

Diogo Rui de Saramago e Sousa da Silva Oliveira

O DESAFIO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Universidade Fernando Pessoa



Porto, 2011

Diogo Rui de Saramago e Sousa da Silva Oliveira

O DESAFIO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Universidade Fernando Pessoa



Porto, 2011

Diogo Rui de Saramago e Sousa da Silva Oliveira

O DESAFIO DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS

Universidade Fernando Pessoa

Este trabalho é original, tendo sido desenvolvido com recurso à bibliografia subscrita e apoiado nos conteúdos programáticos do Manual de Estilo de Elaboração de Trabalhos Científicos, Edição da Universidade Fernando Pessoa.

Diogo Rui Oliveira

Tese de Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Fernando Pessoa, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestrado em Engenharia Civil.

Porto, 2011

Sumário

Pretende-se com este trabalho avaliar a importância dos sistemas de aproveitamento de água da chuva como medida contributiva para a sustentabilidade dos recursos hídricos, a par do alerta para os preços praticados em Portugal, que comprometem a viabilidade deste tipo de sistema. Será também dada especial atenção à vulnerabilidade a que os referidos sistemas estão sujeitos, imposta pelos meses de Verão, onde os consumos de água são substancialmente maiores, mas durante os quais normalmente não ocorre precipitação.

Após uma primeira componente teórica, determinar-se-á numa fase posterior o consumo anual de água registado numa moradia em Guimarães, e comparar-se-ão os resultados dos investimentos num sistema de aproveitamento de água da chuva em Portugal e na Dinamarca. Ampliando o âmbito para um edifício de escritórios e um edifício escolar, registar-se-á a rentabilidade do sistema. Essa rentabilidade, referindo-se ao número de anos em que o investimento é amortizado, é determinada numa folha de cálculo a partir da conjugação do valor investido com o valor que, anualmente, se consegue poupar com o uso da água da chuva.

Concluir-se-á que o factor que verdadeiramente compromete a diferença entre o investimento e a poupança, reside no baixo valor do metro cúbico de água que, em média, se paga em Portugal. O estudo realizado nesta Dissertação revela que um valor mais alto para o preço da água, traduzir-se-ia numa menor diferença entre o investimento e a poupança, do qual resultava um período de retorno significativamente mais baixo. Além disso, os sistemas de aproveitamento de água da chuva são vulneráveis a diversas dificuldades, como as condições meteorológicas, que se traduzem na falta de precipitação nos meses de Verão onde a procura de água é muito superior.

Abstract

This project is intended to evaluate the importance of rainwater collecting systems in order to contribute towards a sustainable use of water resources. At the same time it shows how water price policy currently practiced in Portugal does not contribute to the viability of this type of system. Special attention is also given to the vulnerability that the referred systems present during the summer months, when water consumption is substantially higher, though normally no rainfall occurs.

After an initial theoretical component, the annual consumption of water in a house in Guimarães shall be determined and registered. The results shall be compared with investments on rainwater collecting systems in Portugal and in Denmark. The profitability of the system shall be registered after expanding the ambit of the project to an office building and a school building. This profitability, which is based on the number of years needed to the investment to be paid off, is determined on a calculus sheet after linking the value which has been invested and determining how much money can be saved by using rainwater.

The conclusion shows that the factor which truly makes this project unviable is the difference between the investment and the savings. The savings amount is determined by the low average cost paid for water in Portugal. A higher price paid for water would result in a smaller difference between the investment and the savings, which represents a significantly smaller turnover period. Besides this, the systems for collecting rainwater are vulnerable to several difficulties, such as weather conditions, which are lack of rainfall during the summer months when water consumption is much higher.

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais.

Ao meu irmão.

À Susana.

Por razões diferentes e pela mesma razão.

Por tudo.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os que, com o seu conhecimento e parecer crítico, dispuseram do seu tempo para partilhar comigo o seu saber e experiência. Falo particularmente da Prof.^a Dr.^a Filipa Malafaya, minha orientadora, pela sua valiosa orientação, colaboração e atenção, e do meu co-orientador, o Eng.^o José Pimentel, pelas sugestões, pela disponibilidade prestada e principalmente pelos conhecimentos que diariamente me transmite.

A todos aqueles que de alguma maneira contribuíram para que este trabalho se realizasse.

Também à Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais, por todo o trabalho desenvolvido em prol da água, da eficiência hídrica, das redes prediais e da sustentabilidade.

Muito obrigado!

Índice Geral

Sumário.....	iv
Abstract.....	v
Dedicatória.....	vi
Agradecimentos	vii
Índice Geral	viii
Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xii
Índice de Quadros	xiv
Índice de Gráficos.....	xv
Introdução.....	1
Capítulo I - Gestão dos recursos hídricos	5
I.1. A água e o meio urbano.....	5
I.2. O consumo de água	7
I.3. Directiva Quadro da Água	9
I.4. Recursos hídricos em Portugal.....	12
I.5. A qualidade da água em Portugal.....	14
I.6. Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA).....	15
CAPÍTULO II - Medidas para um uso eficiente da água	19
II.1. Consumo de água potável nos edifícios.....	19
II.1.1. Considerações gerais.....	19
II.1.2. Consumos domésticos.....	19
II.1.3. Outros consumos urbanos em edifícios	22
II.2. Medidas para um uso mais eficiente da água nos edifícios	23
II.2.1. Medidas de eficácia do PNUEA	23
II.2.2. Outras medidas para um uso eficiente da água.....	26
II.3. O papel da ANQIP	28
CAPÍTULO III - Utilização da água da chuva	29
III.1. A necessidade da recolha de água da chuva	29
III.2. Tipos de sistemas para recolha e aproveitamento da água da chuva.....	30

III.3. Princípios básicos para o aproveitamento da água da chuva.....	31
III.3.1. Componentes básicos de um sistema de aproveitamento	31
III.3.1.1. Superfície de captura	32
III.3.1.2. Caleiras e tubos de queda	34
III.3.1.3. Primeira filtragem.....	36
III.3.1.4. Reservatórios de armazenamento	39
III.3.1.5. Tratamento e purificação da água da chuva	44
III.3.1.6. Sistema de abastecimento	47
III.3.2. Cálculo da capacidade do reservatório	48
III.3.2.1. Precipitação média no local	48
III.3.2.2. Consumo de água nos edifícios	49
III.3.2.3. Dimensões da superfície de captação	50
III.3.2.4. Coeficiente de escoamento	50
III.3.2.5. Cálculo expedito da capacidade de um reservatório	52
III.4. Vantagens e inconvenientes do aproveitamento de água da chuva	54
CAPÍTULO IV - Verificação da rentabilidade de um sistema de aproveitamento de água da chuva numa moradia	56
IV.1. Quantificação dos parâmetros técnicos	57
IV.1.1. Volume de água da chuva possível de recolher	57
IV.1.2. Consumos médios anuais - fornecimento de água potável da rede pública a toda a habitação	59
IV.1.3. Consumos médios anuais - utilização de água da chuva para fins não potáveis.....	60
IV.1.4. Determinação da capacidade do reservatório.....	60
IV.2. Comparação económica e de consumos	61
IV.2.1. Factura sem o sistema de aproveitamento de água pluvial	64
IV.2.2. Factura com o sistema de aproveitamento de água pluvial	65
IV.2.3. Comparação económica	67
IV.2.4. Simulação económica na Dinamarca	71
CAPÍTULO V - Aproveitamento de água da chuva noutros tipos de edifícios	73

V.1. Considerações prévias	73
V.2. Edifício de escritórios	75
V.2.1. Simulação económica em Portugal.....	76
V.2.2. Simulação económica na Dinamarca.....	79
V.3. Edifício escolar	81
V.3.1. Simulação económica em Portugal.....	83
V.3.2. Simulação económica na Dinamarca.....	86
CAPÍTULO VI - Incentivos mundiais ao aproveitamento da água da chuva	88
Conclusão	91
Bibliografia.....	97

Índice de Figuras

Figura III.1 - Componentes básicos de um sistema de aproveitamento de água da chuva	30
Figura III.2 - A água e o contexto da captação de água pluvial	31
Figura III.3 - Componentes de um sistema doméstico de aproveitamento de águas pluviais	32
Figura III.4 - Áreas dos planos horizontais de diferentes tipos de superfície para recolha de água da chuva.....	34
Figura III.5 - Diferentes tipos de caleiras: quadradas, redondas e em forma de V	35
Figura III.6 - Principais problemas na construção de caleiras.....	35
Figura III.7 - Calha perfurada no topo da caleira para reter poluentes maiores	35
Figura III.8 - Válvula para controlo e limpeza do sistema de lavagem.....	36
Figura III.9 - “Standpipe: first-flush diverter”.....	37
Figura III.10 - “Standpipe with ball valve: first-flush diverter”	38
Figura III.11 - Princípio de funcionamento de um sistema de filtragem do tipo “Standpipe with ball valve”	38
Figura III.12 - Tubo de queda de limpeza de um sistema de primeira filtragem do tipo “válvula flutuante”.....	39
Figura III.13 - “Box roof washer”	39
Figura III.14 - Representação esquemática da estação piloto de tratamento de água da chuva.....	45
Figura III.15 - Dispositivo para descarga excedente do reservatório	47
Figura III.16 - Pluviometria média em Portugal e Espanha	48
Figura III.17 - Imagem virtual do reservatório.....	53
Figura IV.1 - Planta de implantação da moradia unifamiliar em Guimarães	56
Figura V.1 - Edifício de escritórios na Rua de Monsanto, Porto.....	75
Figura V.2 - Edifício escolar, Universidade Fernando Pessoa, Porto	81

