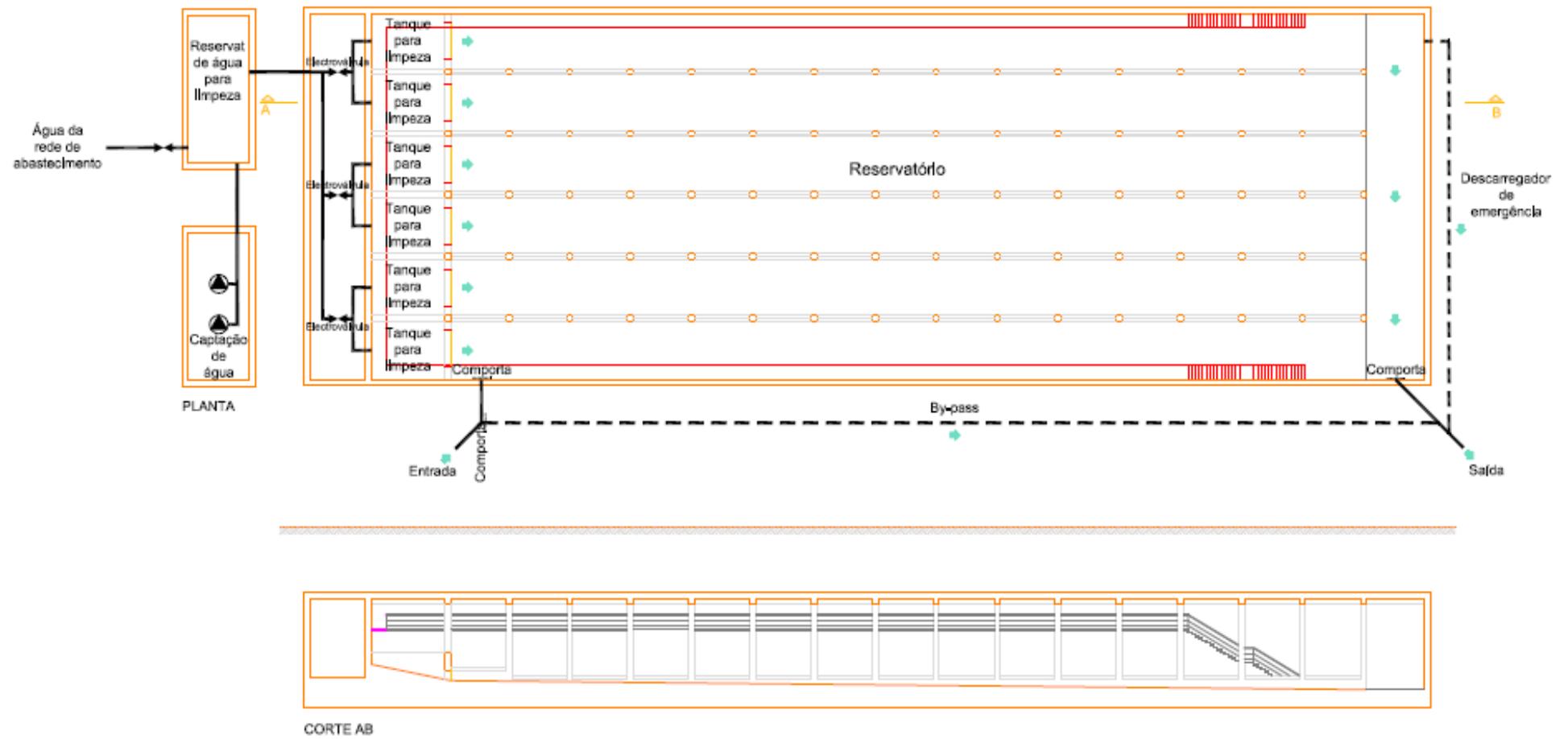


Figura 83 – Representação esquemática de um reservatório  
 Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

### 15.1.5 ALGUNS PROCEDIMENTOS PARA A CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM

Para bacias de detenção / retenção um dos procedimentos para a determinação do volume de dimensionamento compreende os seguintes passos (LNEC, 2006):

V1: Calcular o volume resultante de uma chuvada de 15 mm (se se pretender apenas o tratamento das águas relativas ao efeito do primeiro fluxo), ou o volume correspondente ao superávit hídrico.

Determinar as áreas drenadas diferenciando-as de acordo com o tipo de cobertura ou ocupação do solo; determinar o coeficiente de escoamento associado a cada área; multiplicar as áreas (em m<sup>2</sup>) afectadas pelos respectivos coeficientes de escoamento, obtendo a área efectiva (área que produz escoamento). Multiplicar a área efectiva (m<sup>2</sup>) pelo valor da precipitação considerado, que poderá ser 15 l/m<sup>2</sup> ou o do superávit hídrico. Obtém-se um volume, em litros, que pode ser convertido para m<sup>3</sup> dividindo por 1000.

V2: Calcular o volume correspondente à precipitação de duração igual ao período de concentração da bacia hidrográfica em causa (ou superior), para um período de retorno de dois anos (sugere-se 10 anos, que é o que geralmente se utiliza em Lisboa), usando as tabelas de (Brandão *et al.*, 2001) ou o Quadro 16 dos parâmetros das curvas IDF, do posto geograficamente mais próximo. Obtém-se uma intensidade de precipitação, em mm/h, que deve ser convertida em volume de precipitação multiplicando pelo tempo de duração da chuvada considerada.

Vmax: Calcular um volume correspondente a 25 m<sup>3</sup> por cada 1 000 m<sup>2</sup> de área efectiva drenada.

Para dimensionar a bacia de detenção deve-se considerar como volume mínimo o maior dos dois volumes calculados V1 e V2:

$$\text{Volume mínimo} = V_{\min} = \text{Maior } \{V1, V2\}$$

Tendo em conta o volume máximo (Vmax) calculado, o volume da bacia (Vbacia) deverá encontrar-se dentro do seguinte intervalo:

$$V_{\min} < V_{\text{bacia}} < V_{\max}$$

Antecedendo a bacia de detenção (Figura 84) deve instalar-se uma bacia de decantação com uma capacidade equivalente a cerca de 10-15 % do volume da bacia de detenção. Esta bacia funciona como um órgão de pré-tratamento, acumulando as partículas de maior dimensão.

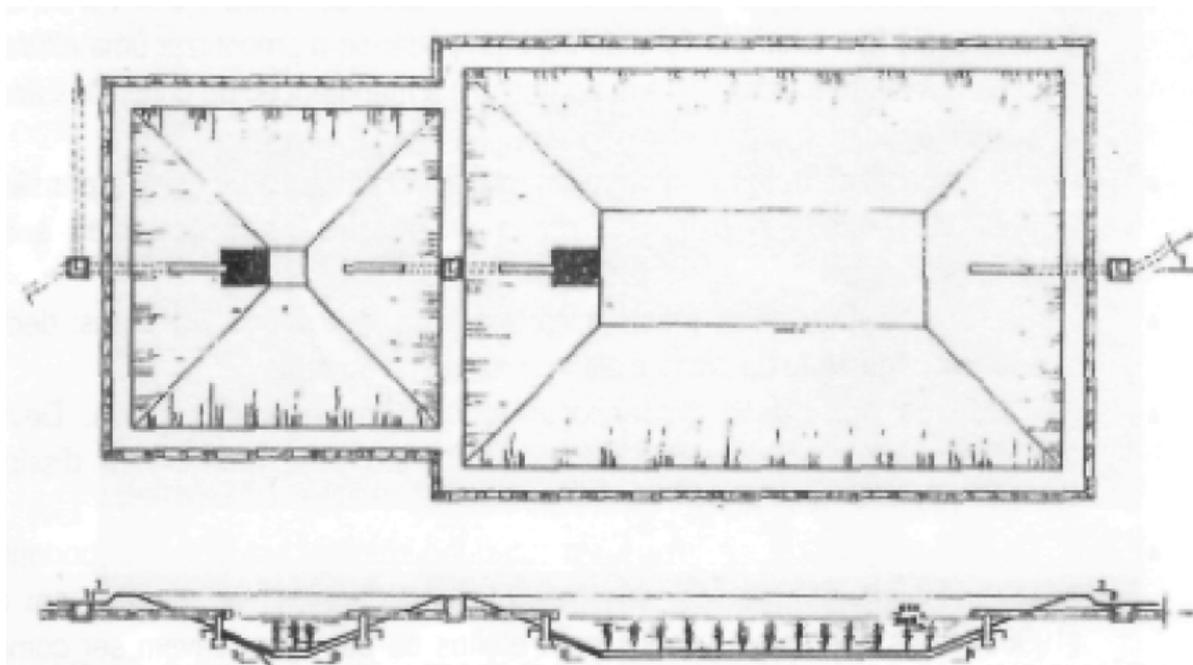


Figura 84 - Representação esquemática duma bacia de detenção

Fonte: (LNEC, 2006)

Os princípios de concepção e projecto, os quais não contemplam pormenores de dimensionamento hidráulico, são enunciados em seguida (LNEC, 2006):

- A altura máxima de água no interior da bacia deve ser entre 1,0 e 1,5 m. Em casos excepcionais (por exemplo, falta de espaço) poder-se-á preconizar uma altura de água de 2,0 m. A indicação da altura máxima de água serve para permitir a manutenção de condições aeróbias na massa de água.
- A relação comprimento largura deverá ser de 4:1 ou superior, a forma alongada não significa que seja rectangular, pode ser curvilínea e não simétrica, mas é mais trabalhoso calcular os volumes afectos a áreas irregulares.
- A forma da bacia de tratamento deve ser modelada privilegiando uma expansão gradual a partir da entrada e uma contracção progressiva na direcção da saída. Esta configuração limita a possibilidade de curto-circuito.
- Os taludes laterais das bacias devem ter uma inclinação mínima de 3:1. Em casos excepcionais e em áreas vedadas (segurança de pessoas e animais) pode-se admitir uma inclinação de 2:1. Quanto maior o declive, maior é a instabilidade, mas pode-se construir uma rampa com inclinação adequada à circulação de máquinas para limpeza do fundo da bacia.

- Os taludes de construção devem ser adequadamente compactados, podendo haver necessidade de remover os solos locais e substituí-los. Os solos que sejam usados para efeitos de barragem devem ser compactados pelo menos até 95 % da sua densidade máxima (o que dificultará a infiltração de água no solo).
- o declive de fundo da bacia de retenção deve situar-se entre 0,5 e 2 % (Lima *et al.*, 2006).
- A entrada de água deve proporcionar uma redução da energia cinética. Deverão ser tomadas precauções de forma a controlar a erosão e promover a dissipação de energia, por exemplo, através de enrocamento.
- Para a descarga de água para o exterior propõe-se duas hipóteses:
  - a) Introdução de um descarregador na bacia de decantação o qual entra em funcionamento no momento em que a bacia de detenção se encontrar repleta de água. Ou seja, existe um funcionamento de *by-pass*, que assegura que os primeiros volumes de água são sempre tratados.
  - b) Colocação dum descarregador de superfície na bacia de detenção, para descarga no exterior, no extremo mais distante possível do colector de entrada na bacia.
- Pode ser necessário controlar a erosão no ponto de descarga da bacia para o exterior.
- A vegetação no fundo das bacias e nos taludes proporciona um controlo da erosão, funciona como um retentor de sedimentos e facilita a remoção dos poluentes dissolvidos. Pode-se preconizar a plantação de uma espécie vegetal adequada e na altura recomendada, não esquecendo a existência de uma estação seca prolongada em Portugal. Se não se recorrer à plantação, acabarão por se instalar no leito da bacia as espécies locais que melhor se adaptam às condições existentes na mesma.
- Deverão ser integrados caminhos de acesso para veículos e pessoas, de modo a assegurar a manutenção e monitorização. A vedação pode ser necessária, como medida de segurança tanto para pessoas e animais como para assegurar que a bacia funciona de acordo com as suas funções.
- Observar os aspectos construtivos do artigo 180.º do Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto.

Relativamente à manutenção, a bacia de decantação deverá ser periodicamente limpa dos sólidos acumulados, sendo sugerida uma periodicidade de 2 em 2 anos no caso em que as bacias drenantes sejam pavimentadas em menos de 85 % da sua área e uma periodicidade de 5 em 5 anos para as restantes situações. Relativamente ao compartimento maior, a periodicidade de limpeza indicada é de 15 ou 20 anos, dependendo da ocupação da bacia drenante e dos tipos de solos presentes na envolvente, pelo que estas periodicidades devem ser aferidas para cada caso e por inspeção visual da bacia. Deve ainda ser analisada a composição dos resíduos ou lamas, antes de se proceder ao seu transporte para destino final adequado e licenciado, como os aterros sanitários, as estações de digestão anaeróbia e de compostagem (Decreto-Lei n.º 276/2009 de 2009-10-02 e Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro) (LNEC, 2006). Segundo (Tomaz, 2009), os custos anuais de manutenção de uma bacia de detenção / retenção pode variar entre 2 a 10 % do custo da construção (ver sub-capítulo 15.2.2.1 Estimativas de Investimento).

As bacias de infiltração são uma solução que apresenta muitas vantagens, a que está associado o papel do solo na remoção de poluentes e na protecção da qualidade da água subterrânea. É no entanto, uma das opções que requer uma análise mais cuidada da envolvente, das características do solo e da hidrogeologia, de forma a não se correrem riscos, pelo que é necessário recolher amostras de solo do local de implantação, para determinar parâmetros como o pH, CTC (Capacidade de Troca Catiónica), peso específico ( $\rho$ ), porosidade ( $f$ ) e condutividade hidráulica ( $K_{sat}$ ), e ainda o nível freático máximo (LNEC, 2006).

No procedimento de dimensionamento do volume da bacia de infiltração determina-se o volume da chuvada de dimensionamento  $R_d$  segundo as seguintes alternativas (LNEC, 2006):

- a) utilizar o valor de 15 mm (como representativo do efeito do primeiro fluxo) ou o volume correspondente ao superávit hídrico;
- b) utilizar o volume correspondente à precipitação de duração igual ao período de concentração da bacia hidrográfica (ou superior), para um período de retorno de dois anos (sugere-se 10 anos, que é o que geralmente se utiliza em Lisboa), usando as tabelas de (Brandão *et al.*, 2001) ou o Quadro 16 dos parâmetros das curvas IDF, do posto geograficamente mais próximo. Obtém-se uma intensidade de precipitação,

em mm/h, que deve ser convertida em volume de precipitação multiplicando pelo tempo de duração da chuvada considerada, em h.

O volume efectivo do sistema é a sua capacidade adicionada do volume que é disponibilizado pela infiltração durante a chuvada, pelo que é calculado através da seguinte fórmula:

$V_{eff} = R_d + (A_p/A_{eff}) \cdot K_{sat} \cdot t_d$  (Barbosa e Hvitved-Jacobsen, 2000 e 2001)  
onde,

$V_{eff}$  = Volume efectivo da bacia de infiltração (mm)

$R_d$  = Chuvada de dimensionamento (mm)

$A_p$  = Área da bacia de infiltração (m<sup>2</sup>)

$A_{eff}$  = Área efectiva da bacia de drenagem (m<sup>2</sup>)

$K_{sat}$  = Condutividade hidráulica do solo em condições saturadas (mm/h)

$t_d$  = Duração da chuvada de dimensionamento = tempo de concentração da bacia hidrográfica (h)

Considere-se para  $A_p$  um valor entre 1 e 3 % da área total drenada.

A vegetação no fundo da bacia desempenha um papel importante na manutenção do comportamento hidráulico, do aumento da capacidade de infiltração (através das raízes), e ainda retém os sedimentos acumulados e previne a sua ressuspensão. Secundariamente, pode assimilar contaminantes dissolvidos e contribuir para reduzir os impactes visuais do sistema. A vegetação escolhida deverá ser capaz de sobreviver a uma estação seca e quente (LNEC, 2006).

Nesta estrutura pode ser incluído um primeiro tanque de decantação (pré-tratamento), o que aumenta a eficácia do sistema e contribui para facilitar a manutenção. É recomendado para esta bacia de decantação uma capacidade hidráulica superficial correspondente a 20 m<sup>2</sup>/ha<sub>efectivo</sub>. O *bypass* introduzido nesta bacia de sedimentação, permitirá o tratamento do volume inicial das chuvadas, quando as águas excedam a capacidade da bacia de infiltração. Este *bypass* pode ser substituído por um descarregador de superfície na bacia de infiltração (LNEC, 2006).

Da mesma forma que para as bacias de detenção, ter-se-á que integrar caminhos de acesso para veículos e pessoas.

A Figura 85 mostra, como exemplo, uma bacia de infiltração e o Quadro 29 indica directrizes gerais sobre a localização, parâmetros e disposições construtivas para uma bacia de infiltração.