Índice de Tabelas

Tabela I.1 - Sistema de classificação adoptado pelo INAG	14
Tabela I.1 (cont.) - Sistema de classificação adoptado pelo INAG.....	15
Tabela I.2 - Situação actual dos consumos de água em Portugal	17
Tabela I.3 - Metas de consumos de água em Portugal para os próximos 10 anos	18
Tabela II.1 - Consumos domésticos de água nos edifícios.....	20
Tabela II.2 - Repartição dos consumos médios diários	21
Tabela II.3 - Consumos domiciliários médios anuais por habitante.....	22
Tabela II.4 - Consumos de água em diferentes tipos de edifícios	22
Tabela II.5 - Perdas de água devido a fugas em torneiras/autoclismos.....	27
Tabela II.6 - Impacte de uma fuga no consumo mensal de água num agregado.....	27
Tabela III.1 - Coeficiente de escoamento para materiais tradicionais de cobertura de telhado	33
Tabela III.2 - Tempo de contacto, em minutos, do cloro com a água, em função da temperatura e do pH	46
Tabela III.3 - Consumo de água nos diferentes tipos de edifícios.....	49
Tabela III.4 - Repartição dos consumos médios diários.....	50
Tabela III.5 - Coeficientes de <i>Runoff</i> adoptado por Hofkes e Frasier	51
Tabela III.6 - Coeficientes de <i>Runoff</i> adoptado por Tucson e Phoenix.....	51
Tabela III.7 - Coeficientes de <i>Runoff</i> adoptado por Wilken.....	51
Tabela IV.1 - Precipitações anuais nas estações udográficas do concelho de Guimarães	58
Tabela IV.2 - Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização	59
Tabela IV.3 - Consumos de água da rede pública sem o sistema e com o sistema de aproveitamento de água da chuva.....	62
Tabela IV.4 - Taxas a aplicar no consumo doméstico de água da rede pública.....	63
Tabela IV.5 - Repartição mensal de consumos de água da rede pública.....	64
Tabela IV.6 - Repartição mensal de consumos de água da chuva e água da rede pública	65
Tabela IV.6 (cont.1) - Repartição mensal de consumos de água da chuva e água da rede pública	66
Tabela IV.6 (cont.2) - Repartição mensal de consumos de água da chuva e água da rede pública	67

Tabela IV.7 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial na moradia.....	70
Tabela IV.8 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial na moradia, com base nas taxas dinamarquesas	72
Tabela V.1 - Consumo de água nos edifícios	73
Tabela V.2 - Taxas a aplicar no consumo não doméstico de água da rede pública	74
Tabela V.3 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial num edifício de escritórios	78
Tabela V.4 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial num edifício de escritórios, com base nas taxas dinamarquesas	80
Tabela V.5 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial num edifício escolar	85
Tabela V.6 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial num edifício escolar, com base nas taxas dinamarquesas	87
Tabela VII.1 - Comparação económica e de consumos na moradia, em Portugal e na Dinamarca.....	92
Tabela VII.2 - Comparação económica e de consumos no edifício de escritórios, em Portugal e na Dinamarca.....	92
Tabela VII.3 - Comparação económica e de consumos no edifício escolar, em Portugal e na Dinamarca.....	93
Tabela VII.4 - Comparação económica e de consumos em Portugal e na Dinamarca, para cada tipo de edifício estudado.....	96

Índice de Quadros

Quadro I.1 - Factores fundamentais sobre a situação global da água.....	9
Quadro I.2- Calendarização global para a aplicação da Directiva Quadro da Água.....	11
Quadro II.1 - Exemplos de medidas prioritárias para o uso mais eficiente da água	24
Quadro II.1 (cont.) - Exemplos de medidas prioritárias para o uso mais eficiente da água	25
Quadro III.1 - Vantagens e desvantagens dos reservatórios enterrados e superficiais....	41
Quadro III.2 - Principais materiais utilizados para a construção de reservatórios	42
Quadro III.3 - Características dos principais materiais utilizados no fabrico de reservatórios.....	43
Quadro III.4 - Vantagens e inconvenientes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais	55
Quadro V.1 - Cursos leccionados no edifício-sede da Universidade Fernando Pessoa ..	81

Índice de Gráficos

Gráfico I.1 - Hidrograma hipotético de áreas urbanizadas e não urbanizadas6

Gráfico I.2 - Consumo de água na Europa por principal utilização8

Gráfico I.3 - Consumo total de água de abastecimento público na Europa, por país.....8

Gráfico I.4 - Precipitação anual média em Portugal Continental no período 1980/81 a 2008/0913

Gráfico II.1 - Distribuição dos consumos urbanos19

Gráfico II.2 - Distribuição dos consumos domésticos em habitação de edifício multifamiliar21

Gráfico II.3 - Distribuição dos consumos domésticos em habitação de edifício unifamiliar21

Introdução

Esta Dissertação, intitulada “O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais”, tem dois grandes propósitos. Em primeiro lugar, demonstrar a importância da implementação de sistemas alternativos que visem a sustentabilidade e, por outro lado, alertar para o preço que actualmente se paga pelo abastecimento de água em Portugal, razão pela qual a rentabilidade económica de sistemas de aproveitamento de água da chuva pode vir a ser, em alguns casos, insatisfatória. Além disso, pretende-se também chamar a atenção para a urgência em se conjugarem, a par do aproveitamento de água da chuva, outras medidas que contribuam para a sustentabilidade que, no seu conjunto, terão bastante mais impacto e significado do que de forma isolada.

A principal motivação para a sua realização foi a exploração da temática do aproveitamento de águas pluviais em moradias, numa vertente económica, focalizando a questão da sua viabilidade. Este é um tema que, a par das questões do comportamento térmico e de eficiência energética dos edifícios, está em forte expansão em Portugal, constituindo uma preocupação mundial e até potenciadora de uma área de actividade em ascensão. Além das questões de ordem económica, também as questões ambientais contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, como a tomada de consciência da escassez de água e o contributo para o não agravamento de situações de cheias. Pretende-se ainda que seja feita uma chamada de atenção para a vulnerabilidade a que os referidos sistemas estão sujeitos, imposta pelos meses de Verão, nos quais os consumos de água são substancialmente maiores, mas durante os quais normalmente não ocorre precipitação.

Devido a essa vulnerabilidade, a exploração do tema escolhido tornou-se um desafio. A partir do momento em que foi tomada a decisão de prosseguir com o tema, houve sempre consciência das dificuldades que se poderiam encontrar, com especial ênfase para a consulta de bibliografia técnica portuguesa.

Escolhido o tema, a vertente prática do trabalho teve como ponto de partida o estudo da rentabilidade económica / período de amortização de implementação de um sistema de

aproveitamento de água da chuva numa moradia construída em Guimarães, e a posterior comparação com outros tipos de edifícios, hipoteticamente construídos de raiz.

A temática do aproveitamento de águas pluviais é bastante abrangente e algo complexa, razão pela qual foi necessária uma metodologia criteriosa, tanto na componente teórica como na prática. Na primeira, houve o cuidado de alertar de forma consciente para a problemática da escassez de água e abordar de forma clara e concisa os principais constituintes dos sistemas de aproveitamento de água da chuva. Na parte prática, houve necessidade de elaboração de folhas de cálculo para simular os consumos e os volumes dos reservatórios a considerar para os diferentes tipos de edifícios, para posteriormente ser possível conhecer a respectiva tradução económica.

O trabalho desenvolvido encontra-se estruturado em seis capítulos. No capítulo I faz-se o enquadramento ao uso da água nos meios urbanos e dos recursos hídricos disponíveis no Planeta, e particularmente em Portugal, de forma a que se compreenda a tendência do aumento dos consumos de água potável. Estes consumos serão focados através da análise da variação de consumos verificada na última década, na União Europeia. Contempla ainda as medidas adoptadas a nível Europeu e em Portugal para a problemática da escassez de água, como a Directiva Quadro da Água, o Plano Nacional da Água e o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água.

No capítulo II procede-se à análise dos consumos de água potável nos diversos tipos de edifícios, com base num estudo publicado pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Explora-se ainda um conjunto de medidas propostas pelo LNEC para reduzir o consumo de água potável nos edifícios, do qual faz parte o aproveitamento de água da chuva. Referência também para o papel que a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) tem no domínio da eficiência hídrica e sustentabilidade. Pretende-se, assim, enumerar uma série de medidas que, a par com o aproveitamento de água da chuva, possam trazer mais significado à gestão e sustentabilidade dos recursos hídricos.

O capítulo III encerra o âmbito teórico desta Dissertação, com as questões técnicas relativas aos sistemas de aproveitamento de água da chuva. Antes desta temática, é

justificada a necessidade de utilização de água da chuva como medida para a sustentabilidade, onde se inclui um pequeno historial dos sistemas que ao longo das civilizações, mais ou menos complexos, têm vindo a ser desenvolvidos. Serão ainda apresentados os actuais tipos de sistemas para aproveitamento de água da chuva, bem como os seus componentes básicos, desde a sua captura à utilização final. No final do capítulo identificam-se as vantagens e desvantagens dos diferentes sistemas.

No capítulo IV determina-se a rentabilidade de implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, tendo sido escolhida para o efeito uma moradia unifamiliar a construir em Guimarães. Será calculado o volume de água da chuva possível de ser recolhido, de acordo com a precipitação média no local que, juntamente com os consumos previstos na habitação, determinarão o volume do reservatório a instalar. Com o sistema de aproveitamento em funcionamento, e a partir de um mapa mensal de consumos de água potável e água da chuva, determina-se o valor da factura mensal a pagar, no que diz respeito à água potável da rede pública. Em comparação com o orçamento de um fabricante do sistema, determina-se até que ponto será rentável a instalação do mesmo. A rentabilidade só pode ser calculada mediante a aplicação das taxas em vigor no local da habitação para os consumos de água potável.

No Capítulo V será estudada a rentabilidade económica de implementação de um sistema de aproveitamento de água da chuva num edifício de escritórios e num edifício escolar. Pretende-se, assim, saber a resposta do sistema em função da variação do número de utilizadores e dos consumos *per capita* em cada tipo de edifício. De salientar que para cada um dos três tipos de edifícios (habitacional, escritórios e escolar), será elaborado um estudo com os preços praticados em Portugal e na Dinamarca, por ser neste país que se praticam os preços mais elevados de consumo de água no Mundo. O resultado deste estudo dirá se, em Portugal, a água potável é paga pelo preço que realmente vale, e em que situações se justifica a instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Por último, no Capítulo VI, apresentar-se-ão exemplos de importantes incentivos dados por alguns países para fomentar o uso de sistemas de aproveitamento de água da chuva,

com especial relevância para o papel de alguns Estados dos Estados Unidos da América, Alemanha e Austrália, pioneiros nesta matéria.

Na elaboração deste trabalho recorreu-se à consulta bibliográfica com uma vertente exploratória, onde se pretendeu tornar mais explícita a problemática abordada. Tendo como ponto de partida verificar a rentabilidade económica de implementação de um sistema de aproveitamento de água da chuva numa moradia, procurou obter-se a resposta com base nos consumos anuais e nas tarifas da água para o município em questão (Guimarães), através de uma pesquisa exploratória. Recorreu-se a informação genérica existente sobre aproveitamento de águas pluviais para um enquadramento preliminar, e analisou-se essa informação e os métodos para o dimensionamento dos referidos sistemas.