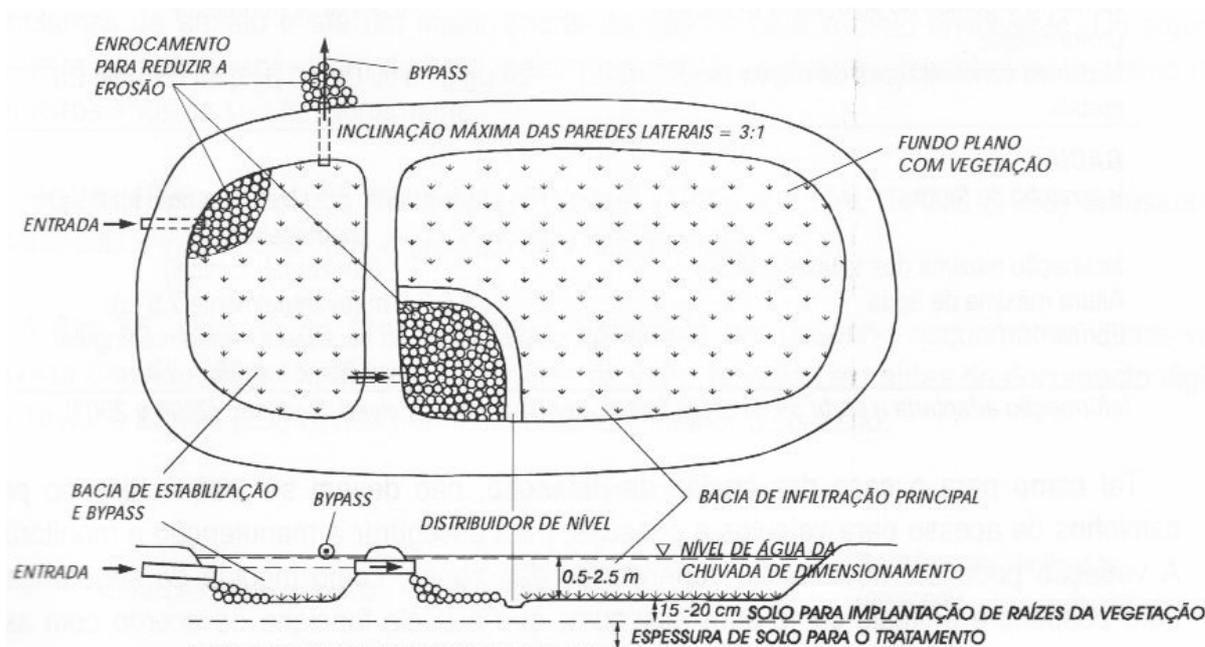


Figura 85 - Exemplo de uma bacia de infiltração

Fonte: (LNEC, 2006)

Quadro 29 - Directrizes para o projecto de bacias de infiltração e selecção do local

Parâmetro	Características propostas
<b>LOCALIZAÇÃO:</b>	
Área servida pela bacia de infiltração	2-8 ha
Distância mínima a captações de água de consumo humano	20-40 m (em função do tipo de aquífero definido no DL n.º 382/99, de 22 de Setembro)
Distância mínima a fundações de edifícios	6 m a jusante 30 m a montante
Riscos geotécnicos. Evitar a proximidade a:	Fundações em calcário, material de aterro ou outros solos susceptíveis ao colapso; declives naturais ou construídos
Distância mínima ao nível freático	0,6 - 3 m
Distância mínima ao leito rochoso	1,2 m
<b>SOLO:</b>	
Estabilidade do solo. Evitar:	Solos ou rochas calcárias;

Taxa de infiltração mínima no solo	Solos que reagem em larga medida – física ou quimicamente – com a água; Solos com ocorrências de deslizamento
Espessura de solo	0,7 cm/hr Primeira camada vegetada: mínimo de 15-20 cm Segunda camada para retenção: a calcular com base no movimento de Zn
CTC mínima	5 meq/100 g solo
Teores máximos de argila/limo	10% argila; 25% argila + limo
Carbono orgânico no solo, até 1 m de profundidade	0,3-1,5 % (em peso)
Máximas concentrações de origem em metais	20 µg/g Pb ou Cu; 50 µg/g Zn e 1 µg/g Cd
<b>BACIA:</b>	
Inclinação do fundo	Tão plano quanto possível para uma infiltração homogénea
Inclinação máxima dos taludes laterais	3:1 (horizontal: vertical)
Altura máxima de água	1,5-2,0 m (eventualmente 2,5 m)
Forma	Alongada, não necessariamente rectangular. Comprimento: largura = 2-4

CTC – Capacidade de Troca Catiónica

Informação adaptada a partir de diversas fontes: ver (Barbosa e Hvitved Jacobsen, 2000 e 2001)

Fonte: (LNEC, 2006)

A manutenção das bacias de infiltração passa pela limpeza periódica da bacia de decantação e *bypass* conforme já enunciado. A bacia de infiltração deverá ser objecto de inspecções periódicas de forma a identificar a existência de depósitos de finos que causem uma redução significativa da taxa de infiltração, reduzindo o volume de dimensionamento. Caso seja necessário restaurar a permeabilidade inicial do solo, este deve ser remexido, manual ou mecanicamente, nos seus primeiros 10 a 15 cm, de forma a que os finos deixem de representar uma camada menos permeável. Outra alternativa é remover a camada de finos. Ao efectuar estes trabalhos há que assegurar que não se altera a compactação do solo, pelo que a acção manual oferece menos riscos que a mecânica (LNEC, 2006). Deverá ainda ser efectuada a manutenção da vegetação instalada e serem inspeccionadas e reparadas as áreas que sofrem erosão nas estruturas de entrada e de saída da água (Tomaz, 2009). Segundo (Tomaz, 2009), os custos anuais de manutenção de uma bacia de infiltração pode variar entre 3 a 10 % do custo da construção (ver sub-capítulo 15.2.2.1 Estimativas de Investimento).

## 15.2 IDENTIFICAÇÃO DE CASOS-DE-ESTUDO

### 15.2.1 APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM E DE RESERVA A NÍVEL INTERNACIONAL E NACIONAL

A aplicação de soluções de controlo na origem de águas pluviais em Portugal encontra-se ainda numa fase inicial de desenvolvimento, mas existem alguns exemplos, como é o caso das bacias de retenção localizadas no concelho de Almada (Matos *et al.*, 2001).

No entanto, estas técnicas encontram-se já mais desenvolvidas e disseminadas em países como a Áustria, Alemanha, Suíça, Reino Unido, França, Suécia, Estados Unidos da América e Japão.

Na Áustria destaca-se o recurso a trincheiras de infiltração como medida de renaturalização e requalificação de zonas urbanas, contribuindo para a protecção contra cheias, para o aumento da recarga de aquíferos e para a redução de custos da ordem de 50 % relativamente às soluções clássicas de beneficiação de sistemas existentes (Matos *et al.*, 2007b).

Na Alemanha, Suíça e Reino Unido, a aplicação destas tecnologias incide especialmente sobre soluções de infiltração de águas pluviais acumuladas na cobertura de edifícios ou resultantes do escoamento superficial, recorrendo a trincheiras de infiltração, valas revestidas com coberto vegetal e bacias de retenção.

Na Suécia e na França, a aplicação destas soluções derivou do crescimento de zonas periféricas aos centros urbanos e dos problemas derivados do degelo, que originou um acréscimo de caudais pluviais afluentes aos sistemas.

Em Estocolmo, na Suécia, a reserva é assegurada por um túnel que possui 3,5 km de comprimento, 3,5 m de diâmetro, com uma capacidade de retenção de 35 000 m<sup>3</sup> (Matos *et al.*, 2007b).

Um exemplo de políticas associadas à aplicação de soluções de controlo na origem pode encontrar-se na cidade de Bordéus, em França, que estabeleceu desde 1984 exigências regulamentares relativas à utilização de soluções de controlo na origem, tendo promovido a construção de centenas de infra-estruturas deste tipo (Matos, 2000).

Em Espanha, o sistema de drenagem de Barcelona, dispõe de 7 reservatórios para retenção de efluentes “unitários”, espalhados ao longo da cidade, que perfazem uma capacidade de armazenamento da ordem dos 500 000 m<sup>3</sup>. Na Figura 86 apresenta-

se, uma fase do processo de construção de um reservatório, com posterior cobertura. E mais uma representação do interior de um reservatório, em Barcelona, na Figura 87 (Matos *et al.*, 2006).

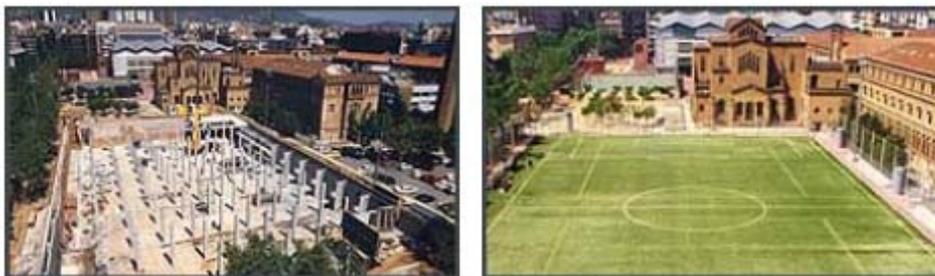


Figura 86 - Construção de um reservatório subterrâneo e posterior cobertura.  
Fonte: CLABSA

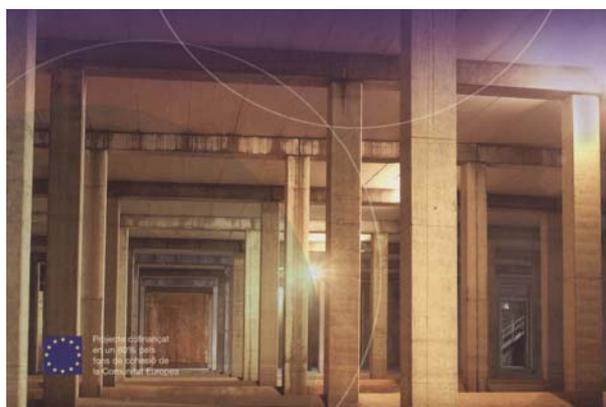


Figura 87 - Vista do reservatório enterrado de retenção de águas pluviais da “Escola Industrial”, em Barcelona, com capacidade útil de 35 000 m<sup>3</sup>.  
Fonte: (MATOS *et al.*, 2006)

## 15.2.2 SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM EM LISBOA

Na cidade de Lisboa, sugeriu-se a aplicação de soluções de controlo na origem que incidiu fundamentalmente em tecnologias de infiltração e detenção, tais como pavimentos porosos, trincheiras de infiltração e bacias de retenção. A descrição destas intervenções será realizada considerando as sub-bacias anteriormente definidas.

Na bacia D do sistema de drenagem de Lisboa prevê-se a construção de uma bacia de infiltração / retenção a céu aberto junto ao Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas, no sopé de Monsanto, no Rio Seco, destinada a amortecer os caudais de ponta pluviais. Este tipo de infra-estrutura pode ser dotada de um desarenador de forma a garantir que o caudal afluente à rede apresente uma menor carga de sólidos. O local escolhido para a implantação encontra-se representado na Figura 88 (Matos *et al.*, 2007b).



Figura 88 - Representação em planta da localização da bacia de infiltração / retenção (a amarelo).

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

Foi sugerido que a bacia de infiltração / retenção a céu aberto apresente um volume da ordem de  $1\,200\text{ m}^3$ , o que permitirá reduzir em 50 % o caudal pluvial que precipita em Monsanto e que é actualmente drenado para o colector da R. Eduardo Bairrada. Assim, a bacia deverá assumir uma geometria de 40 m x 30 m, e uma profundidade de cerca de 1 m (Matos *et al.*, 2007b).

Na bacia de Alcântara, prevê-se a aplicação de soluções de controlo na origem, com vista à minimização dos caudais de ponta pluviais afluentes ao Caneiro de Alcântara, designadamente em áreas livres, como Monsanto. Todavia, as soluções de controlo na origem, num meio urbano bastante consolidado, como é o caso da cidade de Lisboa não constitui, por si só, um instrumento suficientemente eficaz para o controlo de precipitação de elevado período de retorno. Devem, no entanto, em novos empreendimentos e intervenções no espaço urbano, ser contempladas estas soluções, em fases preliminares do desenvolvimento urbanístico (Matos *et al.*, 2007b).

Prevê-se a construção de dois reservatórios enterrados: o reservatório no ramal de Campolide-Benfica, implantado nas imediações do Bairro da Liberdade, e o do ramal das Avenidas Novas, na zona de Campolide. Os locais propostos apresentam-se nas Figuras 89, 90 e 91.



Figura 89 - Representação em planta dos locais propostos para a construção dos reservatórios de Campolide-Benfica e das Avenidas Novas

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)



Figura 90 - Local sugerido para a construção do reservatório de Benfica-Campolide, no Bairro da Liberdade

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)



Figura 91 - Local sugerido para a construção do reservatório das Avenidas Novas, em Campolide

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

O reservatório de Benfica-Campolide é um reservatório “em linha”, com um volume total de  $38\,100\text{ m}^3$  e com geometria trapezoidal, tendo o lado maior 105 m e o menor 80 m. Estima-se que a profundidade média do reservatório seja de 9,8 m, com altura útil de 5,5 m (Matos *et al.*, 2007b).

O reservatório das Avenidas Novas deverá apresentar um volume total de 13 400 m<sup>3</sup> e será implantado em terrenos da EPUL, junto ao início da R. de Campolide (nas traseiras das Twin Towers). Prevê-se que este reservatório seja rectangular (com cerca de 75 m x 30 m) e com altura da ordem de 6 m (Matos *et al.*, 2007b).

Os valores do caudal de ponta (Qp), do caudal efluente máximo (Qe), do caudal amortecido (Qam) e do volume mínimo dos dois reservatórios para um amortecimento de 20 %, com período de retorno de 10 anos, são apresentados no Quadro 30 (Matos *et al.*, 2007b).

Quadro 30 - Dimensionamento dos reservatórios da bacia E - síntese de resultados

Bacia		Benfica - Campolide	Av. Novas
Qp	[m <sup>3</sup> /s]	79.7	34.1

Amortecimento		20%	
Qe	[m <sup>3</sup> /s]	63.8	27.3
Q <sub>am</sub>	[m <sup>3</sup> /s]	15.9	6.8
Volume	[m <sup>3</sup> ]	38100	13400

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

Foi também proposto o desvio de caudal pluvial que excede a capacidade hidráulica, da bacia L para a M, através da construção de um túnel, que o encaminhará para o estuário do Tejo, minimizando, nomeadamente, as inundações frequentes na Praça da Figueira. Propõe-se que o túnel fosse construído com um diâmetro de 2 500 mm, para desviar um caudal de 15 m<sup>3</sup>/s (Matos *et al.*, 2007b).

Na Figura 92 apresentam-se, a magenta, os troços cuja implantação se prevê vir a ser feita em vala, e a amarelo os que serão implantados por micro-tunelagem.



Figura 92 - Traçado do túnel de desvio de caudal da bacia L para a bacia KM  
 Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

Para a bacia O, no PGDLx, analisou-se a localização dos troços que apresentam falta de capacidade e todos os locais possíveis para instalar um reservatório de regularização de caudal ou uma bacia de retenção que permitisse atenuar o caudal de ponta nesses troços.

Em todas as localizações, o órgão a construir é enterrado com a implementação de reservatórios de regularização, por não se ter encontrado nenhum local que reunisse condições para a instalação de uma bacia de retenção.

A pré-avaliação da viabilidade de cada um dos reservatórios passou por fases de dimensionamento, de estimativa do investimento necessário e de avaliação da utilidade. Este processo demonstrou que apenas os seguintes reservatórios apresentam uma relação custo/benefício favorável:

- Olaias;
- Alameda da Cidade Universitária.

Para o reservatório das Olaias, propõe-se uma implantação com uma forma rectangular, que se desenvolve na zona ilustrada na Figura 93. Este espaço localiza-se numa zona de vale, entre a Estrada de Chelas e Olaias, e é delimitado a

nascente pelo Arquivo Geral do Exército e a poente pela linha ferroviária (Figura 94).