Após a recolha dos dados de consumos e de investimento/poupança, enveredou-se por uma vertente descritiva e quantitativa, com a determinação da resposta económica e do período de amortização do investimento, tendo-se para isso recorrido à elaboração de folhas de cálculo em Microsoft Excel. Sistematizaram-se os resultados e procedeu-se à análise das variáveis “investimento” e “poupança” para posteriores ilações quanto aos aspectos que podem comprometer os sistemas de aproveitamento de água da chuva. A metodologia utilizada tendeu, genericamente, para um típico estudo de caso. Foram ainda consultados artigos disponíveis na Internet, legislação e regulamentação técnica relacionada com o tema e informação constante em documentação e catálogos técnicos de empresas que aplicam a temática do aproveitamento de água da chuva.

Capítulo I - Gestão dos recursos hídricos

I.1. A água e o meio urbano

Segundo dados da UNESCO, em Mano (2004), actualmente 48% da população mundial vive em meios urbanos e em 2030 este número estará acima dos 60%. Sendo a água um elemento fundamental à condição humana, a tarefa de gerir as águas urbanas requer o tratamento integrado dos seguintes aspectos:

- água para abastecimento doméstico e industrial;
- controlo da poluição;
- tratamento de águas residuais;
- gestão da água da chuva;
- prevenção de inundações;
- utilização sustentável dos recursos hídricos.

Esta organização afirma ainda que, frequentemente, as cidades extraem água a partir de pontos que estão fora da sua administração e descarregam as suas águas residuais despreocupadamente, afectando os restantes seres vivos do meio ambiente. Estas interacções ocorrem, principalmente, em função das movimentações da água no seu ciclo (ciclo hidrológico). O ciclo da água na natureza é contínuo e a sua quantidade é invariavelmente a mesma, mudando apenas o seu estado, dependendo da região em que se encontra.

A intervenção humana altera de forma significativa o ciclo hidrológico em função da captação, armazenamento, utilização, contaminação e recuperação da água, excessivamente praticados a nível mundial. Os escoamentos superficiais nos meios urbanos e a própria precipitação, constituem uma fonte de poluição difusa para o meio natural, embora as águas residuais sejam a causa mais directamente associada a este problema. Há, contudo, outras formas de poluição das bacias hidrográficas. Os gases emitidos pelas indústrias e veículos (dióxido de carbono, azoto, hidrocarbonetos e partículas diversas) estão na origem da chuva ácida. A poluição de praias, rios e lagos urbanos, a eutrofização dos meios receptores e a sua contaminação com metais pesados, são outros exemplos de impactes conhecidos e comuns.

Segundo Nascimento, em Mano (2004), estes impactes têm influência directa sobre o uso da água, impondo restrições ou majorando os custos para abastecimento de água potável. Perante estes factos, as cidades têm actualmente grandes desafios nas suas relações com a água: entradas (abastecimento doméstico e industrial) e saídas (águas pluviais, esgotos domésticos e industriais). Neste sentido, a água da chuva oferece um recurso paradoxal, sendo simultaneamente solução e causa de muitos problemas urbanos relacionados com a água.

As inundações nos grandes centros urbanos constituem uma das grandes calamidades a que a população mundial tem sido sujeita. Segundo Mano (2004), nas áreas urbanizadas, entre outros efeitos, verifica-se uma menor taxa de infiltração de água no solo, que provoca a diminuição do nível dos lençóis freáticos. Nas bacias hidrográficas rurais, o fluxo de água é retido pela vegetação, infiltrando-se no solo, e o restante escoam superficialmente de uma forma gradual, produzindo um hidrograma com variação lenta de vazão e picos de enchentes moderados (Gráfico I.1).

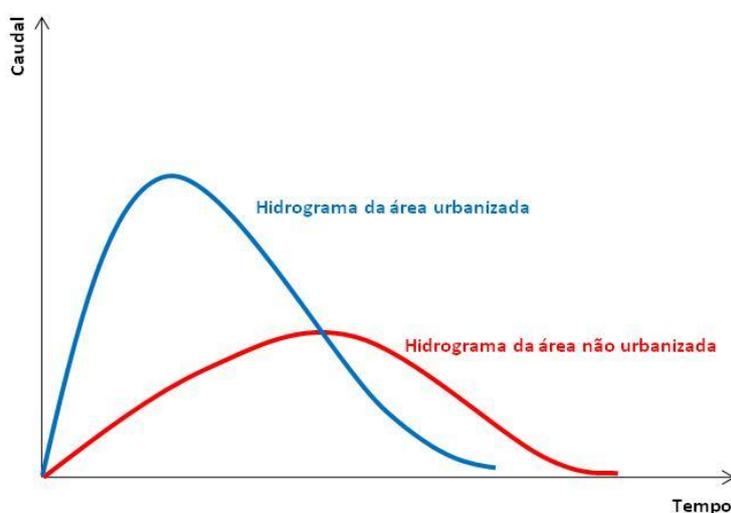


Gráfico I.1 - Hidrograma hipotético de áreas urbanizadas e não urbanizadas (Adaptado de Mano, 2004)

Como refere o mesmo autor, a impermeabilização gerada pelo meio urbano aumenta significativamente os escoamentos superficiais, pois elimina uma grande parte da área para infiltração da água em terreno natural, contribuindo em grande escala para situações de cheias.

O que actualmente se verifica é que os pequenos canais existentes na configuração natural dos meios urbanos são substituídos por uma drenagem em colectores. Deste modo, o volume de água que escoava lentamente no terreno natural e que ficava retido pelas plantas, passa agora a correr em canais construídos, exigindo maior capacidade de escoamento e secção dos mesmos.

I.2. O consumo de água

A satisfação da procura da água tem sido conseguida ao longo dos anos através da execução, em larga escala, de grandes projectos hidráulicos, dos quais se destacam grandes barragens. Segundo Postel, em Vieira (2003), em 1950 existiam cerca de 5000 grandes barragens no Mundo, com altura superior a 15 metros, sendo que no ano 2000 o seu número era de cerca de 45000, o que significa que até então se construíram, em média, duas grandes barragens por dia. Se a estas acrescentarmos as cerca de 80000 pequenas barragens, verificamos que as respectivas albufeiras representam uma capacidade de armazenamento de cerca de 20% do escoamento total global anual.

O crescente aumento dos níveis de consumo de água potável em meio urbano, associado a uma cada vez maior escassez dos recursos existentes, quer em termos quantitativos, quer qualitativos, com o conseqüente aumento do custo da produção para a sua obtenção, deve conduzir à adopção de medidas que revertam esta tendência.

Segundo Pedroso (2009), enquanto no período de 1900 a 2000 se verificou um crescimento demográfico mundial de cerca de três vezes, o consumo de água com as actividades humanas, industrial e agro-pecuária, neste mesmo período de tempo, cresceu cerca de seis vezes. Acresce ainda que estes mesmos factores são uma fonte de contaminação dos recursos hídricos, com a conseqüente redução qualitativa desses mesmos recursos. Considerando a importância da água em todo o ecossistema, e que os recursos existentes, a serem mantidos os hábitos actuais, são insuficientes, uma parte muito significativa da humanidade corre o risco de não dispor de água para satisfação das suas necessidades básicas. Neste sentido, a tomada de medidas, quer a nível internacional, quer de âmbito nacional, tornam-se indispensáveis.

O Gráfico I.2 permite visualizar os consumos de água nos diferentes países da Europa. A sua análise leva à conclusão que, apesar do baixo desenvolvimento comparativo, Portugal é um dos países com uma das mais elevadas taxas de consumo global por habitante. Já no que se refere ao consumo de água destinada ao consumo humano (água potável), Portugal apresenta o valor mais baixo a nível europeu (Gráfico I.3).

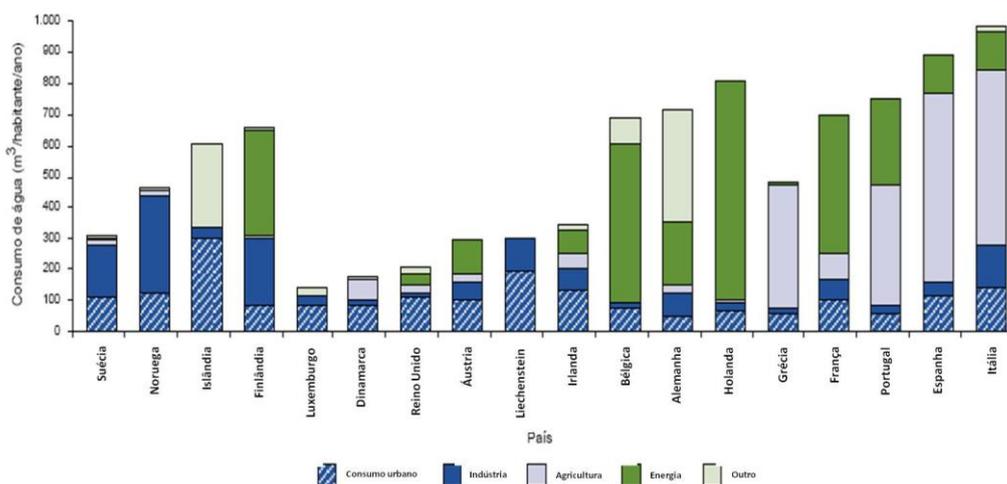


Gráfico I.2 - Consumo de água na Europa por principal utilização (Direcção Geral do Ambiente, 2000)

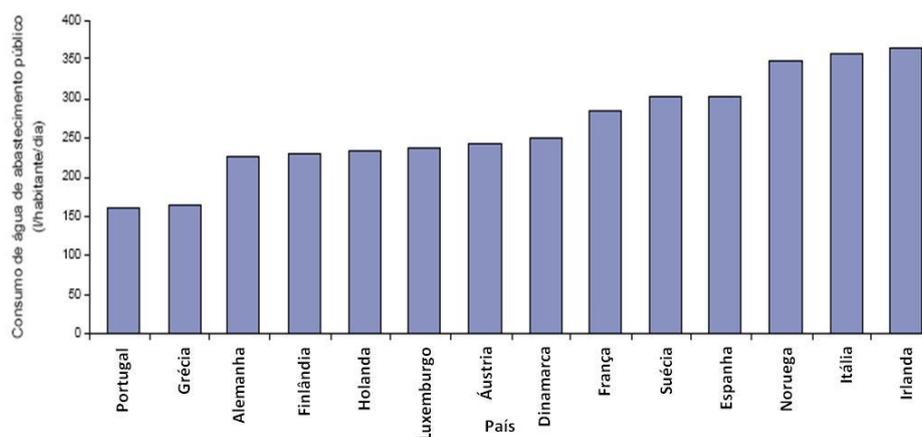


Gráfico I.3 - Consumo total de água de abastecimento público na Europa, por país (Direcção Geral do Ambiente, 2000)

A análise dos Gráficos I.2 e I.3 permite concluir que existe uma relação entre o nível de desenvolvimento, nas suas diferentes vertentes, quer social, quer económico, e o consumo de água potável, o que aponta para que o consumo em Portugal tenha tendência para o crescimento. Neste sentido, torna-se vital a tomada de medidas no

sentido do consumo mais racional da água. Estas acções deverão assentar fundamentalmente: em primeiro lugar, na consciencialização e motivação das populações, através de medidas de carácter económico, quer de incentivo, através da concessão de subsídios para a aquisição de dispositivos e equipamentos de menor consumo e implementação de sistemas de reaproveitamento de águas consideradas como não potáveis, quer punitivas, através do aumento das tarifas praticadas, sempre que se verifiquem consumos para além dos valores considerados necessários. Em segundo lugar, através da adopção de medidas técnicas que conduzam à redução do consumo de água potável e de aproveitamento e reutilização de águas não potáveis.