Figura 93 - Panorama do perímetro onde poderá ser implantado o reservatório das Olaias (à esquerda é possível observar o Arquivo Geral do Exército e à direita a linha ferroviária)

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

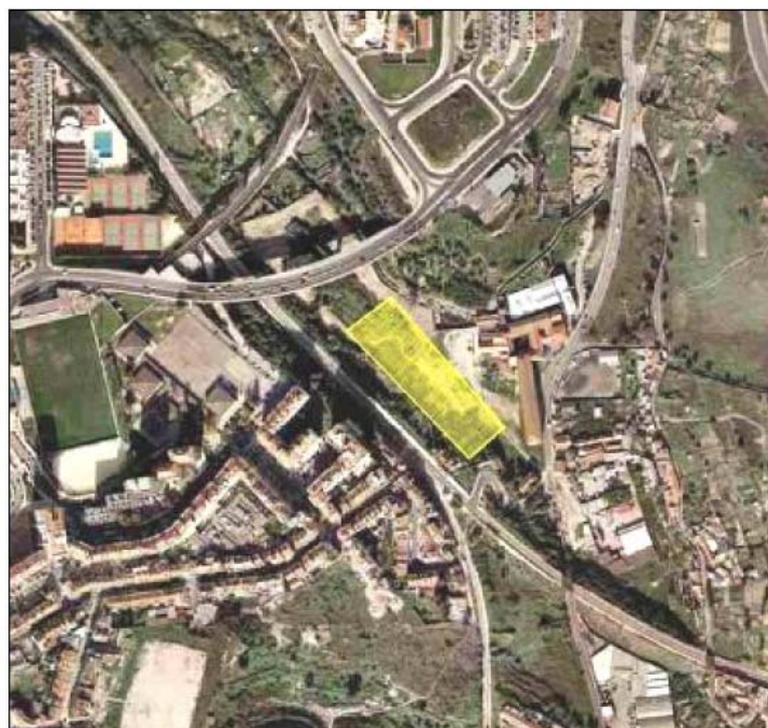


Figura 94 - Local proposto para a construção do reservatório das Olaias

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

De acordo com a avaliação efectuada para a zona baixa (Xabregas), por forma a prevenir a entrada em pressão do grande emissário pluvial, este reservatório deveria garantir uma redução de cerca de 70 % do caudal de ponta (para um período de retorno de 10 anos), o que corresponde a cerca de 66 m<sup>3</sup>/s. Esta regularização de caudal, levaria a que a capacidade necessária para o reservatório atingisse valores

na ordem dos 100 000m<sup>3</sup>, o que torna o investimento associado incomportável. Por conseguinte, optou-se por considerar uma capacidade de armazenamento inferior (cerca de 45 000 m<sup>3</sup>), que se reflecte numa menor eficiência na resposta aos caudais de ponta (Matos *et al.*, 2007b).

Os valores do caudal de ponta (Qp), do caudal efluente máximo (Qe), do caudal amortecido (Qam) e do volume utilizados para o dimensionamento do reservatório são apresentados no Quadro 31.

Quadro 31 – Principais valores estimados para o dimensionamento do reservatório das Olaias, para o período de retorno de 10 anos.

<b>Bacia Contributiva para O.N0240</b>		
<b>Qp</b>	<b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	71.6
<b>Amortecimento</b>		27%
<b>Qe</b>	<b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	52.5
<b>Qam</b>	<b>[m<sup>3</sup>/s]</b>	19.1
<b>Volume</b>	<b>[m<sup>3</sup>]</b>	45 300

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

A construção do reservatório da Alameda da Cidade Universitária, justifica-se para atenuar o caudal de ponta que aflui ao colector unitário a jusante, e à galeria pluvial, no Campo Grande e na Av. E.U.A., não dispensando, no entanto, a obra em Xabregas, de desconexão dos colectores afluentes ao emissário pluvial da zona baixa de Xabregas (Matos *et al.*, 2007b).

Assim, para o reservatório da Cidade Universitária, propõe-se uma implantação com uma forma rectangular, sob a zona oriental da Alameda da Cidade Universitária, de acordo com a Figura 95. Este local foi escolhido porque o seu uso actual, espaço relvado, é compatível com a instalação de um reservatório enterrado.



Figura 95 - Possível configuração do reservatório da Alameda da Cidade Universitária.

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

Os valores do caudal de ponta ( $Q_p$ ), do caudal efluente máximo ( $Q_e$ ), do caudal amortecido ( $Q_{am}$ ) e do volume utilizados para o dimensionamento do reservatório são apresentados no Quadro 32.

Quadro 32 - Principais valores estimados para o dimensionamento do reservatório da Cidade Universitária, para o período de retorno de 10 anos.

Bacia Contributiva para O.N1004		
$Q_p$	[m <sup>3</sup> /s]	7.0
<b>Amortecimento</b>		
		86%
$Q_e$	[m <sup>3</sup> /s]	1.0
$Q_{am}$	[m <sup>3</sup> /s]	6.0
<b>Volume</b>	[m <sup>3</sup> ]	14 900

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

O Quadro 33 sintetiza as características gerais dos dois reservatórios acima apresentados.

Quadro 33 - Caracterização sumária dos reservatórios de regularização de caudal

Identificação	Capacidade Estimada (m <sup>3</sup> )	Tipo de Reservatório	Escoamento interceptado	Uso do solo actual	Possíveis usos do solo posteriores
Reservatório de Olaias	45 300	Enterrado, "Off-line"	Pluvial	Hortas	Espaço ajardinado, Parque temático, etc.
Reservatório da Cidade Universitária	14 900	Enterrado, "Off-line"	Unitário	Espaço Relvado	Espaço Relvado

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

Na bacia Q, em todos os locais estudados verifica-se ser difícil a construção de bacias de retenção, quer devido ao carácter unitário do caudal afluente quer devido à orografia do terreno, tendo-se verificado que apenas o reservatório a localizar no cruzamento da Av. de Berlim com a Av. Infante D. Henrique apresenta uma relação custo/benefício favorável (Figura 96).



Figura 96 – Reservatório a localizar no cruzamento da Av. de Berlim com a Av. Infante D. Henrique

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

Os valores do caudal de ponta ( $Q_p$ ), do caudal efluente máximo ( $Q_e$ ), do caudal amortecido ( $Q_{am}$ ) e do volume utilizados para o dimensionamento do reservatório são apresentados no Quadro 34.

Quadro 34 - Valores de caudais para  $T = 10$  anos e volume do reservatório da Av. de Berlim

Bacia Contributiva para Q.T0120		
$Q_p$	[m <sup>3</sup> /s]	42.0

Amortecimento		29%
$Q_e$	[m <sup>3</sup> /s]	30
$Q_{am}$	[m <sup>3</sup> /s]	12.0
Volume	[m <sup>3</sup> ]	20 100

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

Na bacia S, a bacia de retenção proposta intercepta o curso de uma linha de água, na Ameixoeira, numa zona de terreno livre (Figura 97). Apesar de acumular a função de regularização de caudal, a sua principal função é fazer a retenção de pedras, areias e outros detritos, evitando a sua entrada e deposição no troço canalizado a jusante, que apresenta um deficit de capacidade hidráulica, que aquando de chuvadas mais violentas, leva à formação de um intenso escoamento superficial, arrastando numerosas pedras e areias para a faixa de rodagem da Calçada de

Carriche. Esta bacia de retenção pode ser construída utilizando gabions e colchões Reno, resultando numa intervenção relativamente simples, pouco onerosa e com boa integração paisagística (Matos *et al.*, 2007b).



Figura 97 - Localização da bacia de retenção proposta no Vale da Ameixoeira  
 Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

O Quadro 35 apresenta algumas características para a bacia de retenção proposta para a bacia S.

Quadro 35 - Características da bacia de retenção proposta para a Bacia S.

Troço	Localização	Área prevista (m <sup>2</sup> )	Custo (€)
S.T030	Linha de água da Ameixoeira (Qta. das Lavadeiras)	2 300	364 000

Fonte: (Matos *et al.*, 2008)

Os valores apresentados devem, todavia, ser encarados com alguma prudência, pois o procedimento de cálculo utilizado consiste numa abordagem simplificada. A construção de infra-estruturas deste tipo exige o desenvolvimento prévio de estudos aprofundados, em que na posse de informação mais completa e detalhada, se poderá fixar o valor da sua capacidade. Para além disso, existem troços em que não é viável ou adequado solucionar a falta de capacidade através da construção de estruturas de armazenamento, por apresentarem um deficit de capacidade demasiado alto (Matos *et al.*, 2007b).

### 15.2.2.1 Estimativas de Investimento

Neste sub-capítulo são apresentados os critérios adoptados para a estimativa dos custos de investimento associados à construção de infra-estruturas previstas em soluções de controlo na origem propostas no PGDLx.

Não foram considerados custos referentes à manutenção e à exploração das infra-estruturas, à aquisição de terrenos e indemnizações, à monitorização de infra-estruturas, entre outros.

Das pesquisas efectuadas pelo PGDLx, resultou um conjunto de custos totais de investimento, que foram traduzidos nos seguintes custos unitários, em função dos volumes úteis dos reservatórios de regularização de caudal (Matos *et al.*, 2007b):

- Volume até 10 000 m<sup>3</sup> ..... 250 €/m<sup>3</sup>;
- Volume acima de 35 000 m<sup>3</sup> ..... 150 €/m<sup>3</sup>;
- Volume entre 10 000 m<sup>3</sup> e 35 000 m<sup>3</sup>..... valor traduzido pela expressão:  
-0.004V+290 (€/m<sup>3</sup>), em que V é o volume do reservatório (m<sup>3</sup>).

No Quadro 36 apresenta-se a aplicação dos intervalos acima definidos, para reservatórios com capacidades que variam entre 5 000 m<sup>3</sup> e 50 000 m<sup>3</sup>.

Quadro 36 - Custos dos reservatórios de regularização de caudal por m<sup>3</sup> de volume útil

Volume do reservatório (m <sup>3</sup> )	Custo por m <sup>3</sup> de volume útil (€/m <sup>3</sup> )
5000	250
10000	250
15000	230
20000	210
25000	190
30000	170
35000	150
40000	150
45000	150
50000	150

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b)

Os valores indicados foram determinados considerando todos os custos inerentes à construção dos reservatórios, nomeadamente: movimentos de terras, levantamento e reposição de pavimentos, acessibilidades, estruturas de betão armado,

revestimentos, equipamentos electromecânicos e eléctricos, serralharias, custos de mão-de-obra e de máquinas, custos de estaleiro e custos indirectos.

Com base nas consultas efectuadas, constatou-se ainda que o peso dos equipamentos electromecânicos e eléctricos varia entre 10 % e 20 % do custo global das obras. A percentagem superior corresponde aos reservatórios em que, pelas condicionantes topográficas, parte do volume de armazenamento tem de ser repostos nas redes de drenagem através de equipamentos de bombagem. A percentagem inferior corresponde aos reservatórios onde a reposição de caudal nas redes é gravítica (Matos *et al.*, 2007b).

Para a determinação dos custos de investimento associados à construção de bacias de infiltração / retenção, no PGDLx foram efectuadas pesquisas, tendo-se verificado que os valores de execução destas infra-estruturas variam entre 70 e 100 €/m<sup>3</sup>. Os 70 €/m<sup>3</sup> correspondem a bacias de menor complexidade, que são implantadas em terrenos favoráveis, sem necessidade de grandes movimentações de terras. Os 100€/m<sup>3</sup> dizem respeito às bacias de execução mais complexa, quer pelas características do terreno de implantação, quer pela especificidade das infra-estruturas envolventes. No referido Plano, a bacia de infiltração / retenção a construir na Bacia D, foi atribuído o custo de construção mais elevado, na a implementar na Bacia S, foi atribuído o valor mais baixo (Matos *et al.*, 2007b).

Apresenta-se, em seguida, um resumo da estimativa de custos para implementação das soluções anteriormente descritas (Quadro 37).

Os custos apresentam-se discriminados por bacia e por tipo de infra-estrutura, fazendo-se ainda a distinção entre os custos associados às obras de construção civil e os referentes à instalação de equipamentos electromecânicos e eléctricos.

Quadro 37 - Estimativa de custos (€) de soluções de controlo na origem do PGDLx

		Equipamento	Construção Civil	Total	Factor de Agravamento de 1,3	
Sistema Alcântara	Bacia A	Outras Soluções de Controlo na Origem	13000	115000	128000	166400
	Bacia B	Outras Soluções de Controlo na Origem				192400
	Bacia C	Outras Soluções de Controlo na Origem	7000	58000	65000	84500
	Bacia D	Bacia de Infiltração / Retenção	25000	75000	100000	130000
		Outras Soluções de Controlo na Origem	30000	262000	292000	379600
	Bacia E	Reservatório de Campolide-Benfica	585000	5265000	5850000	7430000
		Reservatório das Av. Novas	324000	2916000	3240000	4120000
		Outras Soluções de Controlo na Origem	340000	3059000	3399000	4418700
	Bacia F	Outras Soluções de Controlo na Origem	6000	53000	59000	76700
	Bacia G	Outras Soluções de Controlo na Origem	4000	34000	38000	49400
	Bacia H	Outras Soluções de Controlo na Origem	20000	172000	192000	249600
	Bacia I	Outras Soluções de Controlo na Origem	4000	36000	40000	52000
	Bacia J	Outras Soluções de Controlo na Origem	27000	240000	267000	347100
	Bacia L	Desvio de caudal da bacia L para a M	1300000	11700000	13000000	27300000 <sup>(1)</sup>
Outras Soluções de Controlo na Origem		37000	333000	370000	481000	
Bacia M1	Outras Soluções de Controlo na Origem	5000	45000	50000	65000	
Sistema Chelas	Reservatório das Olaias	1350000	5400000	6750000	8775000	
	Bacia O	Reservatório da Cidade Universitária	345000	3105000	3450000	4485000
	Outras Soluções de Controlo na Origem		1200000	1200000	1560000	
Sistema Beirólas	Bacia P	Outras Soluções de Controlo na Origem		300000	300000	390000
	Bacia Q	Reservatório da Av. Berlim	860 000	3440000	4300000	5590000
		Outras Soluções de Controlo na Origem		300000	300000	390000
Bacias Adjacentes	Bacia S	Bacia de Retenção		280000	280000	364000
	Outras Soluções de Controlo na Origem		400000	400000	520000	
	Bacia T	Outras Soluções de Controlo na Origem		200000	200000	260000

(1) investimento previsto para esta solução, segundo a fase D do PGDLx

Fonte: (Matos *et al.*, 2007b), (Matos *et al.*, 2008b)

Para o caso de Lisboa, os custos médios podem ser agravados 1,3 a 2,5 vezes, considerando-se os seguintes factores de agravamento de custo (Matos *et al.*, 2008a):

- 1,3 - aplicável em toda a área urbana de Lisboa, onde se tem em conta condicionalismos gerais, nomeadamente em termos de profundidades de escavação, tipo de solo, transporte a vazadouro dos produtos sobranes e aquisição de materiais para aterro, manutenção dos transportes públicos que circulam sobre carris, desvios de trânsito, policiamento, entre outros.
- 1,3 - factor que deve ser aplicado a núcleos antigos, onde a preservação do edificado e a arqueologia assumem relevância, bem como a existência de colectores sob alguns desses edifícios.
- 1,5 - factor a aplicar nas zonas ribeirinhas, tendo em conta os efeitos de maré, nível freático e elevado tráfego.
- 2,1 - Num local que, cumulativamente, apresente todos os condicionalismos referidos.

#### **15.2.2.2 Operações de Exploração e Manutenção**

A melhoria da exploração dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais passa pela implementação e execução do respectivo Plano de Manutenção e de Exploração. Para tal deverão ser analisados, sistematizados e uniformizados todos os manuais, procedimentos, rotinas, instruções de trabalho e folhas de registos relativos às actividades de operação e manutenção. Os objectivos específicos do Plano de Operação e de Manutenção deverão ser os seguintes (Matos *et al.*, 2008):

- Assegurar que o sistema se comporta em conformidade com os requisitos de funcionamento pré-estabelecidos;
- Definição de contingências de forma a garantir que uma avaria ou disfunção em parte do sistema não afecte o funcionamento de outras partes;
- Garantir que o funcionamento do sistema se faz em condições de segurança para a população em geral, e para os trabalhadores em particular; e
- Ter viabilidade económica, sem impactes ambientais indesejáveis.

Para cada uma das vertentes definidas, devem ser desenvolvidos os seguintes tópicos (Matos *et al.*, 2008):

- Descrição do tipo e funcionalidades da infra-estrutura;
- Cadastro das instalações (telas finais);
- Cadastro dos equipamentos;
- Descrição das actividades e metodologia de operação;
- Frequência das actividades;
- Meios humanos e materiais necessários por actividade;

- Procedimentos operativos e instruções de trabalho por actividade; e
- Forma de controlo (indicadores) e respectivos registos.

### **15.2.3 ALGUNS PROJECTOS PARA O APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM, EM LISBOA**

#### **15.2.3.1 Plano de Urbanização da Área Envolvente à Estação do Oriente (PUAEEO)**

A elaboração do PUAEEO prende-se com a necessidade de acomodação de novas valências funcionais com incorporação da rede de Alta Velocidade Ferroviária e do serviço de *shuttle* dedicado ao Novo Aeroporto de Lisboa (NAL).

Das restrições e servidões de utilidade pública que abrangem a área, destaca-se a área afecta a medidas preventivas decorrentes da Terceira Travessia do Tejo, dado que a rede de Alta Velocidade Ferroviária foi integrada nesta futura travessia, com localização no eixo Chelas – Barreiro. É ainda de acrescentar as servidões aeronáuticas (aeroporto internacional de Lisboa), o canal ferroviário (domínio público ferroviário), o Aqueduto do Tejo, o Aqueduto do Alviela, as linhas e corredores de Alta Tensão (BAU – B. Arquitectura Urbanisme S. L. *et al.*, 2010).

Todavia, os Aquedutos do Alviela e do Tejo poderão incorporar corredores verdes, salvaguardando a rede de logradouros, e promovendo actividades culturais que possam narrar a história da circulação e distribuição da água a Lisboa (Figura 98) (PARQUE EXPO, S.A., 2010).