I.3. Directiva Quadro da Água

Tendo em conta o número crescente de pressões a que os recursos hídricos estão expostos, é vital criar instrumentos legislativos eficazes que abordem os problemas de forma clara e ajudem a preservar os recursos para as próximas gerações. A Directiva do Parlamento Europeu que estabelece o Quadro de Acção para a Política da Água da União Europeia é a Directiva-Quadro da Água (DQA), oficialmente designada por Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, elaborada a 23 de Outubro de 2000 e que entrou em vigor a 22 de Dezembro do mesmo ano. A DQA tem por objectivo estabelecer um quadro comum para a protecção das águas interiores, de superfície e subterrâneas, das águas de transição e das águas costeiras da União Europeia, visando prevenir a degradação e proteger a qualidade das águas, promover a utilização sustentável da água e contribuir para a mitigação dos efeitos das cheias e das secas.

- 20% das águas superficiais da União Europeia correm sério risco de poluição.
- A água disponível para o consumo humano representa menos de 1% dos recursos hídricos do Planeta.
- As águas subterrâneas fornecem cerca de 65% da água destinada ao consumo humano na Europa.
- 60% das cidades europeias exploram de forma excessiva as suas águas subterrâneas.
- 50% das zonas húmidas estão “em perigo de extinção” devido à exploração excessiva das águas subterrâneas.
- A área de terrenos irrigados no Sul da Europa aumentou 20% desde 1985.

Quadro I.1 - Factores fundamentais sobre a situação global da água (CE, 2000)

A DQA estende o âmbito de aplicação das medidas de protecção da água a todas as águas e define como objectivos claros que deverá alcançar-se o “bom estado” de todas as águas europeias até 2015 e assegurar-se a utilização sustentável da água em toda a Europa.

Segundo a Comissão Europeia (2002), este novo sistema tutelar assenta sobre quatro princípios fundamentais:

1. “A água não conhece fronteiras”

A Directiva-Quadro da Água estabelece que todas as partes envolvidas numa determinada bacia hidrográfica devem desenvolver uma cooperação estreita com vista à gestão conjunta das suas águas. Os países deverão criar planos de gestão comuns das bacias hidrográficas que contemplem medidas destinadas a garantir o cumprimento dos ambiciosos objectivos da Directiva dentro dos prazos fixados.

2. “A água diz respeito a todos”

À semelhança dos países, também os vários agentes dos diferentes sectores terão de cooperar entre si para proteger os recursos hídricos. Como todos utilizam água na vida particular e no trabalho, é importante que todos se empenhem, sem excepção, no cumprimento dos objectivos estabelecidos na legislação. Esta é a razão pela qual a DQA incentiva todas as partes interessadas a participarem activamente em actividades relacionadas com a gestão da água. Quanto melhor se compreender o modo como todos influenciam a quantidade e a qualidade da água, melhor se saberá contribuir para proteger os preciosos recursos hídricos.

3. “A água é um recurso frágil”

Uma gota de uma substância perigosa pode poluir milhares de litros de água. A poluição causada hoje poderá permanecer durante gerações nas águas subterrâneas destinadas ao consumo humano. A DQA visa evitar a poluição na origem e fixa mecanismos de controlo para garantir uma gestão sustentável de todas as fontes de poluição. Protege as águas subterrâneas e fixa objectivos ambiciosos para a sua qualidade e quantidade. Fixa ainda ambiciosos objectivos ecológicos para os ecossistemas aquáticos dos rios, lagos e águas costeiras. Embora hoje em dia grande parte das águas subterrâneas e de superfície da Europa estejam poluídas, deverão estar em “bom estado” até 2015.

4. “O preço justo da água”

A água deverá ser encarada como um legado precioso e, por isso, é importante estabelecer um preço para a água, uma vez que a fixação de preços actua como um incentivo a uma utilização mais sustentável da mesma. Por essa razão, muitos países europeus têm vindo a fixar preços para a água ao longo dos últimos anos. Estudos revelaram que, uma política de estabelecimento de preços cuidadosa, estimula uma utilização sustentável dos recursos hídricos a longo prazo e um estudo realizado pela Agência Europeia do Ambiente mostrou que a introdução de contadores se traduz em reduções imediatas do consumo na ordem dos 10 a 25%. A DQA obriga os Estados-Membros a desenvolverem políticas de estabelecimento dos preços em que todos os utilizadores contribuam de forma adequada. A Directiva aplica, assim, o princípio do poluidor-pagador.

Tendo em vista a eficiente concretização destes princípios, foi planeada a sua aplicação de uma forma progressiva, de acordo com o quadro seguinte:

Acção	Prazo
Transposição da Directiva para as legislações dos Estados-Membros	2003
Definir as bacias hidrográficas e designar as autoridades competentes	2003
Caracterização completa das regiões hidrográficas	2004
Início dos programas de monitorização	2006
Identificação das questões a ser resolvidas com os planos	2007
Publicação da versão para consulta dos planos de gestão das bacias	2008
Início da aplicação dos planos de gestão das bacias	2009
Estabelecimento dos programas de medidas	2009
Introdução dos custos de água	2010
Implementação de todas as medidas programadas	2012
Obtenção de um bom estado na generalidade das águas da UE	2015
Primeira revisão dos planos de gestão das bacias	2015
Segunda revisão dos planos de gestão das bacias	2021
Obtenção de um bom estado das águas onde se aplicaram dilações	2027
Terceira revisão dos planos de gestão das bacias	2027

Quadro I.2- Calendarização global para a aplicação da Directiva Quadro da Água (Murta e Barreto, 2004)

Considera-se, assim, que a água não é um produto comercial como qualquer outro, mas um património que deve ser protegido, defendido e tratado como tal (Comissão Europeia, 2002).

I.4. Recursos hídricos em Portugal

Comparando as disponibilidades e usos da água com outros países da União Europeia, Portugal não é, por norma, carente. Ocorrem situações críticas de seca, sazonais ou localizadas, de carácter quantitativo e qualitativo como é o caso do Guadiana e da Ria Formosa, respectivamente. A linha da costa Continental tem uma extensão de cerca de 950 km, encontrando-se na zona costeira a maioria das grandes cidades (Porto, Aveiro, Lisboa, Setúbal e Faro), onde vive cerca de 75% da população portuguesa, e onde se gera cerca de 85% do Produto Interno Bruto (Laranjeira da Costa, s.d.).

O regime de escoamento nacional é caracterizado por grande variabilidade sazonal, com concentração da precipitação e escoamento em períodos relativamente curtos (cerca de 70 a 80% da precipitação ocorre de Novembro a Abril), com um máximo em Fevereiro e ocorrência de períodos prolongados de seca, predominantemente no Verão, condicionando sobretudo o escoamento em cursos de água relativamente pequenos. Além disso, surgem elevados consumos sazonais, particularmente associados às actividades agrícolas e turísticas e nos períodos em que as disponibilidades são mais reduzidas, impondo-se, por isso, condicionalismos especiais à gestão dos recursos hídricos. Segundo Laranjeira da Costa (s.d.), as bacias de maior dimensão e com mais população, nomeadamente o Tejo e Douro, são as que verificam maior procura de água. A precipitação anual média em Portugal Continental é cerca de 830 mm, o que corresponde um volume anual médio cerca de 74.1 km³. Segundo o Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), de um modo geral, verifica-se que as regiões situadas a norte do rio Tejo têm precipitações anuais médias superiores à média do País, enquanto as regiões a sul do referido rio apresentam valores inferiores à média.

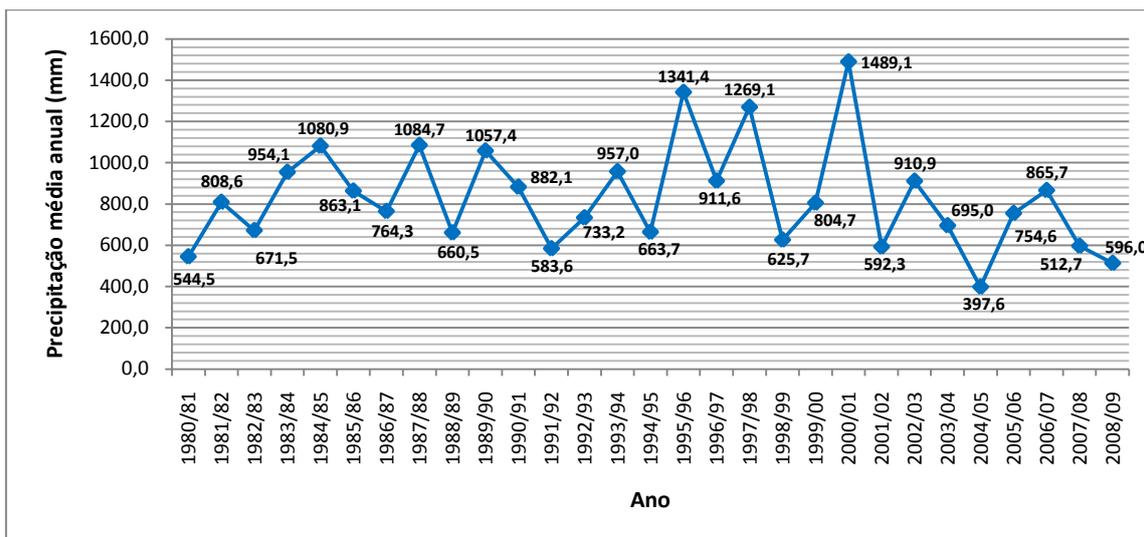


Gráfico I.4 - Precipitação anual média em Portugal Continental no período 1980/81 a 2008/09
(Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos)

O Decreto-Lei nº 45/94 de 22 de Fevereiro, que regula o processo de planeamento de recursos hídricos e a elaboração e aprovação dos planos de recursos hídricos, determinou a elaboração e aprovação de 15 planos de bacia hidrográfica (PBH) e do Plano Nacional da Água (PNA). Para este efeito, dividiu o território do Continente em 15 regiões coincidindo com as principais bacias hidrográficas e as suas regiões costeiras adjacentes. Nos termos do referido diploma, a elaboração do PNA e dos PBH dos rios Minho, Douro, Tejo e Guadiana é da competência ao Instituto da Água (INAG), e a elaboração dos PBH dos restantes rios, compete às Direcções Regionais de Ambiente e do Ordenamento do Território (DRAOT).

De acordo com o Plano Nacional da Água (Decreto-Lei 112/2002), as suas grandes linhas orientadoras são:

- aumento da produtividade da água e promoção do seu uso racional, com o máximo respeito pela integridade territorial das bacias hidrográficas;
- protecção, conservação e requalificação dos meios hídricos e dos ecossistemas associados;
- satisfação das necessidades das populações e do desenvolvimento económico e social do país;

- respeito pela legislação nacional e comunitária relevante e satisfação dos compromissos internacionais assumidos pelo Estado português;
- acesso à informação e participação dos cidadãos na gestão dos recursos hídricos.

1.5. A qualidade da água em Portugal

Na última década, Portugal foi palco de intensas modificações a nível de reforma administrativa, produção legislativa e gestão dos recursos hídricos, que se reflectiram nos indicadores de qualidade das águas. Dois marcos legislativos são o Decreto-Lei 74/90 de 7 de Março e o que o revogou quase 10 anos depois, o 263/98, de 1 de Agosto. É este Decreto-Lei que fixa os valores-guia para os diversos parâmetros de qualidade. O Instituto Nacional da Água (INAG) utiliza, adicionalmente, um sistema de classificação que acrescenta à perspectiva da verificação da conformidade para determinados usos do Decreto-Lei, uma preocupação de verificação da adequação aos ecossistemas exigentes, onde pequenas concentrações de alguns parâmetros facilmente removíveis em estações de tratamento não são, sequer, admissíveis (Tabela I.1).

Tabela I.1 - Sistema de classificação adoptado pelo INAG (Rodrigues, 2000)

CLASSE		A (sem poluição)	B (fracamente poluído)	C (poluído)	D (muito poluído)	E (extremamente poluído)
PARÂMETRO						
pH	(u S/cm, 20°C)	6.5 - 8.5	-	6.0 - 9.0	5.5 - 9.5	5.0 - 10.0
Condutividade	(mg/l)	≤ 750	751 - 1000	1001 - 1500	1501 - 3000	> 3000
SST	(%)	≤ 25.0	25.1 - 30.0	30.1 - 40.0	40.1 - 80.0	> 80
Sat OD	(mg O2/l)	≥ 90	89 - 70	69 - 50	49 - 30	< 30
CB 05	(mg O2/l)	≤ 3.0	3.1 - 5.0	5.1 - 8.0	8.1 - 20.0	> 20.0
CQO	(mg O2/l)	≤ 10.0	10.1 - 20.0	20.1 - 40.0	40.1 - 80.0	> 80.0
Oxidabilidade	(mg O2/l)	≤ 3.0	3.1 - 5.0	5.1 - 10.0	10.1 - 25.0	> 25.0
Azoto amoniacal	(mg NH4/l)	≤ 10.0	0.11 - 1.00	1.10 - 2.00	2.01 - 5.00	> 5.0
Nitratos	(mg NH3/l)	≤ 5.0	5.0 - 25.0	25.1 - 50.0	50.1 - 80.0	> 80.0
Nitritos	(mg NH2/l)	≤ 0.01	0.011 - 0.020	0.021 - 0.15	0.16 - 0.3	> 0.3
Fosfatos	(mg P2O5/l)	≤ 0.40	0.41 - 0.54	0.55 - 0.94	0.95 - 1.00	> 1.00
Coliformes totais	(/100ml)	≤ 50	51 - 5000	5001 - 50000	> 50000	-

Tabela I.1 (cont.) - Sistema de classificação adoptado pelo INAG (Rodrigues, 2000)

CLASSE		A (sem poluição)	B (fracamente poluído)	C (poluído)	D (muito poluído)	E (extremamente poluído)
PARÂMETRO						
Coliformes fecais	(/100ml)	≤ 20	21 - 2000	2001 - 20000	< 20000	-
Estreptococos fecais	(/100ml)	≤ 20	21 - 2000	2001 - 20000	< 20000	-
Ferro	(mg/l)	≤ 0.50	0.51 - 1.00	1.10 - 1.50	1.50 - 2.00	> 2.00
Manganês	(mg/l)	≤ 0.10	0.11 - 0.25	0.26 - 0.50	0.51 - 1.00	> 1.00
Zinco	(mg/l)	≤ 0.30	0.31 - 1.00	1.01 - 3.00	3.01 - 5.00	> 5.00
Cobre	(mg/l)	≤ 0.020	0.021 - 0.05	0.051 - 0.200	0.0201 - 1.000	> 1.00
Crómio	(mg/l)	≤ 0.010	-	0.011 - 0.050	-	> 0.050
Selénio	(mg/l)	≤ 0.005	-	0.0051 - 0.010	-	> 0.010
Cádmio	(µg/l)	≤ 1.0	-	1.1 - 5.0	-	> 5.0
Chumbo	(mg/l)	≤ 0.050	-	0.051 - 0.100	-	> 0.100
Mercúrio	(µg/l)	≤ 0.50	-	0.51 - 1.0	-	> 1
Arsénio	(mg/l)	≤ 0.010	0.011 - 0.050	-	0.051 - 0.100	> 0.100
Cianetos	(mg/l)	≤ 0.010	-	0.011 - 0.050	-	> 0.050
Fenóis	(µg/l)	≤ 1.0	1.1 - 5.0	5.1 - 10	11 - 100	> 100
Agentes tensioactivos	(mg/l)	≤ 0.2	-	0.21 - 0.50	-	> 0.50

O estado físico e a qualidade da água são determinantes na possibilidade de aproveitamento para cada uso (abastecimento público e outros). Significa isto que não basta ter água em quantidade disponível, no tempo ou no lugar: é preciso que se tenha a quantidade mas também a qualidade compatível com o uso.

I.6. Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA)

A necessidade global de melhorar a eficiência do consumo de água potável não é recente, pelo que constitui, desde há vários anos, uma das grandes prioridades da gestão da água na União Europeia. No que diz respeito ao uso racional da água, foi elaborado em Portugal um Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), documento este que define as prioridades e metodologias e avalia os impactos e a viabilidade das medidas propostas. Além desta acção, a preocupação pelo uso racional

da água está presente noutros documentos estruturantes do desenvolvimento sustentável, tais como o *6th EU Environment Action Programme*, a nível internacional, e a *Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável - ENDS 2002*, a nível nacional. Quantificar a eficiência na utilização da água, passa pela introdução de um indicador. Para tal, o PNUEA adoptou a seguinte definição:

$$\text{Eficiência da utilização da água} = \frac{\text{Consumo útil}}{\text{Procura efectiva}} \quad (\text{Neves, 2002})$$

O *consumo útil* é entendido como o consumo mínimo necessário para cumprir os objectivos da utilização. Este factor é de difícil determinação, mas é possível realizar estimativas. A *procura efectiva* diz respeito ao volume de água realmente utilizado. É uma grandeza que pode ser avaliada a partir dos registos de consumos existentes.

Segundo Neves (2002), o PNUEA contemplou ainda, para a determinação da eficiência da utilização da água, um factor de ordem económica, com a seguinte estrutura de preços:

1. “Uso urbano”

Os custos associados ao uso urbano da água incluem o serviço de abastecimento e os serviços de drenagem e tratamento de águas residuais resultantes. Para o abastecimento de água, o PNUEA considerou um custo de 1 €/m³. Para avaliar a produção de águas residuais descontou-se 40% para fugas e perdas no sistema de abastecimento de água e admitiu-se que, do restante, apenas 90% afluem à rede. Considerou-se que o custo relativo à drenagem e tratamento é também de 1 €/m³, o que significa que 1 x (1-0.4) x 0.9 = 0.54 €/m³ de água.

Como consequência, estimou-se o custo global relativo ao uso urbano da água em 1.54 €/m³.

2. “Uso agrícola”

A parcela relativa ao abastecimento para uso agrícola foi estimada em 0.08 €/m³ e a relativa à drenagem de excedentes não foi quantificada por falta de elementos, pelo que o valor final atribuído foi de 0.08 €/m³.

3. “Uso industrial”

O custo relativo ao uso industrial foi fixado tendo em conta, por um lado, o abastecimento a partir da rede pública (representando 16% do consumo, contabilizado a 1 €/m³) e, por outro lado, o abastecimento a partir de captações próprias (64% do consumo, contabilizado a 0.125 €/m³). Estes dois factores perfazem um total de 0.26€/m³ para o serviço de abastecimento. A produção de águas residuais foi estimada em 80% do consumo e o custo relativo à drenagem e tratamento em 1.25 €/m³, o que conduz a 1 €/m³ de água consumida. Na totalidade, o custo inerente ao uso industrial será de 1.26 €/m³.

A Tabela I.2 pretende reflectir a situação actual, onde a procura para uso agrícola, estimada em 6550 milhões de metros cúbicos por ano, supera largamente as restantes. A eficiência é baixa nos sectores urbano e agrícola (58%), e um pouco melhor na indústria (71%).

Tabela I.2 - Situação actual dos consumos de água em Portugal (Neves, 2002)

Tipo de consumo	Consumo útil (milhões m³/ano)	Procura efectiva (milhões m³/ano)	Eficiência (%)
Urbano	330	570	58
Agrícola	3800	6550	58
Industrial	275	385	71

Na Tabela I.3 estão indicadas as metas de eficiência que o PNUEA considera possível atingir, como média nacional, nos próximos 10 anos, tendo em conta as perspectivas em termos de melhoria de procedimentos dos utilizadores e de desenvolvimento tecnológico.