Esta área está sujeita a situações de risco de inundação, pela eventual escorrência das águas pluviais ao longo das encostas até à zona ribeirinha. As linhas de água actualmente canalizadas, não apresentam fluxo superficial significativo, salvo em situações de precipitação excepcional. O ponto de confluência das linhas de água constitui o único espaço que reúne as condições de permeabilidade para viabilizar a criação de áreas de infiltração das águas pluviais – bacias de recepção (Figura 99) (BAU – B. Arquitectura Urbanisme S. L. *et al.*, 2010), (PARQUE EXPO, S.A., 2010).



- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px dashed red; margin-right: 5px;"></span> Limite do PUAEEO</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; margin-right: 5px;"></span> Espaços Verdes</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #008000; margin-right: 5px;"></span> Hórlas Urbanas</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #00FF00; margin-right: 5px;"></span> Maciços Arbóreos</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #D2B48C; margin-right: 5px;"></span> Área Permanável<br/>(estacionamento em terra batida)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid blue; margin-right: 5px;"></span> Aqueduto da Alameda</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid yellow; margin-right: 5px;"></span> Aqueduto do Tejo</li> <li><span style="display: inline-block; width: 0; height: 0; border-left: 5px solid transparent; border-right: 5px solid transparent; border-bottom: 8px solid orange; margin-right: 5px;"></span> Sistema de Vistas Colinar e Ribeirinho</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid yellow; margin-right: 5px;"></span> Encosta e Taludes revestidos</li> </ul> |
|---|--|

Figura 98 - Valores de paisagem no PUAEEO  
 Fonte: (PARQUE EXPO, S.A., 2010)



Figura 99 - Caracterização física do PUAEEO  
 Fonte: (BAU – B. Arquitectura Urbanisme S. L. et al., 2010)

Considerando a futura instalação de um reservatório para a recolha de águas pluviais, no cruzamento da Av. de Berlim com a Av. Infante D. Henrique, o Plano propõe a futura instalação de um sistema de rega dos espaços verdes, reciclando a água desse depósito (BAU – B. Arquitectura Urbanisme S. L. *et al.*, 2010). Para a água pluvial que escorre nos arruamentos, deverá prever-se caixas separadoras de óleos e de areias, de forma a potenciar a sua reutilização (PARQUE EXPO, S.A., 2010). Contudo, como este reservatório recebe igualmente águas do sistema unitário, não torna viável o aproveitamento de apenas águas pluviais para os usos previstos (a não ser se houver uma conversão do sistema unitário para o separativo).

#### **15.2.3.2 Plano de Pormenor do Parque Hospitalar Oriental (PPPHO)**

Neste Plano prevê-se a instalação em Marvila do Hospital de Todos-os-Santos, que irá concentrar serviços hospitalares de cinco hospitais da cidade de Lisboa (Capuchos, Desterro, Santa Marta, São José e D. Estefânia). Prevê ainda a transferência do IPO para uma área contígua ao parque da Bela Vista, e a chegada da Terceira Travessia do Tejo ao vale central de Chelas. Nestas intervenções pretende-se também estabelecer a continuidade da estrutura ecológica entre o vale central de Chelas, vale da Montanha e o vale do Fundão e inclusão do parque hortícola. No plano da mobilidade prevê-se a construção de uma nova linha de Metro ligeiro de superfície, e a ligação dos parques da Bela Vista e vale da Montanha aos novos equipamentos hospitalares, ao Hospital de Santa Maria e da Cruz Vermelha, e num segundo traçado o Hospital Curry Cabral até Sete Rios, e a integração da proposta para o sistema pedonal e ciclável (Falcão de Campos Arquitectos, Lda *et al.*, 2010).

Este Plano menciona “a existência de zonas de retardamento da chegada de água às zonas baixas, através da constituição de um sistema bacias de retenção superficiais, secas ou de água permanente, bem como a preservação e o aumento das áreas de solos permeáveis, deverá ser encarada e quantificada como uma alternativa sustentável a implementar, devendo ser ponderada uma solução alternativa ao reservatório previsto junto ao Convento de Chelas”, o que leva a questionar qual a razão da existência e características dessa alternativa para excluir a implementação do reservatório previsto.



- Jardim Botânico (Jardim, Estufas, Laboratórios, Herbário, Observatório Astronómico, Edifício das Matemáticas, Viveiros, Palmário, Zonas expositivas do Lagartagis);
- Parque Mayer (Cineteatro Capitólio, Teatro Variedades, Teatro ABC, Teatro Maria Vitória, áreas de estacionamento públicas e privadas, logradouros privados);
- Áreas envolventes estruturadas a partir da R. da Escola Politécnica, Jardim do Príncipe Real, R. da Alegria e Praça da Alegria, Av. da Liberdade, R. do Salitre, Largo Jean Monnet, R. Castilho e R. Nova de São Mamede.

Neste Plano prevê-se a implementação de soluções que permitam reduzir os escoamentos superficiais ao longo dos taludes e melhorar o uso da água, quer na fase de construção quer na fase de exploração, principalmente no que respeita ao consumo de água na rega dos espaços verdes.

Assim, foi proposta a separação, regularização e, quando necessário, o tratamento da água da chuva para posterior utilização na rega dos espaços verdes, lavagem (pavimentos, veículos, equipamentos, entre outros), usos ornamentais, autoclismos e outros usos não potáveis, utilizando uma rede própria secundária para o aproveitamento das águas pluviais. Com a implementação destas soluções seria possível diminuir os caudais de ponta pluviais nos pontos de entrega às redes públicas e minimizar a dependência da rega ou outros usos compatíveis em relação ao abastecimento de água potável da rede pública (AIRES MATEUS E ASSOCIADOS, 2010), (AMBIENTAR, Consultores em Ambiente LDA *et al.*, 2010).

A razão porque se propõe a reutilização da água precipitada nos pavimentos e não nas coberturas prende-se com o facto de a maioria das coberturas serem ajardinadas (Figura 101). Apesar de a água recolhida dos pavimentos ter eventualmente uma maior carga poluente, que inclui os hidrocarbonetos, a água das coberturas arrastaria os nutrientes existentes nos solos. É muito mais simples e menos dispendioso optar por um tratamento das primeiras águas (que passará, grosso modo, por um decantador, um separador de hidrocarbonetos e um sistema de filtração), do que das segundas (que obrigaria a um tratamento químico mais complexo e caro) (AIRES MATEUS E ASSOCIADOS, 2010). Mas se as águas se destinam à rega, se tiverem nutrientes, não será necessário remove-los porque enriquecerá a sua utilização nas plantas.

Não obstante, será necessário implementar um sistema de monitorização destas águas de acordo com os usos a que se destina, que inclui a sua qualidade,

quantidade e operação / manutenção do sistema (AMBIENTAR, Consultores em Ambiente LDA *et al.*, 2010).



Figura 101 - Planta de modelação do Plano de Pormenor do Parque Mayer, Jardim Botânico e Zona Envolvente  
Fonte: (AIRES MATEUS E ASSOCIADOS, 2010)

Nas áreas de circulação (eixo paralelo à Rua do Salitre e Parque Mayer) e atendendo à presença de veículos automóveis para serviço e cargas e descargas, haverá lugar à instalação de pontos de drenagem constituídos por descargas definidas em pequenas bacias de contribuição hidrológica da área impermeabilizada, com a função de recolha e tratamento de hidrocarbonetos, óleos e gorduras, antes das águas atingirem o meio receptor (o solo ou o armazenamento em reservatório). Nas áreas pavimentadas do Jardim Botânico, e atendendo à necessidade de se proceder a uma repavimentação integral, poderá ser implementado um sistema composto por pavimentação adequada e rede de recolha que fará a condução das águas para um reservatório. O sistema do Jardim Botânico será autónomo e articulado com o conjunto de cisternas já existente (AIRES MATEUS E ASSOCIADOS, 2010).

A capacidade dos reservatórios a instalar à cota baixa, que serão múltiplos, corresponderá a uma parte significativa dos caudais a escoar superficialmente. A existência de uma capacidade de armazenamento permite que quando se tiver que

efectuar a entrega de caudais significativos na rede de drenagem, após a utilização secundária, esta seja retardada (AIRES MATEUS E ASSOCIADOS, 2010).

Da mesma forma, as necessidades acrescidas de irrigação serão, em grande parte, suportadas pelas águas recolhidas, pelo que o aumento de área verde proposta não implica novas solicitações da rede pública de abastecimento de água potável (AIRES MATEUS E ASSOCIADOS, 2010).

#### 15.2.3.4 Parque Oeste / Vale Grande

O Parque Oeste / Vale Grande situa-se na zona do Lumiar, na Alta de Lisboa, a sul da Av. Eng.º Nuno Abecassis, onde se encontram integradas as bacias de retenção (Figura 102).





Figura 102 - Perspectivas das bacias de retenção do Parque Oeste.

Uma das intenções para a criação deste Parque foi a resolução do problema de drenagem das águas pluviais nos picos de grande acumulação, através de bacias de retenção, para posteriormente estas águas serem lentamente absorvidas e encaminhadas para a rede de drenagem pública das águas pluviais. Antes da saída da bacia de retenção é instalada uma rede de protecção e um poço (que serve para sedimentar os materiais arrastados na água) (Roel *et al.*, 2007).

Na construção da bacia de retenção, sobre o terreno compactado, foi aplicada uma lâmina de geotextil de  $125 \text{ g/m}^2$ , sobre esta lâmina encontra-se outra membrana impermeabilizante de PVC de 0,8 mm de espessura; no perímetro a impermeabilização é protegida com uma lâmina de geotextil de  $260 \text{ g/m}^2$ , que foi introduzida até 1 m em direcção ao interior da pendente, para que os seixos de rio que ocultarão o impermeabilizante não a danifiquem (Roel *et al.*, 2007).

O enchimento da bacia consegue-se através de diversos sistemas (Roel *et al.*, 2007):

- água que se obtém pela bombagem de furos,
- água da chuva vinda dos colectores pluviais da urbanização,
- água da chuva do Parque.

Aqui observa-se que a manutenção da bacia de água permanente requer a utilização de furos para o período de estiagem.

A oxigenação das águas da bacia, que permite a minimização de odores, consegue-se mediante três sistemas hidráulicos que mantêm em movimento a água (Roel *et al.*, 2007):

- elementos verticais alinhados tipo “árvores de água” que expulsão água em diversas direcções,

- série de agitadores,
- utilização da água da bacia para a rega, que conduz à sua circulação através da sua entrada por bombagem do furo e saída para aquele uso.

A rede de rega tem origem numa captação, pelo que para promover uma melhor gestão da água nesta zona, se recomendaria um estudo sobre o aproveitamento da água na bacia de retenção.

### 15.2.3.5 Plano de Pormenor da Pedreira do Alvito

O Plano de Pormenor (PP) da Pedreira do Alvito, que se encontra em estudo, localiza-se na freguesia de Alcântara, e integra o Bairro do Alvito e o complexo desportivo do Atlético Clube de Portugal.

Tal como representado na Figura 103, o PP confina a sul com o Plano de Urbanização de Alcântara, estando a área de intervenção limitada a sul pela rede viária de acesso à Ponte 25 de Abril, a este pela Estrada Estrangeira de Cima e Estrada do Alvito, a oeste pela Tapada da Ajuda e R. Professor Vieira Natividade e a norte pelo Parque Florestal do Monsanto.



#### Legenda

 LIMITE PLANO DE PORMENOR ALVITO

Extraído de: *Termos de Referência do Plano de Pormenor da Pedreira do Alvito, Março de 2009.*

Figura 103 – Área de Intervenção do Plano de Pormenor da Pedreira do Alvito

Alguns dos objectivos programáticos dos Termos de Referência do Plano de Pormenor da Pedreira do Alvito são:

- Estabelecer uma estrutura coerente, que articule os diversos valores em presença, nomeadamente a estrutura construída (Bairro do Alvito, Programa Especial de Realojamento (PER) e equipamentos desportivos, como o Complexo Desportivo do Atlético Clube de Portugal) e os espaços naturais (Parque Florestal do Monsanto e Tapada da Ajuda);
- Permitir a reconversão dos vazios urbanos existentes e das áreas industriais obsoletas;
- Os usos comerciais e serviços, terem uma vertente de inovação e sustentabilidade, nomeadamente as “indústrias criativas”, assim como o restante edificado;
- Nos usos habitacionais prever que 25 % dos fogos sejam a custos controlados / arrendamento apoiado;
- Equipamentos sociais e de apoio ao lazer e recreio;
- Prever a localização de zonas verdes públicas em articulação com percursos pedonais, praças, equipamentos, zonas de estadia e lazer, e os espaços verdes na envolvente;
- Valorizar a falésia existente a norte da pedreira, estabelecendo um afastamento obrigatório das ocupações de modo a garantir a sua permanência como espaço memorial e reforçar o seu papel cénico.

Neste Plano prevê-se a instalação e manutenção de um sistema de aproveitamento das águas pluviais para a lavagem de pavimentos e espaços exteriores e para a rega, evitando a utilização de água potável (CML – DMPU – DPU – DCIP, 2010).

#### **15.2.3.6 Plano de Urbanização de Alcântara**

Os principais objectivos subjacentes a este Plano são:

- a reformulação do nó ferroviário de Alcântara que implica a construção de um acesso ferroviário ao terminal de contentores de mercadorias de Alcântara;
- uma nova ligação ferroviária entre a linha de Cascais e a de Cintura (que é partilhada por três “serviços”: o da CP - Linha da Azambuja, sobre a Linha do Norte; o da CP - Linha de Sintra, até ao Rossio; e o da FERTAGUS até Setúbal);
- a entrada em funcionamento da estação projectada do Alvito;
- a chegada do Metro à área em estudo;
- a reconstrução do vale entre o Parque de Monsanto e a sua confluência com o Tejo melhorará a estrutura ecológica e a qualidade de vida.

Um dos principais elementos estruturantes da proposta para o Plano de Urbanização de Alcântara consiste na reconstituição do ‘Sistema Húmido’ do vale de Alcântara, definido de acordo com o regulamento do PDM em vigor, como o “sistema que integra áreas correspondentes a linhas de drenagem pluvial existentes a céu aberto e subterrâneas e áreas adjacentes, bacias de recepção das águas pluviais, lagos e

charcos” (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2010a). Na descrição da proposta, no sistema contínuo do Vale de Alcântara, na Figura 104, pode-se observar os jardins urbanos / sistemas de bacias de retenção.

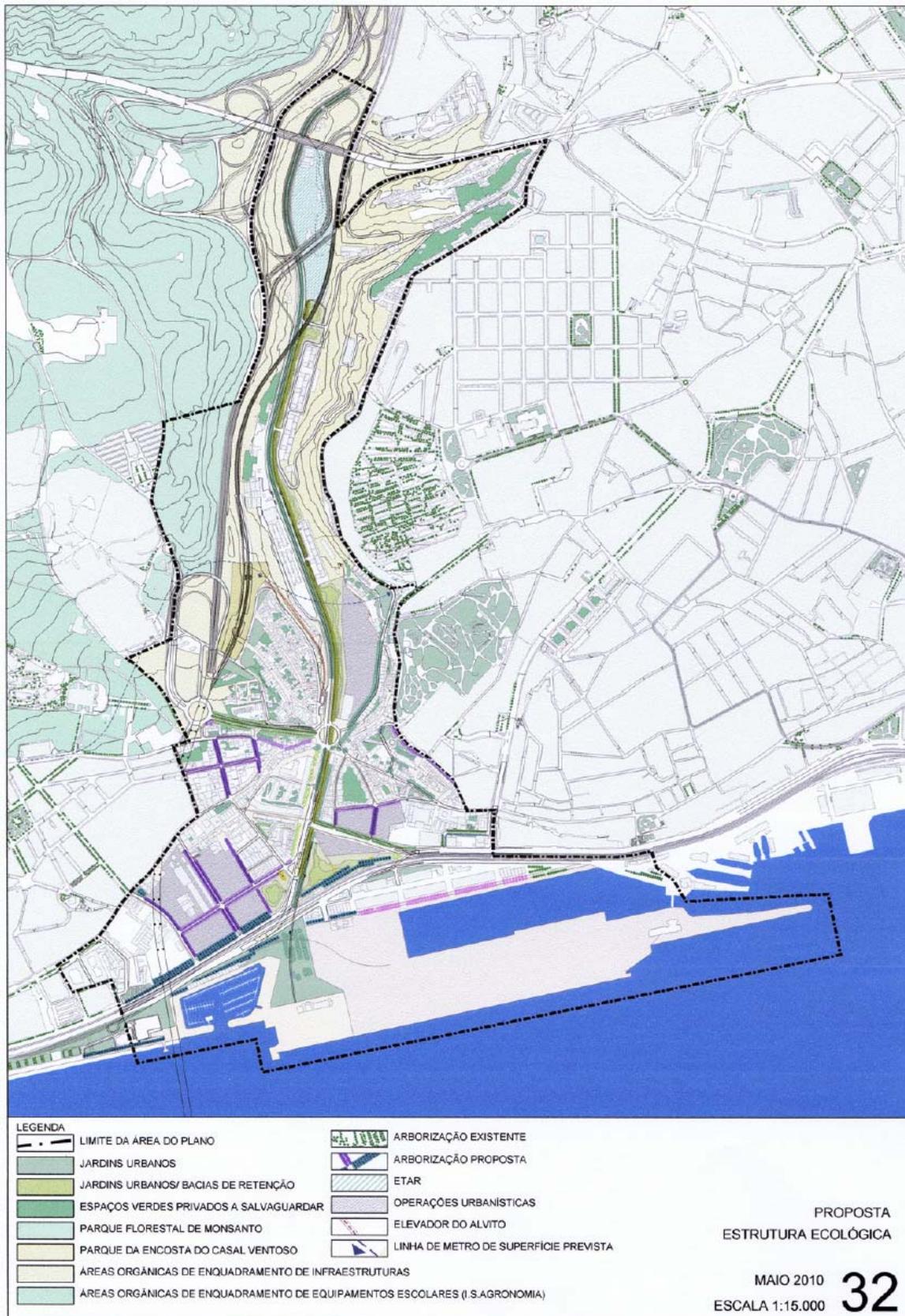


Figura 104 - Plano de Urbanização de Alcântara – Proposta Estrutura Ecológica.  
Fonte: (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2010a)

As bacias de retenção situam-se: a jusante da ETAR; no espaço anteriormente ocupado por uma estação de serviço; junto ao espaço da Estação de Alcântara-Terra e duas junto à Estação de Alcântara-Rio estabelecendo para jusante a ligação ao colector da SIMTEJO (Saneamento Integrado dos Municípios do Tejo e Trancão), Figura 105 (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2010a).