Tabela I.3 - Metas de consumos de água em Portugal para os próximos 10 anos (Neves, 2002)

Tipo de consumo	Eficiência (%)	Volume poupado (milhões m³/ano)	Poupaça económica (milhões €/ano)
Urbano	80	160	244
Agrícola	66	790	65
Industrial	84	57	75

Os números são claramente esclarecedores, sobretudo se for tido em conta que a poupança se poderá acumular todos os anos.

CAPÍTULO II - Medidas para um uso eficiente da água

II.1. Consumo de água potável nos edifícios

II.1.1. Considerações gerais

O consumo de água potável nos edifícios está, geralmente, associado ao tipo de edifício (residencial, serviços, hoteleiro, militar, etc.), bem como às características das populações (pequenos ou grandes aglomerados populacionais), clima, hábitos, etc. (Pedroso, 2009). Nas situações em que se verifica a necessidade de proceder à acumulação de água na edificação para posterior distribuição, devido a imposição regulamentar ou a incapacidade do sistema público de abastecimento em assegurar as condições de fornecimento em termos de caudal e pressão, a previsão dos consumos mínimos a considerar é, geralmente, realizada em função dos diversos aglomerados populacionais, para os casos de consumos domésticos, e em função do tipo de edifício, utilização ou fim, para outras situações (Pedroso, 2009). Nos casos em que o sistema público de distribuição assegura um fornecimento adequado aos dispositivos de utilização, em termos de caudal e de pressão, os consumos estimados são função das características desses dispositivos, os quais são designados por caudais instantâneos (Pedroso, 2009).

II.1.2. Consumos domésticos

Para além de outros usos, os consumos domésticos constituem a parcela mais significativa dos consumos urbanos, cerca de 45% do volume total de água consumida. Adaptado de Pedroso (2009), o Gráfico II.1 ilustra a distribuição percentual dos consumos urbanos.

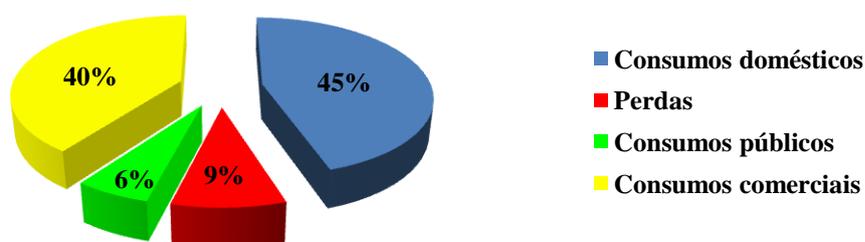


Gráfico II.1 - Distribuição dos consumos urbanos (Pedroso, 2009)

Segundo o mesmo autor, os consumos domésticos estão normalmente associados ao uso da água para beber, para cozinhar, para a higiene pessoal, para a limpeza dos espaços, para a lavagem de roupa e loiça, descarga de autoclismos e para as actividades de jardinagem e de lavagem de veículos. Para que cada ser humano tenha uma qualidade de vida aceitável, admite-se um consumo de cerca de 80 l de água por dia, valor mínimo que, regra geral, é significativamente ultrapassado nos grandes centros urbanos, oscilando entre os 120 l/hab.dia e os 150 l/hab.dia, podendo mesmo atingir 200 l/hab.dia, de acordo com factores de ordem económica e social (Pedroso, 2009).

Na Tabela II.1 apresentam-se os valores mínimos de consumo a considerar, de acordo com a regulamentação nacional (Artigo 13.º do Decreto-Regulamentar n.º 23/95), para situações em que seja necessário recorrer à acumulação de água nas edificações, os quais são expressos em função dos diversos aglomerados populacionais locais.

Tabela II.1 - Consumos domésticos de água nos edifícios (Decreto-Regulamentar n.º 23/95)

Volume (l/hab.dia)	População (n.º de habitantes)
80	1 000
100	1 000 a 10 000
125	10 000 a 20 000
150	20 000 a 50 000
175	> 50 000

Embora não existam, a nível nacional, dados estatísticos que caracterizem os consumos domésticos, Pedroso (2009) considera que os consumos referidos na Tabela II.2 não andarão, por certo, longe dos valores médios nacionais. Os consumos aí referidos por Vieira (2002), permitem evidenciar a predominância de consumos relacionados com actividades de higiene pessoal (duches) e descargas de autoclismos, atingindo o somatório destas parcelas 62% do total dos consumos domésticos no caso de edifícios do tipo multifamiliar, e de 50% no caso de edifícios unifamiliares (Gráficos II.2 e II.3).

Tabela II.2 - Repartição dos consumos médios diários (Vieira, 2002)

Aparelhos / utilizações	Consumo (l/hab.dia)	
	Edifício multifamiliar	Edifício unifamiliar
Lava-loiça (cozinha + limpezas)	15 (12.5%)	15 (10.0%)
Máquina de lavar loiça	4 (3.3%)	4 (2.7%)
Máquina de lavar roupa	10 (8.3%)	10 (6.7%)
Duche	45 (37.5%)	45 (30.0%)
Lavatório + bidé	16 (13.3%)	16 (10.7%)
Autoclismo	30 (25.0%)	30 (20.0%)
Rega de jardim	-	28 (18.7%)
Lavagem de automóvel	-	2 (1.3%)
TOTAL / dia	120	150

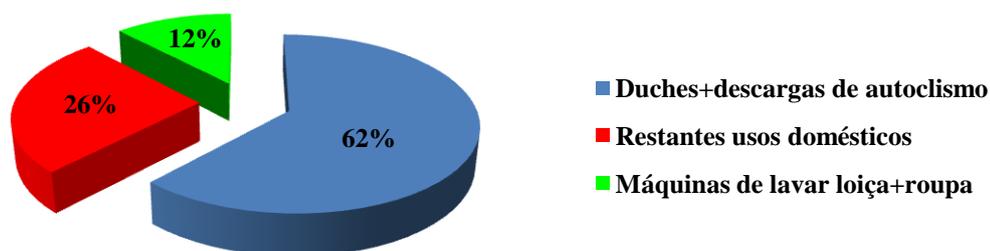


Gráfico II.2 - Distribuição dos consumos domésticos em habitação de edifício multifamiliar (Pedroso, 2009)

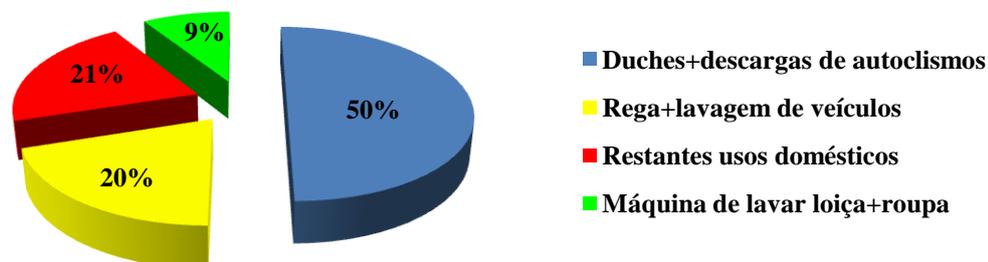


Gráfico II.3 - Distribuição dos consumos domésticos em habitação de edifício unifamiliar (Pedroso, 2009)

Em termos de consumos médios anuais, e considerando que cada habitante de uma habitação permanece nesta cerca de 330 dias por ano, obtêm-se aproximadamente os valores contidos na Tabela II.3.

Tabela II.3 - Consumos domiciliários médios anuais por habitante (Pedroso, 2009)

Tipo de edifício	Consumo diário/hab (l)	Número de dias por ano	Consumo anual/hab (m³)
Multifamiliar	120	330	40
Unifamiliar	150	330	50

II.1.3. Outros consumos urbanos em edifícios

A regulamentação nacional não faz alusão a valores de referência a considerar noutro tipo de consumos urbanos, como sejam os consumos em hotéis, escritórios, comércio, etc. No entanto, encontra-se na bibliografia (Pedroso, 2007), um conjunto significativo de valores médios de consumos referentes a tipos de edificações não habitacionais, dos quais se registam alguns na Tabela II.4.

Tabela II.4 - Consumos de água em diferentes tipos de edifícios (Pedroso, 2007)

Tipo de edifício	Volume diário (l)
Hospitais	300 a 600/cama(*)
Hotelaria	70 a 300/hóspede
Restaurante	20 a 45/refeição
Escolas	10 a 50/aluno
Escritórios	15 a 50/funcionário
Prisões	100/detido
Indústria	80/operário
Garagem (lavagem)	200/veículo

(*) Alguns estudos revelam que por vezes estes consumos ultrapassam o 1000 l/cama.dia

II.2. Medidas para um uso mais eficiente da água nos edifícios

II.2.1. Medidas de eficácia do PNUEA

Com o aumento da tendência para o crescimento do consumo de água potável em Portugal, torna-se urgente a tomada de medidas capazes de atenuar esta tendência desregrada, considerando que os recursos estão cada vez mais escassos. Nesta perspectiva, e para que seja possível atingir os seus objectivos, o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) sugere, segundo Neves (2002), um conjunto de acções, agrupadas em quatro áreas programáticas (AP):

- AP1: Sensibilização, informação e educação;
- AP2: Documentação, formação e apoio técnico;
- AP3: Regulamentação técnica, rotulagem e normalização;
- AP4: Incentivos económicos, financeiros e fiscais.

O PNUEA propõe 87 medidas para melhoria da eficiência no uso da água em situação hídrica normal, mais 26 para situações de seca. Na impossibilidade de aqui se fazer uma referência a todas elas, identificam-se apenas as que mais contribuem para a temática desta Dissertação, conforme a ordem indicada no PNUEA:

- 03: utilização de sistema tarifário adequado;
- 04: utilização de águas residuais urbanas tratadas;
- 05: redução de perdas de água no sistema público de abastecimento;
- 34: adequação da gestão da rega em jardins e similares;
- 51: melhoria da qualidade dos projectos.

O PNUEA utiliza 158 páginas para descrever as medidas que propõe. Trata-se de uma descrição detalhada e compreensível para a natureza do documento, mas Rossa e Neves (2002) prepararam uma versão para as 42 medidas que Neves considerou prioritárias. A título de exemplo, no Quadro II.1 apresenta-se essa descrição sintética de algumas medidas com maior potencial de poupança económica: adequação da utilização de chuveiros, substituição ou adaptação de chuveiros, adequação da utilização de torneiras e substituição ou adaptação de autoclismos.

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Medida	Caracterização	Impactos		Potencial de redução	Implementação	Viabilidade
		Positivos	Negativos			
<p><i>Ref. 14</i> Adequação da utilização de chuveiros</p>	<p>Duche, em alternativa ao banho de imersão. Duches curtos, com um período de água corrente não superior a 5 minutos. Fecho da água durante o ensaboamento. Utilização de 1/3 do nível máximo da banheira, caso opte por banho. Em caso de escassez: recolha da água fria até chegar a água quente, para posterior rega de plantas ou lavagens na habitação. Utilização de recipiente para certos usos (lavagens de vegetais, mãos, etc.) e reutilização no autoclismo ou na rega. Substituição de banho ou duche por lavagem com esponja e bacia.</p>	<p>Redução do consumo de água, produção de águas residuais e consumo de energia associada ao aquecimento da água.</p>	<p>Irrelevantes</p>	<p>Para uso doméstico estima-se até cerca de 50% de eficácia potencial. Poupança de 40m³/fogo/ano, ou 192x10⁶ m³/ano.</p>	<p>Sensibilização, informação e educação. Documentação, formação e apoio técnico.</p>	<p>Aceitabilidade social média, uma vez que implica alterações de comportamento. Boa viabilidade tecnológica e funcional. Poupa-se até 262 €/fogo/ano, ou 1255 x 10⁶ €/ano para o país.</p>
<p><i>Ref. 15</i> Substituição ou adaptação de chuveiros</p>	<p>Substituição ou adaptação de chuveiros convencionais por modelos mais eficientes com menor caudal. Utilização de torneiras misturadoras, monocomando ou termoestáticas, que permitam reduzir o desperdício até a água ter a temperatura desejada, por eliminação do tempo de regulação da temperatura e facilidade de abertura e fecho. Adaptação dos dispositivos convencionais através da instalação de arejador, redutor de pressão (anilha ou válvula) ou válvula de seccionamento.</p>	<p>Redução do consumo de água, produção de águas residuais e de consumo de energia associado ao aquecimento da água.</p>	<p>Irrelevantes</p>	<p>Para uso doméstico estima-se até cerca de 25% de eficiência potencial. Poupança de 20m³/fogo/ano, ou 96x10⁶ m³/ano.</p>	<p>Ao nível da oferta e da procura, por intermédio da informação. Documentação e formação. Incentivos económicos, financeiros, fiscais, regulamentação técnica, legislação, certificação, homologação e conformidade.</p>	<p>Aceitabilidade social média/alta dependente da eficácia de informação. Boa viabilidade tecnológica e funcional. Poupa-se até 131 €/fogo/ano, ou 627 x 10⁶ €/ano para o país.</p>

Quadro II.1 - Exemplos de medidas prioritárias para o uso mais eficiente da água (Rossa e Neves, 2002)

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Medida	Caracterização	Impactos		Potencial de redução	Implementação	Viabilidade
		Positivos	Negativos			
<p><i>Ref. 16</i></p> <p>Adequação da utilização de torneiras</p>	<p>Minimização da utilização de água corrente para lavar ou descongelar alimentos (usando alguidar), lavar louça (com alguidar), escovar dentes (uso de copo ou fechando a torneira durante a escovagem), fazer a barba (água no lavatório ou máquina eléctrica) ou lavar as mãos. Verificação do fecho das torneiras após o uso. Utilização do mínimo para cozinhar os alimentos, usando vapor, microondas ou panela de pressão. Utilização de água de lavagens, enxugamento de roupa ou louça, ou duchas (com pouco detergente), para outros usos, como lavagens na casa, rega de plantas e enchimento de autoclismos. Utilização de água de cozer vegetais para confeccionar sopa ou cozer outros vegetais.</p>	<p>Redução do consumo de água, produção de águas residuais e consumo de energia associado ao aquecimento da água.</p>	<p>Irrelevantes</p>	<p>Para uso doméstico estima-se até cerca de 50% de eficiência potencial. Poupança de 41m³/fogo/ano, ou 101x10⁶ m³/ano.</p>	<p>Sensibilização, informação e educação. Documentação, formação e apoio técnico.</p>	<p>Os custos dependem dos meios mobilizados. Aceitabilidade social média, uma vez que implica alterações de comportamento. Boa viabilidade tecnológica e funcional. Poupa-se até 89 €/fogo/ano, ou 427 x 10⁶€/ano para o país.</p>
<p><i>Ref. 11</i></p> <p>Substituição ou adaptação de autoclismos</p>	<p>Adaptação ou substituição do autoclismo convencional por outro de baixo consumo, com descarga de volume reduzido, descarga de dupla capacidade (6/3 litros) ou descarga controlada pelo utilizador.</p>	<p>Redução do consumo de água e produção de águas residuais.</p>	<p>Irrelevantes</p>	<p>Para uso doméstico estima-se até cerca de 60% de eficiência potencial. Poupança de 28m³/fogo/ano, ou 134x10⁶ m³/ano.</p>	<p>Aplicável ao nível da oferta e da procura. Informação, formação e apoio técnico. Incentivos económicos, financeiros, fiscais, regulamentação técnica, legislação, certificação e homologação.</p>	<p>Aceitabilidade social média, dependente da eficácia de informação e certificação dos modelos. Boa viabilidade tecnológica e funcional. Poupa-se até 54 €/fogo/ano, ou 262 x 10⁶ €/ano para o país.</p>

Quadro II.1 (cont.) - Exemplos de medidas prioritárias para o uso mais eficiente da água (Rossa e Neves, 2002)

Não menos importantes do que estas medidas, são as apresentadas por Pedroso (2009), baseando-se em quatro grandes linhas de orientação:

- medidas de consciencialização e motivação da população;
- medidas de alteração dos níveis de pressão nas redes de distribuição prediais e recurso a dispositivos de utilização mais eficientes;
- aproveitamento de águas pluviais;
- reutilização de algumas águas residuais.

II.2.2. Outras medidas para um uso eficiente da água

À semelhança do que tem sido feito a nível nacional em termos de campanhas de sensibilização nos aspectos relacionados com a reciclagem dos lixos domésticos que, ao que tudo indica, têm vindo a obter um assinalável êxito, também no caso dos níveis de consumo e desperdício de água potável, se sugere a tomada de medidas do mesmo tipo. Segundo Pedroso (2009), para além das campanhas de sensibilização, as quais se deverão basear no incentivo à redução do consumo e do desperdício, deverão ainda ser tomadas medidas de incentivo à instalação de equipamentos que conduzam à redução dos consumos, bem como à introdução de sistemas de aproveitamento das águas pluviais e de reutilização de alguns tipos de águas domésticas. Nestes dois últimos casos será necessário proceder à alteração e introdução de alguns requisitos regulamentares no sentido de tornar viável a criação nos edifícios de sistemas de distribuição de água não potável. Complementarmente, o custo da cubicagem da água potável consumida deveria ser penalizado nos casos em que os consumos verificados ultrapassem os níveis considerados como indispensáveis para uma boa qualidade de vida e de garantia de saúde pública.

Na sua publicação, Pedroso (2009) constatou que uma parte muito significativa das perdas registadas em sistemas prediais de distribuição de água, quer quente, quer fria, fica a dever-se a fugas através dos dispositivos e utilização instalados, por falta de estanquidade nos elementos de obturação. Perante este dado, considerou que este facto deverá constar das campanhas de sensibilização anteriormente referidas, através da enumeração das situações de falhas de estanquidade mais comuns, bem como as formas de as detectar e as medidas que conduzem à sua resolução.

A Tabela II.5 dá uma ideia do volume do desperdício de água por falhas na estanquidade do sistema de obturação de torneiras ou autoclismos.

Tabela II.5 - Perdas de água devido a fugas em torneiras/autoclismos (Pedroso, 2009)

Tipo de fuga	Consumo diário (l)	Consumo mensal (m³)
Gota a gota	67	2
Fio de água de 2 mm	333	10
Fio de água de 6 mm	3 330	1 000

Para ilustrar o que poderá representar em termos de consumo de água o desperdício devido a uma fuga num qualquer dispositivo de utilização, considerando os valores contidos na Tabela II.5, quantifica-se na Tabela II.6 o acréscimo percentual do consumo mensal de um agregado familiar de três pessoas, em cuja habitação existe uma torneira com uma fuga do tipo fio de água de 2 mm (Pedroso, 2009).

Tabela II.6 - Impacte de uma fuga no consumo mensal de água num agregado (Pedroso, 2009)

N.º de pessoas do agregado familiar	Consumo diário por pessoa (l)	Consumo diário devido a perdas por um fio de água de 2 mm (l)	Consumo mensal do agregado familiar (m³)	Consumo mensal devido a perdas (m³)	Acréscimo no consumo devido às perdas (%)
3	80	333	7.2	10	139

Verifica-se assim que, qualquer pequena fuga devida a uma falha na estanquidade num dispositivo de utilização, quando mal obturado, pode ter um impacte significativo no consumo mensal de água potável de um pequeno agregado familiar.

Relativamente ao aproveitamento da água da chuva, este está a ganhar cada vez maior ênfase no panorama mundial de gestão da água, já que constitui um método relativamente simples e eficaz de contrariar a tendência de desperdício e de escassez de água em todo o mundo. O armazenamento da água da chuva e o respectivo

aproveitamento para fins domésticos e sanitários pode, em grande parte dos casos, constituir a solução para a redução do consumo de água potável. Como comprovado anteriormente, 50% dos consumos totais de água numa habitação podem perfeitamente ser obtidos a partir de água não potável: autoclismos, regas e lavagens.

II.3. O papel da ANQIP

A ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais - é uma organização sem fins lucrativos cujo principal objectivo é promover e garantir a qualidade e eficiência nas instalações prediais, particularmente nas redes de abastecimento de água e drenagem de águas residuais.

Não menos importante que o LNEC, esta organização tem, merecidamente, vindo a impor-se no domínio da sustentabilidade e eficiência hídrica em Portugal, com a realização de estudos técnicos e científicos, acções de formação, publicações, normas e regulamentos. Como tal, constituiu até ao momento sete importantes Comissões Técnicas (CT) na área das instalações prediais, e a sua referência não poderia ser esquecida nesta Dissertação, como medida para um uso mais eficiente da água nos edifícios:

- CT 0701: Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios.
- CT 0802: Certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos.
- CT 0901: Combate a incêndios. Meios de segunda intervenção. Concepção e dimensionamento de redes secas e húmidas.
- CT 0902: Concepção e dimensionamento de sistemas de drenagem Sovent.
- CT 0903: Protecção sanitária de redes de águas prediais. Gestão de riscos.
- CT 0904: Sistemas solares de aquecimento de água quente sanitária em edifícios.
- CT 0905: Reutilização e reciclagem de águas cinzentas.