A proposta de implementação de um sistema de jardins urbanos incorporando bacias de retenção e valas de infiltração (podendo ainda incluir poços de infiltração e trincheiras de infiltração) desde a zona da ETAR de Alcântara até ao rio Tejo, apresenta múltiplas vantagens e funções do ponto de vista urbano (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2010a):

- controlo do regime hídrico, pela captação dos caudais pluviais locais, sendo um complemento aos sistema de drenagem convencional quando este se apresente próximo da capacidade máxima hidráulica, através da retenção, amortecimento, e infiltração;
- possibilidade de recarga de aquíferos por infiltração, quando a qualidade das águas pluviais não conduz a riscos para a qualidade da água subterrânea;
- constituição de novas áreas de jardins urbanos com os valores intrínsecos a elas associados (fornecimento de oxigénio, redução das amplitudes térmicas, manutenção do teor de humidade do ar, protecção dos ventos e a fixação de poeiras, suporte da estrutura de arborização e de espaços orgânicos permeáveis, criação de *habitats* e biótopos, tendo em vista a biodiversidade e a activação biológica), com continuidade ecológica;
- possibilidade de integrar o sistema de mobilidade suave como uma rede complementar de percursos pedonais e cicláveis;
- deposição de sedimentos, podendo contribuir para a formação de solo orgânico (a reintegrar no sistema de estabilização da encosta do Casal Ventoso).

A implementação deste sistema, por si só, não resolve os problemas de inundações que recorrentemente ocorrem na zonas baixas de Alcântara, mas contribui para a sua minimização, ao permitir captar os caudais locais, principalmente da encosta nascente do vale de Alcântara, dado que os reduzidos índices de cobertura vegetal na encosta do Casal Ventoso conduz à escorrência superficial de grande parte das águas pluviais.



Figura 105 - Bacias de retenção na proposta do Plano de Urbanização de Alcântara  
Fonte: (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2010a)

O sistema de bacias de retenção proposto, apresenta uma área total de 68 314 m<sup>2</sup>, com uma profundidade máxima de 0,6 m. Admitindo uma profundidade média de 0,3m, estas bacias permitirão o encaixe de um volume de cerca de 20 494 m<sup>3</sup>. Os caudais deverão ser lançados nos colectores sempre que ultrapassarem a descarga de superfície. É necessário proceder a uma remoção periódica de sedimentos, de modo a evitar o assoreamento. Será ainda estudada a possibilidade da drenagem das vias da Av. de Ceuta se fazer para a vala de infiltração localizada no separador central. Esta depressão poderá ser revestida com vegetação herbácea, como as gramíneas e plantas macrófitas (as plantas macrófitas são responsáveis por alguns mecanismos fundamentais da depuração de águas, tais como, filtração, degradação microbiana da matéria orgânica e absorção de nutrientes) capazes de absorver parte dos metais pesados provenientes da drenagem das vias. Estas águas pluviais deverão ainda sofrer um processo de tratamento, como a remoção de areias e óleos, com posterior decantação, antes da sua reintegração no sistema de bacias para jusante. Este sistema, pela sua capacidade de acumulação de água e pela disponibilidade de solo orgânico, proporciona ainda condições favoráveis ao crescimento de uma arborização ribeirinha de grande porte, fundamental na definição dos corredores de arborização estruturantes do vale (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2010a).

As áreas designadas como jardins urbanos / bacias de retenção deverão ter uma estrutura vegetal baseada nas espécies da galeria ripícola própria da associação paraclimática húmida. Nas margens das bacias de retenção deverá ser aplicada vegetação marginal (*Phragmites giganteum*) que poderá contribuir para a fixação de metais pesados, a auto-depuração do sistema e a criação de *habitats*, como nichos de revitalização biológica, contribuindo para a biodiversidade em meio urbano (Manuel Fernandes de Sá, Lda *et al.*, 2010a).

Este sistema poderia ser complementar ao Caneiro de Alcântara, captando os caudais excedentes, todavia, esta situação não deverá acontecer, dado que a rede de colectores é unitária, transportando simultaneamente caudais de águas pluviais e efluentes domésticos. Para colmatar esta ocorrência estão também planeados, no PGDLx, a realização dos reservatórios de Benfica-Campolide e das Avenidas Novas, que podem aceitar as águas do sistema unitário.

Esta proposta refere a reutilização dos efluentes da ETAR, após a remodelação e afinação do tratamento, com o encaminhamento do efluente tratado para estas bacias de retenção, contudo julga-se que esta deverá ser efectuada em outro sistema de retenção / armazenamento de forma a não misturar os dois tipos de águas.

No Regulamento proposto para o Plano de Urbanização de Alcântara, no art.º 29º referente a Espaços Verdes Privados a Salvar / Logradouros, no ponto 3, é referido que deve-se promover a qualificação destes espaços através do uso de vegetação e da integração de sistemas de infiltração da água pluvial, para não sobrecarregar os colectores pluviais, e de sistemas de armazenamento da água pluvial, do tipo cisterna, para o seu aproveitamento na rega e lavagem do próprio espaço.

No mesmo Regulamento, no art.º 50º referente a Sistema de Retenção e Infiltração de Águas Pluviais, no ponto 3, é mencionado que “este sistema pode adoptar soluções técnicas que promovam o armazenamento das águas pluviais para reutilização, nomeadamente rega, lavagem de pavimentos, alimentação de lagos e tanques, devendo ser objecto de um projecto geral que garanta o seu funcionamento integrado e a sua eficácia, podendo a sua execução ser faseada.”

No mesmo artigo, no ponto 4, é referido que as bacias “devem ser limitadas por uma barreira, que poderá ser vegetal, de modo a impedir o acesso directo ao plano de água”.

Ainda no ponto 5, no art.º 50º, menciona-se que “a qualidade da água armazenada deve ser controlada através da realização de análises com parâmetros e periodicidade a definir consoante a sua utilização”, e o que a Administração da Região Hidrográfica do Tejo definir.

#### **15.2.3.7 Eco-Bairro da Boavista**

No âmbito do QREN (Quadro de Referência Estratégico Nacional) 2007 – 2013 foi efectuada a Candidatura Eco-bairro Boavista – Ambiente + - Um modelo integrado e inovação sustentável – Programas Integrados de Criação de Eco-Bairros – Aviso nº 5-PRU, que entre outras temáticas integrou a criação de infra-estruturas de reutilização de água para rega, incêndios e lavagem pública que a seguir se expõe.

A Comissão Directiva do Programa Operacional Regional de Lisboa aprovou, em 15 de Março de 2010, este programa de acção para operações no domínio dos Eco-Bairros no âmbito da Política de Cidades - Parcerias para a Regeneração Urbana.

A área de intervenção da Candidatura abrange o Loteamento de Iniciativa Municipal do Bairro da Boavista, em elaboração. Esta operação urbanística, promovida pela Câmara Municipal de Lisboa, teve aprovação em Reunião de Câmara a 28 de Março de 2007, encontrando-se actualmente a decorrer a fase de licenciamento das especialidades.

O Bairro da Boavista, também conhecido por Alto da Boa Vista, situa-se na periferia da freguesia de Benfica, confinando com o Parque de Monsanto, Estádio Pina Manique e a CRIL – Circular Regional Interna de Lisboa, que separa os concelhos de Lisboa e da Amadora (Figura 106), (CML *et al.*, 2010).



Figura 106 - Ortofotomapa do Bairro da Boavista

Fonte: (CML *et al.*, 2010)

Pretende-se que seja implementado um conjunto de infra-estruturas que permitirão uma redução na ordem de 60 % a 80 % face ao valor médio de referência do consumo de água potável para rega de espaços verdes e de lavagem de espaços públicos, recorrendo-se ao aproveitamento das águas resultantes da precipitação, a partir do sistema de drenagem pública de águas pluviais, do seu tratamento, e armazenamento em reservatório (neste caso enterrado e com capacidade em função da autonomia pretendida), com posterior utilização na rede exterior de água reutilizável, garantindo que não existe qualquer interligação com a rede de água potável que origine potenciais contaminações (Figura 107) (CML *et al.*, 2010).

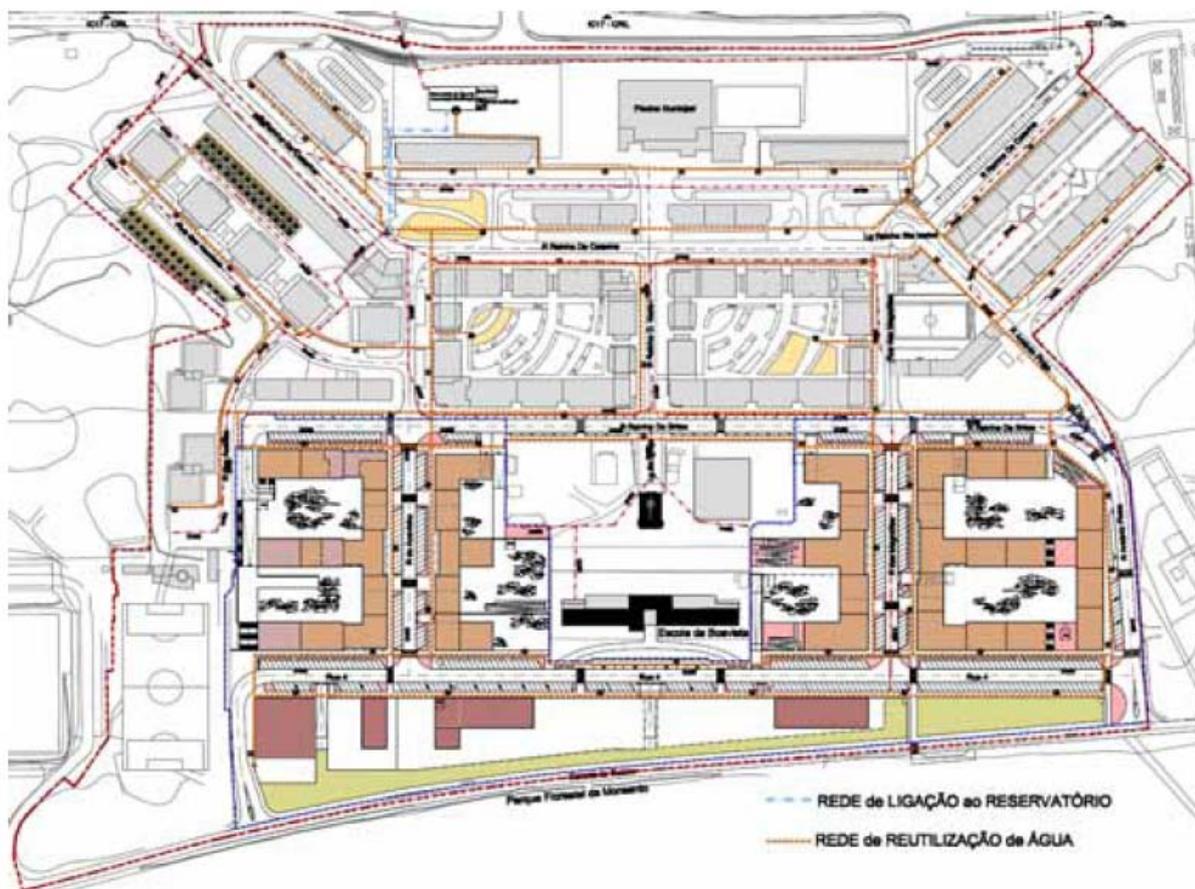


Figura 107 - Rede de reutilização de água

Fonte: (CML *et al.*, 2010)

## Bases e Critérios de Dimensionamento

### Quantificação da área impermeável

A área contemplada abrange praticamente a totalidade do Bairro da Boavista com cerca de 64 850 m<sup>2</sup> (em que 38 800 m<sup>2</sup> da área não será intervencionada e 26050m<sup>2</sup> correspondente à área a intervir). A actual rede não assegura exclusivamente a drenagem de águas pluviais, em resultado de ligações de águas residuais domésticas clandestinas, pelo que o aproveitamento desta água obrigaria ao seu tratamento com custos acrescidos. Sendo assim, foi proposto o aproveitamento das águas pluviais afectas exclusivamente à zona a intervencionar e que totaliza 26050m<sup>2</sup>, afim de possibilitar o controle adequado das ligações prediais (CML *et al.*, 2010).

Todavia, na área do Bairro da Boavista, onde não está prevista intervenção, existem colectores com diâmetro de 200 mm, que deveriam ser substituídos pelo de 300 mm por ser considerado o diâmetro nominal mínimo usado em Lisboa (apesar de ser cumprido o diâmetro nominal mínimo estabelecido pelo artigo 134.º do Decreto

Regulamentar n.º23/95, de 23 de Agosto). Mais, os colectores a jusante teriam diâmetro inferior aos de montante contrariando o artigo 135.º daquele Regulamento que dispõe no n.º1 que “nas redes separativas domésticas, a secção de um colector nunca pode ser reduzida para jusante” e no n.º2 “nas redes unitárias e separativas pluviais, pode aceitar-se a redução de secção para jusante, desde que se mantenha a capacidade de transporte”. Face a estas disposições seria também de incluir esta área do Bairro da Boavista nesta acção de aproveitamento de águas pluviais.

#### Caracterização da precipitação

A quantificação dos caudais afectos à área de intervenção resultam dos valores médios de precipitação mensal nos últimos 30 anos e indicados nos Boletins Meteorológicos para a Agricultura do Instituto de Meteorologia, na estação de Lisboa - Gago Coutinho (Quadro 38) (CML *et al.*, 2010).

Quadro 38 - Precipitação média mensal

<b>Meses</b>	<b>Precipitação Média (mm)</b>
Janeiro	97,7
Fevereiro	82,3
Março	36,1
Abril	68,7
Maió	64,4
Junho	14,1
Julho	6,0
Agosto	5,1
Setembro	30,6
Outubro	86,0
Novembro	135,8
Dezembro	127,3
<b>Total</b>	<b>754,1</b>

Fonte: (CML *et al.*, 2010)

#### Caracterização das necessidades de Água

##### a) Quantificação dos Consumos de Rega:

As solicitações estimadas para a rega dos espaços verdes são as indicados no Quadro 39.

Quadro 39 - Solicitações de rega

MESES	Consumo Médio
Maio	212 m <sup>3</sup>
Junho	464 m <sup>3</sup>
Julho	343 m <sup>3</sup>
Agosto	331 m <sup>3</sup>
Setembro	253 m <sup>3</sup>
Outubro	197 m <sup>3</sup>
<b>Total</b>	<b>1800 m<sup>3</sup></b>

Fonte: (CML *et al.*, 2010)

A redução do consumo de água será também conseguida através da substituição de espécies consumidoras de água, por espécies autóctones ou adaptadas às particularidades de Monsanto, e pela utilização de sistemas de rega localizada, gota a gota, promovendo igualmente a cobertura do solo (onde os declives o permitem) com camada de casca de pinheiro, para redução da evaporação da água (reduzindo o consumo de rega diária, assim como a sua frequência).

O projecto inclui ainda um conjunto de pequenas hortas urbanas, satisfazendo uma aspiração social e económica da população, e a promoção de uma melhor utilização dos resíduos orgânicos com a compostagem (CML *et al.*, 2010).

#### b) Consumos de Lavagem de Pavimentos Públicos

De acordo com os elementos fornecidos pelo D.H.U.R.S. (Departamento de Higiene Urbana e Resíduos Sólidos) da CML, prevê-se que se mantenham os consumos de 1 400 m<sup>3</sup> mensais, totalizando cerca de 16 800 m<sup>3</sup> de água anual (CML *et al.*, 2010).

#### c) Consumos Totais

No total, as necessidades de água para efeitos de rega de zonas verdes e lavagens de pavimentos, atingem 18 600 m<sup>3</sup> anuais, de acordo com a seguinte distribuição mensal (Quadro 40) (CML *et al.*, 2010).

Quadro 40 - Consumo médio mensal

<b>Meses</b>	<b>Consumo Médio m<sup>3</sup></b>
Outubro	1597
Novembro	1400
Dezembro	1400
Janeiro	1400
Fevereiro	1400
Março	1400
Abril	1400
Maio	1612
Junho	1864
Julho	1743
Agosto	1731
Setembro	1653
<b>Total</b>	<b>18600</b>

Fonte: (CML *et al.*, 2010)

### Caracterização da solução proposta

#### Capacidade de reserva

Tendo em conta o objectivo mencionado de redução do consumo de água na ordem dos 60 % a 80 %, foi proposta uma reserva com capacidade para 550 m<sup>3</sup>, permitindo o aproveitamento de 13 023 m<sup>3</sup> de água proveniente da precipitação, o que representa 70 % das necessidades (CML *et al.*, 2010).

Na quantificação de águas superficiais, tomou-se para efeitos de recolha a percentagem de 90 % relativo ao precipitado em zonas impermeáveis (correspondendo a um coeficiente de escoamento de 0,9) (CML *et al.*, 2010).

O Quadro 41 resume o processo para o dimensionamento descrito, com a determinação da quantidade de água que é aproveitada e solicitada à rede de abastecimento potável da EPAL em cada mês, conforme a capacidade do reservatório definida. O caudal da área impermeável foi determinado pelo produto do coeficiente de escoamento, precipitação mensal e área impermeável.

Quadro 41 - Resumo dos cálculos efectuados para a solução proposta

Mês	Precipitação Mensal	Água Proveniente		Necessidade de Água			Volume Água Reservatório		Volume de Água Solicitado	
		Área Impermeável (m <sup>2</sup> )	Caudal Área Impermeável (m <sup>3</sup> )	Rega (m <sup>3</sup> )	Lavagens (m <sup>3</sup> )	Total (m <sup>3</sup> )	Inicial (m <sup>3</sup> )	Final (m <sup>3</sup> )	Precipitação (m <sup>3</sup> )	Canalizada (m <sup>3</sup> )
Out	86	26 050	2 016	197	1 400	1 597	0	419	1 597	-
Nov	135,8	26 050	3 184	-	1 400	1 400	550	550	1 400	-
Dez	127,3	26 050	2 985	-	1 400	1 400	550	550	1 400	-
Jan	97,7	26 050	2 291	-	1 400	1 400	550	550	1 400	-
Fev	82,3	26 050	1 930	-	1 400	1 400	550	550	1 400	-
Mar	36,1	26 050	846	-	1 400	1 400	550	0	1 396	4
Abr	68,7	26 050	1 611	-	1 400	1 400	0	211	1 400	-
Mai	64,4	26 050	1 510	212	1 400	1 612	211	109	1 612	-
Jun	14,1	26 050	331	464	1 400	1 864	109	0	440	1 424
Jul	6	26 050	141	343	1 400	1 743	0	0	141	1 602
Ago	5,1	26 050	120	331	1 400	1 731	0	0	120	1 611
Set	30,6	26 050	717	253	1 400	1 653	0	0	717	936
Total	754		17 682	1 800	16 800	18 600			13 023	5 577

Fonte: (CML *et al.*, 2010)

Pelo Quadro anterior verifica-se que o consumo de água canalizada será essencialmente solicitada nos meses de Junho (cerca de 76 % do total necessário), Julho (92 %), Agosto (93 %) e Setembro (57 %) (CML *et al.*, 2010).

O reservatório será dotado de equipamento para assegurar a retenção de hidrocarbonetos, a decantação de matéria sólida e a filtração. Está prevista a instalação de um sistema de monitorização da qualidade da água nos projectos de aproveitamento de águas reutilizáveis que se pretendem implementar na área.

O custo estimado para esta acção é de € 1 052 098, tendo como fonte de financiamento o FEDER (Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional), com máximo de 50 % ou € 3 500 000 / contrapartida nacional o restante, sendo o prazo de execução de 3 anos (CML *et al.*, 2010).

## **16 EFEITOS / RESULTADOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM SOLUÇÕES DE CONTROLO NA ORIGEM (BACIAS DE RETENÇÃO EM LISBOA)**

No desenvolvimento das diversas soluções de controlo na origem de águas pluviais foram consideradas várias estratégias para a evolução da rede de saneamento da cidade de Lisboa, que como referido, incidiu fundamentalmente em tecnologias de infiltração e detenção, tais como pavimentos porosos, trincheiras de infiltração, poços absorventes, bacias de retenção, de infiltração e reservatórios de regularização. Na revisão do PDM, encontram-se sistematizadas e identificadas as bacias de retenção e reservatórios de regularização descritos no PGDLx, na qual também estão incluídas as bacias de retenção existentes e as de retenção / infiltração pluvial propostas (Figura 108).

Para a definição do Sistema de Retenção e Infiltração de Águas Pluviais fez-se o cruzamento da cartografia de base com as áreas das bacias hidrográficas, áreas com risco de inundação e áreas não edificadas, com o objectivo de proceder à localização das bacias de retenção propostas. Os planos e operações urbanísticas poderão ajustar a localização destas bacias de retenção previstas (CML, 2010b).

A vegetação marginal das margens destas bacias, se convenientemente seleccionada, pode contribuir para uma primeira despoluição das águas. Estes sistemas são compatíveis com actividades de recreio, em espaços verdes e promovem o conforto ambiental e o aumento da biodiversidade (CML, 2010b).

Na revisão do PDM de Lisboa, no Regulamento da Proposta Preliminar, de Julho 2009, no art.º 17.º faz-se referência ao sistema de retenção e infiltração de águas pluviais representadas na Figura anterior, onde é mencionado que “(...) este sistema pode adoptar soluções técnicas que promovam o armazenamento das águas pluviais para reutilização, nomeadamente para a rega, lavagem de pavimentos, alimentação de lagos e tanques (...)”. Na revisão do PDM, no Regulamento do Projecto Preliminar, de Março 2010, no art.º 17.º é referido que “as bacias de retenção / infiltração que se localizam em áreas verdes de recreio e de produção, têm como principal objectivo reduzir os caudais no sistema de drenagem da cidade (...)”.



sopé de Monsanto, no Rio Seco; o reservatório das Olaias, entre a Estrada de Chelas e Olaias; e a bacia de retenção que intercepta o curso da linha de água da Ameixoeira (Quinta das Lavadeiras). Por forma a integrar outros elementos comparativos de indicadores do desempenho de bacias de retenção, seleccionou-se igualmente as bacias de retenção propostas no Plano de Urbanização de Alcântara. Para identificar estas bacias de Alcântara optou-se por numerá-las de montante para jusante, de 1 a 6. No Quadro 42 tem-se a correspondência das respectivas áreas atribuídas nos Planos.

Consultou-se a carta de vulnerabilidade a inundações (Figura 52) e respectivo Quadro com as correspondências percentuais, admitindo-se os valores presentes no Quadro 42 para cada bacia de retenção.

Segundo a Figura 57 e o modelo do PGDLx, pode-se identificar a capacidade de drenagem, para o horizonte de projecto de 2045 e um período de retorno de 10 anos. No Quadro 42 os valores “0” na percentagem da insuficiência de drenagem, significa que o troço a jusante da bacia de retenção não apresenta insuficiente capacidade de drenagem, para aquele ano e período de retorno.

De acordo com a carta de permeabilidades (Figura 40) ou mais especificamente através da informação geológica-geotécnica e hidrogeológica fornecida pelo Gabinete de Geologia da CML, obteve-se a indicação da unidade hidrogeológica para as bacias de retenção de Monsanto / Rio Seco, Olaias e Ameixoeira e respectiva permeabilidade em termos aproximados. Segundo a informação do Gabinete de Geologia, para a determinação da taxa de infiltração seria necessária a realização de estudos geotécnicos e hidrogeológicos específicos em cada localização, que incluíssem ensaios de infiltração. Para as bacias de retenção de Alcântara, como não foi solicitado parecer ao Gabinete de Geologia, consultou-se a Figura 40 e Quadro 5 e assumiu-se um valor para a permeabilidade presente no Quadro 42. A definição destes valores são importantes para a infiltração e alimentação dos aquíferos ou águas subterrâneas de forma a manter o seu desempenho natural.

Através da carta geotécnica de Lisboa (Figura 37) ou através do modelo do PGDLx pode-se identificar o tipo de terreno daquelas localizações.

Com a carta de declives (Figura 43) ou através do modelo do PGDLx no declive

médio da bacia de drenagem consideraram-se os valores presentes no Quadro 42.

Na qualificação do espaço urbano (Figura 49) obtém-se para cada localização a respectiva classificação.

O coeficiente de redução global do método racional generalizado pode ser obtido através da Figura 41, sabendo para cada localização a percentagem de áreas impermeáveis em conjugação com a classe de uso da qualificação do espaço urbano (Quadro 7), o tipo de terreno já mencionado, assim como as inclinações médias do terreno também já referidas. Ou então de forma mais simplificada, a média ponderada do coeficiente de escoamento pode ser obtido por sub-bacia de Lisboa no Quadro 8, ou através do modelo do PGDLx.

Para a área drenada considerou-se a área da sub-bacia do modelo do PGDLx (Quadro 42).

Relativamente ao superávit hídrico ou disponibilidade de água determinado para as duas estações meteorológicas de Lisboa (Quadro 23), fez-se corresponder cada localização à estação que ficava mais próxima, atribuindo-lhe o respectivo superávit hídrico.

Através do que foi exposto vai-se determinar um volume ( $V1E$ ) para a bacia de retenção utilizando o superávit hídrico que será multiplicado pela área drenada e pelo coeficiente de escoamento (Quadro 42). Deste volume retira-se a percentagem referente à permeabilidade que será infiltrado no solo para alimentar as águas subterrâneas / aquíferos ( $V1Einf$ ), sobrando um ( $V1EP$ ).

Assumem-se ainda perdas no sistema de recolha, no processo de tratamento, na distribuição secundária de 20 % (que inclui o desvio, de por exemplo, os primeiros 15 mm de chuva, admitido para o efeito do primeiro fluxo, quando passa por um dispositivo de primeira lavagem, um reservatório de auto-limpeza, ou um decantador ou bacia de decantação), restando um volume ( $V1EPP$ ).

Para a indicação do consumo foi consultado o modelo do PGDLx na respectiva sub-bacia de drenagem, no consumo doméstico e outros usos, em  $m^3/ano$ . Destes valores pressupõe-se um consumo de água não potável para usos compatíveis, conforme o tratamento utilizado, de cerca de 50 % (Quadro 42). Pela diferença entre

o volume final da bacia de retenção e os consumos não potáveis admitidos para as respectivas sub-bacias de drenagem, verifica-se que na generalidade as bacias de retenção só conseguiriam abastecer uma parte dos usos não potáveis nas imediações, excepto a bacia de retenção de Monsanto / Rio Seco, em que o excesso poderá ser desviado para outras bacias (ou ser encaminhado gradualmente para a rede de drenagem). De qualquer forma se o sistema de drenagem não receber este volume, a vulnerabilidade às inundações ficaria anulada ou minimizada nestas localizações. É preciso, contudo, salvaguardar que as premissas e os dados que originaram estes resultados deverão ser aferidos em campo, num estudo mais detalhado.

Quadro 42 - Sistematização de características de bacias de retenção / infiltração em Lisboa

Bacias Retenção	Área atribuída nos Planos (m <sup>2</sup> )	Vulnerabilidade Inundações	Vulnerabilidade Inundações (%)	Insuficiência Drenagem (%)	Unidade Hidrogeológica
Monsanto / Rio Seco	1200	Moderada	15	0	Complexo Vulcânico de Lisboa
Olaias	45000	Moderada	15	20	Aluviões / Complexo Calcoarenítico do Miocénio
Ameixoeira	2300	Moderada	15	30	Complexo Oligocénico
Plano Urbanização Alcântara	1	3321	Moderada	20	0
	2	7150	Moderada	20	0
	3	5861	Moderada	20	0
	4	23646	Muito Elevada	80	0
	5	20997	Muito Elevada	80	97
	6	7339	Muito Elevada	80	104

Bacias Retenção	Permeabilidade	Permeabilidade (%)	Tipo Terreno	Declive Médio (%)	Coefficiente Escoamento C	Área Drenada Sub-bacia (ha)	
Monsanto / Rio Seco	Baixa a Média	20	compacto	10	0,60	73,10	
Olaias	Alta / Média	60	semi-compacto	15	0,70	26,85	
Ameixoeira	Baixa	15	semi-compacto	20	0,70	25,85	
Plano Urbanização Alcântara	1	Alta	80	compacto	25	0,77	11,69
	2	Alta	80	compacto	20	0,82	9,10
	3	Alta	80	compacto	10	0,70	18,90
	4	Alta	80	semi-arenoso	7	0,69	13,40
	5	Alta	80	semi-arenoso	8	0,67	24,30
	6	Alta	80	compacto	1	0,71	4,60
Bacias Retenção	Superávit Hídrico (mm ou l/m <sup>2</sup> )	V1E (m <sup>3</sup> )	V1Einf (m <sup>3</sup> )	V1EP (m <sup>3</sup> )	V1EPP (m <sup>3</sup> )		
Monsanto / Rio Seco	191,53	84005	16801	67204	53763		
Olaias	167,87	31551	18931	12620	10096		
Ameixoeira	167,87	30376	4556	25820	20656		
Plano Urbanização Alcântara	1	191,53	17240	13792	3448	2758	
	2	191,53	14292	11434	2858	2287	
	3	191,53	25339	20272	5068	4054	
	4	191,53	17709	14167	3542	2833	
	5	191,53	31183	24946	6237	4989	
	6	191,53	6255	5004	1251	1001	

Bacias Retenção	Consumo Água não Potável (m <sup>3</sup> /ano) -50 % admit-	Difer. entre Volume Bacia Retenção e Consumo não Potável (m <sup>3</sup> )	% água necessária usos não potáveis, após utilização água bacia retenção	Observações	
Monsanto / Rio Seco	17991	35772	0,0		
Olaias	59726	-49630	83,1	Área drenada e consumos reduzidos a metade	
Ameixoeira	30885	-10229	33,1	Área drenada, tempo conc. e consumos reduzidos a metade	
Plano Urbanização Alcântara	1	53488	-50729	94,8	
	2	2721	-434	15,9	
	3	118107	-114053	96,6	Dividir a bacia de drenagem, tempo conc. e consumos por 3 (para pelo menos ter tempo conc = 10 min)
	4	140681	-137847	98,0	
	5	45868	-40879	89,1	
	6	10970	-9969	90,9	

Relativamente aos custos, como as bacias de retenção já são apontadas para melhorar o desempenho da capacidade de drenagem e estão previstas na revisão do PDM, o encargo com as mesmas no âmbito do aproveitamento pluvial já não será directo. Os custos directos serão com o tipo de tratamento aplicado nas águas pluviais conforme o seu uso e com a distribuição secundária destas águas, a não ser que a sua utilização esteja muito próxima, ou de outra forma, pela utilização de um auto-tanque. Há ainda que considerar os custos relativos à manutenção, e os benefícios em poupar na água potável, em minimizar os impactes da sua produção, distribuição e utilização, e simultaneamente contribuir para minimizar os efeitos das inundações, promovendo uma melhor gestão dos recursos hídricos.

Para além disto, pode-se ainda referir as eficiências de remoção de poluentes associadas a diferentes tipologias de soluções de controlo na origem, mencionadas no Quadro 27 e capítulo 15.1.2.



## 17 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste estudo verificou-se a introdução de uma abordagem metodológica diferente para a determinação das disponibilidades / afluências de água pluvial, que incorpora o ciclo urbano da água, incluindo não só a quantificação pela precipitação, como também a diferença dada pela evaporação para se obter o superávit hídrico no respectivo balanço hídrico, incluindo ainda a taxa de infiltração no solo e as perdas resultantes da implementação do processo tecnológico.

Face ao exposto, quer no capítulo 13, Figura 62 do modelo matricial da água pluvial em Lisboa, quer no capítulo 16 sobre os efeitos / resultados da implementação do aproveitamento de águas pluviais em soluções de controlo na origem (como as bacias de retenção em Lisboa), a água pluvial decorrente do superávit hídrico determinado no balanço hídrico, em Lisboa, não é, de um modo geral e para a maioria das bacias descritas no capítulo 16, suficiente para as necessidades do consumo não potável, tendo igualmente em consideração o coeficiente de escoamento, a permeabilidade ou taxa de infiltração no solo, as perdas no sistema de recolha (como o efeito do primeiro fluxo da chuvada), no processo de tratamento e distribuição secundária.

Contudo, é preciso não esquecer que os dados e premissas que originaram estes resultados deverão ser confirmados em campo e monitorizados, em estudos posteriores e/ou projectos piloto.

A implementação destes sistemas não deixa de ser de salutar, tanto a nível de intervenções urbanísticas de proximidade ou prediais, no edificado, como se verificou satisfatoriamente no capítulo 14 (no pré-dimensionamento de um reservatório para uma habitação unifamiliar em Lisboa). E isto, não só, por os sistemas de aproveitamento de águas pluviais serem uma fonte alternativa de consumo de água não potável, como também em termos éticos e de percepção pública, não ser muito correcto ou sustentável a utilização de água potável da rede pública de abastecimento para os usos não potáveis.

Inclusive, a água pluvial retida / armazenada, para além dos fluxos do ciclo urbano da água, ao ser distribuída e consumida em utilizações não potáveis, está a ser desviada da recepção dos sistemas de drenagem de águas, minimizando a

vulnerabilidade às inundações e os encargos com a drenagem, como se verificou no capítulo anterior.

Relativamente aos custos, como o investimento para a prevenção de inundações já engloba o sistema de armazenamento, como as bacias de retenção, este custo não será englobado nos sistemas de aproveitamento de águas pluvias, restando os custos com os sistemas de tratamento adicionais conforme o uso, e com a distribuição secundária conforme a proximidade e necessidades dos utilizadores / utilizações. É ainda de considerar os custos relativos ao sistema de bombagem, manutenção, monitorização e aplicações legais.

Os benefícios e implicações resultantes na poupança do consumo da água potável, também serão consequentes da implementação dos sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

Poderá, igualmente, verificar-se que o meio receptor beneficiará pela instalação destes sistemas, dado que acoplado às soluções de controlo na origem estarão naturalmente ou intencionalmente incorporados sistemas de tratamento conforme a qualidade da água que se pretenda para os usos não potáveis.

Todavia, será essencial que seja desenvolvida legislação nacional enquadradora desta temática por forma a acautelar a defesa dos diferentes intervenientes e para que a tecnologia envolvida esteja de acordo com a salvaguarda do ambiente e a sua gestão sustentável. A limitação do consumo de água potável em fins menos nobres também deveria ser regulamentada. A par da certificação energética, também se deveria caminhar para a obrigatoriedade da certificação hídrica, envolvendo as diferentes possibilidades de gestão sustentável dos recursos hídricos (como a redução, o reaproveitamento e reutilização consoante a qualidade da água exigida). Os incentivos fiscais ou outros incentivos deveriam, igualmente, ser abordados tal como já acontece com a energia. A tarifa da água aos seus diferentes níveis também será uma questão a desenvolver para incentivar estes sistemas.

A investigação, o desenvolvimento tecnológico, a formação e sensibilização / divulgação de informação nesta área será importante para que se dissemine a implementação desta prática (que já vem dos nossos antepassados em diferentes civilizações), integrada numa gestão mais abrangente e sustentável dos recursos hídricos e do ciclo da água, bem como no planeamento e gestão urbana.

## BIBLIOGRAFIA

ABNT/CEET-00.001.77 (2007). 2º PROJETO 00.001.77-001. Projecto desenvolvido por ABNT/CEET-00.001.77 – Comissão de Estudo Especial Temporária de Aproveitamento de Água de Chuva, Agosto, 2007.

AIRES MATEUS E ASSOCIADOS (2009). *Plano de Pormenor do Parque Mayer, Jardim Botânico e Zona Envolvente – Estudo de Caracterização e Proposta Preliminar – Relatório Preliminar de Infra-estruturas hidráulicas e Relatório Preliminar de Paisagismo*. Câmara Municipal de Lisboa – Direcção Municipal de Planeamento Urbano – Departamento de Planeamento Urbano, Julho 2009.

Alcoforado, M. J., Lopes, A., Andrade, H., Vasconcelos, J. (2006). *Orientações Climáticas para o Ordenamento em Lisboa*. Centro de Estudos Geográficos – Área de Investigação de Geo-Ecologia – Universidade de Lisboa, 2006.

AMBIENTAR, Consultores em Ambiente Lda, AIRES MATEUS E ASSOCIADOS, CML-DMPU-DPU (2010). *Plano de Pormenor do Parque Mayer, Jardim Botânico, Edifícios da Politécnica e Área Envolvente - Avaliação Ambiental Estratégica - Relatório Ambiental*. Câmara Municipal de Lisboa – Direcção Municipal de Planeamento Urbano – Departamento de Planeamento Urbano, Junho 2010.

ANQIP (2009a). *Especificação Técnica ANQIP - ETA 0701 - Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP)*. ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais, 2009.

ANQIP (2009b). *Especificação Técnica ANQIP - ETA 0702 Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais*. ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais, 2009.

AVC Arquitectos - GR Estudos, Projectos e Consultoria, Lda (2004). *Plano de Urbanização do Vale de Santo António – Rede Esgotos – Revisão do Estudo Prévio*. Outubro de 2004.

Barbosa, A. E., Leitão, T. E., Telhado, A. (2005). *Proposta de uma Metodologia para a Identificação de Zonas Hídricas Sensíveis aos Poluentes Rodoviários*. 7º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa,

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Évora, 30 de Maio a 2 de Julho de 2005.

BAU – B. Arquitectura Urbanismo S. L., PARQUE EXPO – Re:Inventar o Território, TIS.PT, BIODESIGN – Arquitectura Paisagista, Planeamento e Consultaria Ambiental, Lda (2010). *Plano de Urbanização da Área Envolvente à Estação do Oriente (PUAEEO) – Relatório*. Proposta desenvolvida para a Câmara Municipal de Lisboa, Julho 2010

Bertolo, E., Simões, V. (2008). *Manual sobre Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial. Curso Aproveitamento de Água da Chuva em Edifícios para Fins Não Potáveis*. ANQIP – Associação Nacional para a Qualidade das Instalações Prediais, Lisboa, 17-19 Fevereiro 2009.

Brandão C., Rodrigues R., Cota, J. P. (2001). *Análise de fenómenos extremos. Precipitações intensas em Portugal Continental*. Direcção dos serviços de recursos hídricos, Instituto da Água.

CIIAGRO - Centro Integrado de Informações agro meteorológicas, Portal do Governo do Estado de São Paulo (2009). Site: [www.ciiagro.sp.gov.br](http://www.ciiagro.sp.gov.br)

CML (2006). Apresentação “Reabilitação do Caneiro de Alcântara”.

CML (2009a). *Plano Director Municipal de Lisboa – Proposta Preliminar*. Câmara Municipal de Lisboa, Julho 2009.

CML (2009b). *Revisão do Plano Director Municipal de Lisboa – Regulamento da Proposta Preliminar*. Câmara Municipal de Lisboa, Julho 2009.

CML (2010a). *Revisão do Plano Director Municipal – Regulamento – Projecto Preliminar*. Câmara Municipal de Lisboa, Março 2010.

CML (2010b). *Relatório da Proposta de Plano – Revisão do Plano Director Municipal*. Câmara Municipal de Lisboa, Março 2010.

CML (2010c). *Relatório síntese de Caracterização Biofísica de Lisboa no âmbito da Revisão do Plano Director Municipal de Lisboa*. Câmara Municipal de Lisboa, Fevereiro 2010.

CML (2010d). *Relatório de Caracterização Síntese - Revisão do Plano Director Municipal de Lisboa*. Câmara Municipal de Lisboa, Dezembro 2010.

CML – DMPU – DPU – DCIP (2010). *Plano Pormenor da Pedreira do Alvito - Proposta de Plano – Avaliação Ambiental Estratégica – Relatório Ambiental*. Câmara Municipal de Lisboa – Direcção Municipal de Planeamento Urbano – Departamento de Planeamento Urbano - Divisão de Coordenação de Instrumentos de Planeamento, Julho 2010.

CML-DMPU-DPU (2009). *Relatório do Estado do Ordenamento do Território – REOT*. Câmara Municipal de Lisboa – Direcção Municipal de Planeamento Urbano – Departamento de Planeamento Urbano, Julho 2009.

CML – DMPU e Lisboa E-Nova (2009). *Sistema de Avaliação da Sustentabilidade de Intervenções Urbanas em Lisboa (Planos de Pormenor e Loteamentos), vulgo Check-list – Relatório de Progresso*. Projecto desenvolvido pela Câmara Municipal de Lisboa – Direcção Municipal de Planeamento Urbano e Lisboa E-Nova – Agência Municipal de Energia e Ambiente, Lisboa, 2009.

CML-DPC-DPO-GAR (2006?). *Plano Geral de Drenagem da Cidade de Lisboa - Estudo do Risco de Inundação no Município de Lisboa*. Desenvolvido pelo Departamento de Protecção Civil / Divisão de Planeamento e Operações / Gabinete de Análise de Riscos.

CML – Câmara Municipal de Lisboa, EPUL - Empresa Pública de Urbanização de Lisboa EP, GEBALIS - Gestão dos Bairros Municipais de Lisboa EEM, EPAL - Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A., Carris - Companhia Carris de Ferro de Lisboa, S.A., Lisboa E-Nova - Agência Municipal de Energia – Ambiente de Lisboa, EDP Distribuição - Energia, S.A., Valorsul - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos da Área Metropolitana de Lisboa (Norte), S.A., APA - Agência Portuguesa do Ambiente (2010). *Candidatura Eco-bairro Boavista – Ambiente + - Um modelo integrado e inovação sustentável – Programas Integrados de Criação de Eco-Bairros – Aviso nº 5-PRU - Relatório*. Candidatura desenvolvida no âmbito do QREN (Quadro de Referência Estratégico Nacional) 2007 – 2013.

Cosentino, G. (2009). Aproveitamento de águas pluviais na terra do samba. *Indústria e Ambiente* – Revista de Informação Técnica e Científica, nº 59. Publindústria, Produção de Comunicação, Lda, Porto, Novembro / Dezembro 2009.

Costa, J. R., Matos, J. S., Monteiro, A. J., Oliveira, R. P. (2004). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa*. Projecto desenvolvido por Chiron, Engidro – Estudos de Engenharia, Lda, e Hidra – Hidráulica e Ambiente, Lda, para EMARLIS, Miraflores, 2005.

Decreto Regulamentar nº 18/2001 de 7 de Dezembro - Aprova o Plano de Bacia Hidrográfica do Tejo.

Decreto-Lei n.º 112/2002 de 17 de Abril - Aprova o Plano Nacional da Água

ENGIDRO – Estudos de Engenharia, Lda, ENGIFORM – Engenharia e Formação, Lda (1989). *Manual de Tecnologias de Saneamento Básico Apropriadas a Pequenos Aglomerados*. Manual desenvolvido para a Direcção Geral da Qualidade do Ambiente, 1988/1989.

FALCÃO DE CAMPOS ARQUITECTOS, Lda, NPK - Arquitectos Paisagistas Associados, Lda, ABAP - Alçada Baptista Arquitectura Paisagista, Lda, Melo, M. T., TERRAMORFOSE - Arquitectos Paisagistas (2010). *Plano de Pormenor do Parque Hospitalar Oriental*. Proposta desenvolvida para a Câmara Municipal de Lisboa, Maio 2010.

Farinha, J. S. Brazão, (1993). *Cadernos do Metropolitano 3 – O Metropolitano e as Águas de Lisboa*. Metropolitano de Lisboa, 1993.

Frazão, A. (2009). *Água Reciclada em Lisboa*. Apresentação no Ponto de Encontro da Lisboa E-Nova, Lisboa, 19 de Novembro de 2009.

Instituto da Água (2003). *A Água, a Terra e o Homem - Ciclo da Água*. Site: [www.inag.pt](http://www.inag.pt)

Instituto da Água (2009?a). *Água - CARTA EUROPEIA DA ÁGUA do Conselho da Europa* (Proclamada em Estrasburgo em 6 de Maio de 1968). Site: [www.inag.pt](http://www.inag.pt)

Instituto da Água (2009?b). *Água em Portugal*. Site: [www.inag.pt](http://www.inag.pt)

KESSEL (2003). *Rainwater Management Systems – Rainwater Nature’s Perfect Gift!*. Germany, 2003

Lencastre, A., Franco, F. M. (1992). *Lições de Hidrologia*, 2ª edição. Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Monte da Caparica.

Lima, H. M., Silva, E. S., Raminhos, C. (2006). Bacias de retenção para gestão do escoamento: métodos de dimensionamento e instalação – *Revista Escola de Minas*, v. 59 nº 1, Ouro Preto – Brasil, Janeiro / Março 2006.

Lisboa E-Nova – Agência Municipal de Energia e Ambiente (2004). *Matriz da Água de Lisboa 2004*. Elaborada no âmbito da definição da Estratégia Energético Ambiental para a Cidade de Lisboa. Lisboa E-Nova, Abril 2006.

LNEC (2002). *Avaliação e Gestão Ambiental das Águas de Escorrência de Estradas – 2º Relatório*. Estudo realizado para o Instituto da Água pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil – Ministério das Obras Públicas, Transportes e Habitação, Departamento de Hidráulica – Grupo de Investigação de Águas Subterrâneas. Lisboa, Agosto 2002.

LNEC (2006). *Avaliação e Gestão Ambiental das Águas de Escorrência de Estradas – Relatório Final*. Estudo realizado para o Instituto da Água pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Estudos e Documentos de Trabalho nº 9. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – Instituto da Água, Julho 2006.

MANUEL FERNANDES DE SÁ, Lda, F&C - Arquitectura Paisagista, AMBISITUS – Projectos, Gestão e Avaliação Ambiental, Lda, GNG. APB – Arquitectura e Planeamento, Lda., DB lab - Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda, Falcão, J. D. (2009a). *Plano de Urbanização do Vale de Santo António - Proposta de Plano – Relatório*. Proposta desenvolvida para EPUL – Empresa Pública de Urbanização de Lisboa e Câmara Municipal de Lisboa, Março 2009.

MANUEL FERNANDES DE SÁ, Lda, F&C - Arquitectura Paisagista, AMBISITUS – Projectos, Gestão e Avaliação Ambiental, Lda, JCT – Consultores de Engenharia, Lda, GNG. APB – Arquitectura e Planeamento, Lda., DB lab - Laboratório de Acústica e Vibrações, Lda, Falcão, J. D. (2009b). *Plano de Urbanização do Vale de*

*Santo António - Proposta de Plano – Regulamento.* Proposta desenvolvida para EPUL – Empresa Pública de Urbanização de Lisboa e Câmara Municipal de Lisboa, Março 2009.

MANUEL FERNANDES DE SÁ, Lda, NPK - Arquitectos Paisagistas, Lda, AMBISITUS – Projectos, Gestão e Avaliação Ambiental, Lda, HIDROPROJECTO, SA, ACÚSTICA E AMBIENTE, Lda, GNG. APB – Arquitectura e Planeamento, Lda., Oliveira, F. P. (2010a). *Plano de Urbanização de Alcântara - Proposta de Plano – Relatório.* Proposta desenvolvida para a Câmara Municipal de Lisboa, Maio 2010.

MANUEL FERNANDES DE SÁ, Lda, NPK - Arquitectos Paisagistas, Lda, AMBISITUS – Projectos, Gestão e Avaliação Ambiental, Lda, HIDROPROJECTO, SA, ACÚSTICA E AMBIENTE, LDA, GNG. APB – Arquitectura e Planeamento, Lda., Oliveira, F. P. (2010b). *Plano de Urbanização de Alcântara - Proposta de Plano – Regulamento.* Proposta desenvolvida para a Câmara Municipal de Lisboa, Maio 2010.

Matos, J. S., Monteiro, A. J., Oliveira, R. P., Branco, T., Ferreira, F., Fonseca, T., Marques, R., Silva, C. (2006). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa – Fase A: Relatório.* Projecto desenvolvido por Chiron, Engidro – Estudos de Engenharia, Lda, e Hidra – Hidráulica e Ambiente, Lda, para EMARLIS, Miraflores, 2006.

Matos, J. S., Monteiro, A. J., Oliveira, R. P., Branco, T., Ferreira, F., Fonseca, T., Galvão, A., Marques, R., Silva, C. (2007a). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa – Fase B: Diagnóstico de Desempenho do Sistema.* Projecto desenvolvido por Chiron, Engidro – Estudos de Engenharia, Lda, e Hidra – Hidráulica e Ambiente, Lda, para EMARLIS, Miraflores, 2007.

Matos, J. S., Monteiro, A. J., Oliveira, R. P., Branco, T., Ferreira, F., Fonseca, T., Galvão, A., Guterres, M., Marques, R., Silva, C. (2007b). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa – Fase C: Desenvolvimento do Plano Geral de Drenagem.* Projecto desenvolvido por Chiron, Engidro – Estudos de Engenharia, Lda, e Hidra – Hidráulica e Ambiente, Lda, para EMARLIS, Miraflores, 2007.

Matos, J. S., Monteiro, A. J., Oliveira, R. P., Branco, T., Ferreira, F., Fonseca, T., Galvão, A., Guterres, M., Marques, R., Silva, C. (2008a). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa – Fase C: Adenda.* Projecto desenvolvido por Chiron, Engidro – Estudos

de Engenharia, Lda, e Hidra – Hidráulica e Ambiente, Lda, para Câmara Municipal de Lisboa, Miraflores, 2008.

Matos, J. S., Monteiro, A. J., Oliveira, R. P., Ferreira, F., Fonseca, T., Simões, J. (2008b). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa – Fase D: Desenvolvimento da solução proposta*. Projecto desenvolvido por Chiron, Engidro – Estudos de Engenharia, Lda, e Hidra – Hidráulica e Ambiente, Lda, para Câmara Municipal de Lisboa, Miraflores, 2008.

Matos, M. R. S. (2000). *Gestão Integrada de Águas Pluviais em Meio Urbano – Visão Estratégica e Soluções para o Futuro*. Teses e Programas de Investigação LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil).

Medeiros, C. (2005). *Grundfos Sistemas De Pressurização - Manual de Engenharia - Sistemas de Abastecimento Público e Predial no Porto*. Bombas Grundfos Portugal, S.A., Paço de Arcos, 2005.

MMSD (2002). *Surface Water and Storm Water Rules Guidance Manual*. Milwaukee Metropolitan Sewerage District, EUA. Site: <http://www.mmsd.com/home/index.cfm>.

Netto, O. (2004). *Técnicas de Minimização da Drenagem de Águas Pluviais, Gerenciamento do Saneamento em Comunidades Organizadas*. São Paulo, Brasil.

Neves, M. V. (2003) – *Perspectivas para um uso mais eficiente da água em habitações*. Porto, Portugal, 2003.

Oliveira, J. F. S. (1995). *Qualidade da Água para Consumo Humano – Manual do Utilizador / Gestor Autárquico*. Estudo desenvolvido para a Região Autónoma dos Açores – Secretaria Regional do Turismo e Ambiente – Direcção Regional de Ambiente, 1995.

Oliveira, R. P. (2008). *Plano Geral de Drenagem de Lisboa – Fase E: Sistema de Apoio à Decisão*. Projecto desenvolvido por Chiron, Engidro – Estudos de Engenharia, Lda, e Hidra – Hidráulica e Ambiente, Lda, para Câmara Municipal de Lisboa, Miraflores, 2008.

PARQUE EXPO, S.A. (2010). *Relatório Ambiental do Plano de Urbanização da Área Envolvente à Estação do Oriente - Relatório Ambiental Preliminar*. Proposta Desenvolvida para a Câmara Municipal de Lisboa, Maio 2010.

Partidário, M. R., Vicente, G., Belchior, C., Nespén, S., Frade, S., Martins, R., Santos, P. (2010). Plano Director Municipal de Lisboa – Avaliação Ambiental Estratégica – Relatório Ambiental. Relatório desenvolvido pelo Instituto Superior Técnico para a Câmara Municipal de Lisboa, Novembro 2010.

Plano Nacional da Água de 2010, consultado no site [www.inag.pt](http://www.inag.pt) em Janeiro de 2011.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 109/2007 de 20 de Agosto - Aprova a Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável - ENDS 2015 (ENDS) e o respectivo Plano de Implementação (PIENDS)

Roel, M. M., Urcola, I. A. (2007). *Projecto de Execução Arquitectura – Fase III – Parque Oeste / Vale Grande – Lisboa*. UPAL – Câmara de Lisboa, SGAL S. L. Sociedade Gestora “A Alta de Lisboa”.

Santos, C. M. (2009). Aproveitamento de águas pluviais: documentação legal em vigor. *Indústria e Ambiente – Revista de Informação Técnica e Científica*, nº 59. Publindústria, Produção de Comunicação, Lda, Porto, Novembro/Dezembro 2009.

Simões, V. (2009). Aproveitamento da Água das Chuvas para Fins não Potáveis. Apresentação no Ponto de Encontro da Lisboa E-Nova, Lisboa, 4 de Junho de 2009

Texas Water Development Board (2005). *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*, 3ª edição. Texas Water Development Board, Austin, Texas, 2005

Tomaz, P. (2009). *Curso de Manejo de Águas Pluviais*. Livro Electrónico. Plínio Tomaz, 30 de Abril de 2009.

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia (2005). Site: <http://www.etg.ufmg.br/>.

## APÊNDICES / ANEXOS



## **ANEXO 1**

### **Algumas passagens do Plano Nacional da Água de 2002:**

“Reabilitação de sistemas e reutilização de recursos

(...) É insustentável a prática corrente de contínua ampliação e expansão dos sistemas de captação de água para abastecimento e de transporte e tratamento de águas residuais para acompanharem o desenvolvimento urbano, agrícola e industrial, com a única preocupação de se garantirem os caudais pedidos ou o tratamento dos caudais rejeitados pelos utilizadores, sem um esforço significativo no sentido de reduzir os consumos dentro de limites aceitáveis, o que se traduziria numa redução de caudais captados e rejeitados. (...)

(...) O PEAASAR I (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais), para o período de 2000-2006, explicita nas suas linhas de acção estratégicas a promoção de poupança / uso eficiente da água, para além de aspectos específicos associados como a reutilização de efluentes tratados e a redução de perdas de água e substituição de redes. (...)

(...) Não se trata de reduzir custos, embora por via indirecta isso venha a acontecer, mas de aliviar a pressão sobre os recursos hídricos, ou seja, com a mesma quantidade de água subtraída aos sistemas naturais servir novas necessidades e reduzir a afluência directa de águas usadas aos meios hídricos.

(...) Promover a reutilização da água para fins qualitativamente menos exigentes, sempre que técnica e economicamente viável, nomeadamente:

- Na rega de certas culturas agrícolas, sobretudo a sul do Tejo;
- Na rega de campos de golfe, sobretudo no Algarve;
- Na rega de jardins públicos e lavagem de outros espaços públicos” (Plano Nacional da Água - Decreto-Lei n.º 112/2002 de 2002-04-17).

### **Algumas passagens do PEAASAR II:**

O PEAASAR II, para o período de 2007-2013, considera o balanço entre disponibilidades e necessidades hídricas, de águas com menor qualidade (e.g. águas residuais tratadas ou origens alternativas), ficando no entanto a respectiva utilização limitada aos usos compatíveis com essa qualidade e à correspondente viabilidade económica e financeira.

O incremento da eficiência do uso da água traduzir-se-á numa redução de caudais captados e dos volumes de águas residuais afluentes aos meios hídricos. Além das economias em termos de energia, de reagentes químicos e de resíduos que ficam implícitas naquela redução, haverá igualmente uma menor pressão sobre os recursos hídricos, especialmente importante nas épocas e nas regiões em que estes escasseiam.

Entre as medidas mais importantes destacam-se as seguintes:

Gestão integrada dos recursos hídricos que atravessa sectores e disciplinas científicas diferentes, considera os vários utilizadores da água e assenta numa crescente e progressiva participação pública;

Equilíbrio de oferta e procura, através da gestão da procura, do uso eficiente da água, do aumento da reutilização e da exploração de fontes alternativas (águas pluviais, águas subterrâneas salobras, águas marinhas e águas residuais tratadas);

Garantia de qualidade e segurança dos sistemas de abastecimento de água e de saneamento, promovendo a gestão de riscos em todo o ciclo urbano da água, as melhores

tecnologias, a monitorização da qualidade e o estabelecimento de esquemas de contingência para assegurar elevados índices de confiança no público;

Limitação do impacte ambiental do abastecimento de água e do saneamento, considerando a água inserida num ciclo sustentável, reduzindo as emissões com origem no processo produtivo do ciclo urbano da água, tornando atractiva a utilização de produtos derivados de águas residuais e de lamas, reduzindo o consumo de energia e atendendo a condições ambientais locais de protecção da Natureza;

Adopção de metodologias para incremento de eficiência na gestão de infra-estruturas, através de: melhor conhecimento de todos os custos envolvidos; manutenção e reabilitação de infra-estruturas, baseada em análise de riscos; procura de adequados materiais e tecnologias, considerando os seus impactes económicos, sociais e ambientais (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais para o período de 2007-2013 - Despacho nº 2339/2007).

## ANEXO 2

### Legislação nacional enquadradora da temática relacionada com o aproveitamento de águas pluviais

- Edital nº 156/91 de 6 de Junho do Município de Lisboa – Regulamento para lançamento de efluentes industriais na rede de colectores de Lisboa.
- Decreto-Lei 207/94 de 6 de Agosto. Aprova o regime de concepção, instalação e exploração dos sistemas públicos e prediais de distribuição de água e drenagem de águas residuais.
- Decreto-Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto. Aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais.
- Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho. Transpõe para o direito interno a Directiva n.º 91/271/CEE, do Conselho, de 21 de Maio de 1991, relativamente ao tratamento de águas residuais urbanas.
- Decreto-lei nº 235/97, de 3 de Setembro. Transpõe a Directiva 91/676/CEE referente à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola.
- Decreto-Lei nº 236/98, de 1 de Agosto. Estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Revoga o Decreto-Lei n.º 74/90 de 7 de Março.
- Decreto-Lei nº 348/98 de 9 de Setembro, Decreto-Lei nº 149/2004 de 22 de Junho e Decreto-Lei n.º 198/2008 de 8 de Outubro, que alteram o Decreto-Lei nº 152/97 de 19 de Junho.
- Decreto-lei nº 68/99, de 11 de Março, que altera o Decreto-lei nº 235/97.
- Decreto-Lei n.º 382/99 de 22 de Setembro. Estabelece perímetros de protecção para captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público.
- Decreto-lei nº 243/2001, de 5 de Setembro. Relativo à qualidade das águas para consumo humano, que transpõe a Directiva 98/83/CE.
- Lei n.º 54/2005, de 15 de Novembro - Estabelece a Titularidade dos Recursos Hídricos.
- Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro. Aprova a Lei da Água, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, e estabelecendo as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas.
- Decreto-Lei nº 226-A/2007, de 31 de Maio. Estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos. Revoga a Portaria n.º 295/2002 de 19 de Março, o Despacho Conjunto n.º 141/95 do Ministro do Ambiente e Recursos Naturais e do Ministro do Mar de 21 de Junho (com a entrada em vigor da portaria a que se refere a alínea a) do n.º 3 do artigo 14.º do presente Decreto-Lei) e os artigos 6.º, 7.º e 53.º do Decreto-Lei n.º 183/95 de 27 de Julho.
- Decreto-Lei n.º 311/2007, de 17 de Setembro. Estabelece o regime de constituição e gestão dos empreendimentos de fins múltiplos, bem como o respectivo regime económico e financeiro.
- Decreto-Lei n.º 348/2007, de 19 de Outubro. Aprova o regime das associações de utilizadores do domínio público hídrico.
- Portaria n.º 1450/2007 de 12 de Novembro. Fixa as regras do regime de utilização dos recursos hídricos
- Decreto-Lei n.º 391-A/2007, de 21 de Dezembro. Primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.
- Decreto-Lei n.º 93/2008, de 4 de Junho. Segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio, que estabelece o regime da utilização dos recursos hídricos.

- Decreto-Lei n.º 97/2008, de 11 de Junho. Estabelece o regime económico e financeiro dos recursos hídricos.
- Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho. Aprova o conteúdo obrigatório do programa e do projecto de execução, bem como os procedimentos e normas a adoptar na elaboração e faseamento de projectos de obras públicas, designados «Instruções para a elaboração de projectos de obras», e a classificação de obras por categorias.
- Decreto-Lei n.º 208/2008 de 28 de Outubro. Estabelece o regime de protecção das águas subterrâneas contra a poluição e deterioração.
- Despacho n.º 484/2009, de 8 de Janeiro. Aplicação da taxa de recursos hídricos.
- Despacho n.º 2434/2009, de 19 de Janeiro. Aplicação da taxa de recursos hídricos.
- Despacho n.º , de 28 de Abril. Aplicação da taxa de recursos hídricos.
- Decreto-Lei n.º 135/2009, de 3 de Junho. Estabelece o regime de identificação, gestão, monitorização e classificação da qualidade das águas balneares e de prestação de informação ao público sobre as mesmas.
- Portaria n.º 703/2009, de 6 de Junho. Aprova o Regulamento de Organização e Funcionamento do Registo das Associações de Utilizadores do Domínio Público Hídrico.
- Decreto-Lei n.º 137/2009, de 8 de Junho. Prorroga, por um ano, o prazo para a regularização dos títulos de utilização de recursos hídricos previsto no Decreto-Lei n.º 226-A/2007, de 31 de Maio.
- Despacho n.º , de 2 de Julho. Normas para a utilização dos recursos hídricos públicos e particulares.
- Portaria 702/2009, de 6 de Julho. Estabelece os termos de delimitação dos perímetros de protecção das captações destinadas ao abastecimento público de água para o consumo humano. Mas também diz que a delimitação dos perímetros de protecção de captações superficiais e subterrâneas é realizada de acordo com o disposto no artigo 37º da Lei n.º 58/2005 de 29 de Dezembro.
- Decreto-Lei 382/99, de 22 de Setembro. Estabelece as normas e os critérios para a delimitação de perímetros de protecção de captações de águas subterrâneas destinadas ao abastecimento público.
- Decreto-Lei n.º 276/2009, de 2 de Outubro. Estabelece o regime de utilização de lamas de depuração em solos agrícolas, de forma a evitar efeitos nocivos para o homem, para a água, para os solos, para a vegetação e para os animais, promovendo a sua correcta utilização, transpondo para a ordem jurídica interna a Directiva n.º 86/278/CEE, do Conselho, de 12 de Junho.
- Resolução da Assembleia da República n.º 5/2011, de 26 de Janeiro. Recomenda ao Governo que adopte as medidas necessárias para implementar definitivamente o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), que aguarda pela sua implementação desde o ano de 2001, e se promova a sua conciliação com os planos directores municipais.
- Resolução da Assembleia da República n.º 10/2011, de 1 de Fevereiro. Recomenda ao Governo que tome a iniciativa de prever a construção de redes secundárias de abastecimento de água.

## ANEXO 3

### O conceito de sustentabilidade para aplicação nas diferentes soluções de aproveitamento de águas pluviais

O conceito de sustentabilidade aparece associado a uma estratégia em que o processo de desenvolvimento económico e social, salvaguarda o ambiente e os recursos naturais, de cuja perenidade e qualidade o Homem e a Vida dependem. A partir da publicação do Relatório da Comissão Mundial para o Ambiente e Desenvolvimento, usualmente designado por "Relatório Brundtland" (1987), é divulgado o conceito de Desenvolvimento Sustentável, definido como "o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de satisfação das gerações futuras", (Plano de Bacia Hidrográfica do Tejo - Decreto Regulamentar nº 18/2001 de 07/12/2001).

Segundo o trabalho desenvolvido pela Comissão para o Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (CDS / ONU), para o desenvolvimento sustentável contribuem fundamentalmente quatro categorias de aspectos: os aspectos institucionais, que compreendem a estrutura e funcionamento das instituições, e que englobam as instituições clássicas, de índole estatal ou participação estatal, as organizações não governamentais (ONG) e as empresas; os aspectos económicos, nas suas diferentes escalas (micro, macro); os aspectos sociais e os aspectos ambientais.

A Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável e Plano de Implementação 2015 está organizada em torno dos seguintes sete objectivos:

- 1- Preparar Portugal para a "sociedade de conhecimento"
- 2 – Crescimento sustentado, competitividade à escala global e eficiência energética
- 3 – Melhor ambiente e valorização do património
- 4 - Mais equidade, igualdade de oportunidades e coesão social
- 5 - Melhor conectividade internacional do país e valorização equilibrada do território
- 6 - Um papel activo de Portugal na construção europeia e na cooperação internacional
- 7 - Uma administração pública mais eficiente e modernizada

No terceiro objectivo são visados os domínios essenciais para o desenvolvimento sustentável. Neste contexto seleccionaram-se como prioridades estratégicas as seguintes:

(...)

– Gestão integrada da água para alcançar o bom estado das massas de água e o uso eficiente da água, aplicando designadamente o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

– Dotar a generalidade da população com serviços de abastecimento de água e de tratamento de águas residuais com elevado nível de qualidade

(...)

Para o Plano de Implementação da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável (PIENDS) – 2015, no Vector "Gestão Integrada da Água e seu Aproveitamento Eficiente" inclui-se:

(...)

- Investimento em infra-estruturas para a utilização de origens de água alternativas (recirculação, reutilização de águas residuais e dessalinização), recorrendo sempre que possível a energias renováveis, para fazer face à satisfação das necessidades de água em regiões com maior pressão sobre os recursos hídricos, em particular as zonas costeiras.

No Plano Nacional da Água aprovado pelo Decreto-Lei n.º 112/2002 de 2002-04-17 também se pode observar a incorporação do conceito de sustentabilidade na articulação dos seus eixos e objectivos gerais.

Na Lei da Água, Lei nº 58/2005 de 29 de Dezembro a interiorização da sustentabilidade está patente:

- Artigo 3.º - Princípios,

- Regime económico e financeiro - Artigo 77.º - Princípio da promoção da utilização sustentável dos recursos hídricos