A importância atribuída à ANQIP, desde o início desta Dissertação, levará a que seja a Comissão Técnica 0701 a base para o estudo desenvolvido nos Capítulos IV e V.

CAPÍTULO III - Utilização da água da chuva

O aproveitamento da água da chuva como medida para a sustentabilidade e redução dos níveis de consumo de água potável, constitui o ponto de partida de um estudo que visa determinar a rentabilidade da instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) numa moradia unifamiliar. O objectivo é comparar os encargos em causa com um sistema típico de abastecimento de água (chegada de água potável da rede pública a todos os aparelhos de consumo de água) e com um SAAP (aproveitamento da água da chuva para autoclismos, regas e lavagens gerais).

III.1. A necessidade da recolha de água da chuva

Devido a factores como a poluição das águas superficiais e subterrâneas, bem com a procura crescente dos recursos hídricos devido ao aumento populacional, são inúmeros os efeitos na disponibilidade de água para consumo a nível mundial. Por esta razão têm vindo a adoptar-se alternativas, como o caso da recolha de água da chuva. Desde tempos imemoráveis que se podem encontrar exemplos desta prática em todas as grandes civilizações ao longo da História. A tecnologia associada ao sistema pode ser simples ou complexa, dependendo das circunstâncias específicas dos locais. Por exemplo, no Uganda e no Sri Lanka, a água da chuva é recolhida tradicionalmente a partir das folhas ou caules das árvores, que funcionam como caleiras, permitindo recolher até 200 litros durante uma única chuvada muito forte (Worm e Hattum 2006).

Na Índia existem estruturas de pedra para captação e armazenamento da água da chuva que datam de 3000 a.C. (Mano, 2004). Centenas de anos antes do nascimento de Cristo, a colecta de água da chuva já era uma técnica comum em todo o Mediterrâneo e no Médio Oriente, sendo usada, por exemplo, pelos egípcios, gregos e romanos. A água era recolhida nos telhados e noutras superfícies impermeáveis e armazenada em tanques subterrâneos ou reservatórios enterrados, na forma de cúpulas de alvenaria (Worm e Hattum, 2006). Mano (2004) refere ainda que segundo Ruskin, a cidade de Veneza colectou e armazenou água da chuva em cisternas durante um período superior a 1300 anos. Durante este tempo, a água da chuva foi armazenada em 177 cisternas públicas e 1900 cisternas privadas, que serviram a cidade de água fresca até ao século XVI.

Segundo o mesmo autor, nas Ilhas Virgens (EUA), as cisternas para armazenamento de água da chuva têm sido utilizadas desde a época de colonização e ainda hoje 80% da população é beneficiada, de alguma forma, pela utilização dessa água (residências, escolas, restaurantes ou hotéis).

III.2. Tipos de sistemas para recolha e aproveitamento da água da chuva

Existem diferentes sistemas para captação e armazenamento de águas pluviais, tantos quantas as finalidades deste recurso. A colecta da água da chuva é normalmente categorizada mediante o tipo de superfície de captação e a escala de precipitação, mas qualquer tipo de sistema, por mais rudimentar que seja, exige três componentes essenciais:

1. superfície de retenção ou captação;
2. equipamentos para encaminhamento da água (tubos de queda, caleiras, canais, etc.);
3. reservatório para armazenamento.

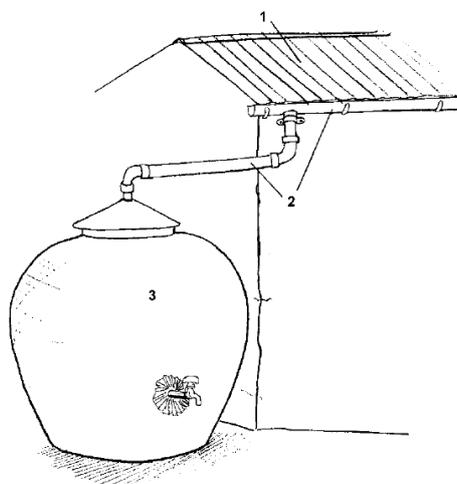


Figura III.1 - Componentes básicos de um sistema de aproveitamento de água da chuva (Worm e Hattum, 2006)

No contexto dos recursos hidrológicos, são demonstrados na Figura III.2 os possíveis trajectos da água da chuva e os seus principais destinos. Conforme a figura, para o uso doméstico e industrial, a captação é feita a partir dos telhados ou pátios. Para a pecuária, pequenas irrigações e alguns tipos de uso industrial, dependendo de certas

especificidades, a água é captada em terrenos pavimentados ou não, e para a agricultura de larga escala, a captação é feita no solo. Desta forma, os sistemas de utilização de água da chuva são, numa primeira fase, ordenados em função da actividade ou destino, já que estão directamente relacionados com o volume da reserva e, consequentemente, com a área de captação. Com excepção de algumas recolhas comunitárias, por exemplo como acontece num complexo de hotéis da ilha de Saint Thomas, nos EUA, que tem um volume de 710 m³, a maior parte da utilização doméstica que se faz da chuva ocorre em moradias particulares (Mano, 2004).

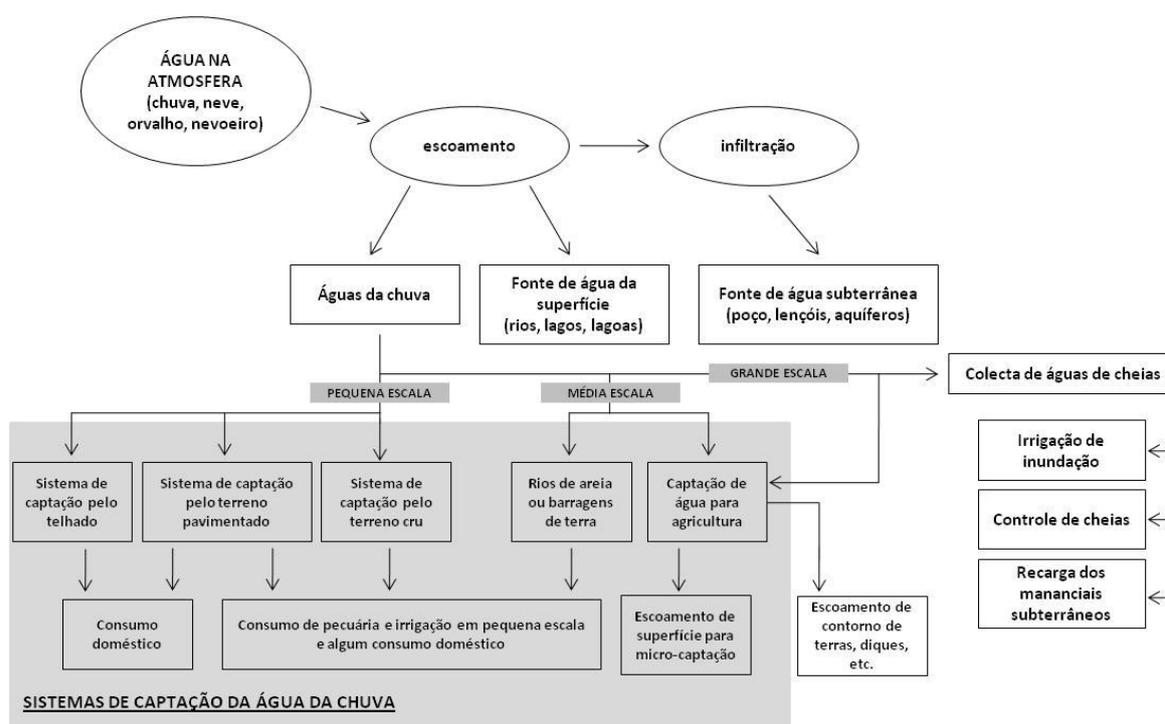


Figura III.2 - A água e o contexto da captação de água pluvial (Adaptado de Mano, 2004)

III.3. Princípios básicos para o aproveitamento da água da chuva

III.3.1. Componentes básicas de um sistema de aproveitamento

Como já referido, um sistema de aproveitamento de águas pluviais assenta sobre os princípios fundamentais de captura, escoamento e armazenamento de água para diferentes fins, como a rega, consumos domésticos ou mitigação de cheias. Para fins residenciais ou aplicações de pequena escala, o aproveitamento de água da chuva pode ser tão simples como encaminhar essa água através de caloiras e outros acessórios de

drenagem até um recipiente para armazenagem. Segundo o Texas Water Development Board (2005), os sistemas de aproveitamento de águas pluviais utilizados em habitações típicas compreendem seis componentes básicos:

- superfície de captura: superfície onde é feita a colheita da água;
- caleiras e tubos de queda: todos os meios para encaminhamento da água recolhida nas superfícies de captura até aos reservatórios de armazenagem;
- primeira filtragem: componentes que filtram e removem restos de partículas presentes na água da chuva, antes de ser encaminhada para os reservatórios;
- um ou mais reservatórios de armazenagem;
- tratamento e purificação: filtros e outros meios para purificar a água, assegurando que é própria para consumo;
- sistema de abastecimento: fornecimento da água armazenada às peças a que se destina, por gravidade ou bombagem.

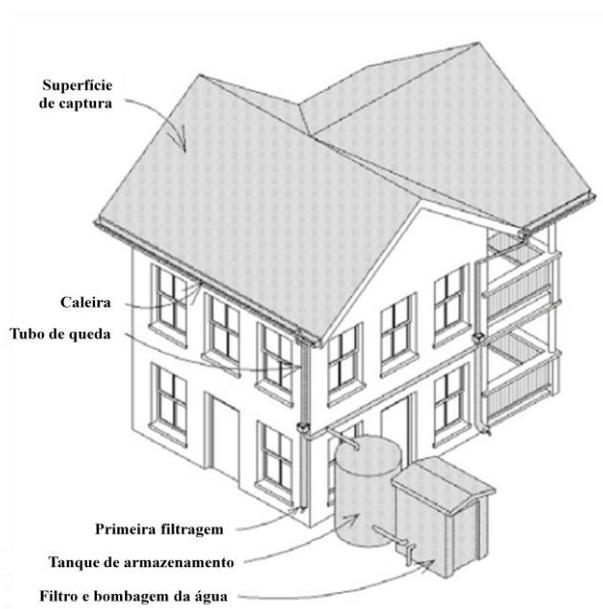


Figura III.3 - Componentes de um sistema doméstico de aproveitamento de águas pluviais
(Adaptado do Texas Water Development Board, 2005)

III.3.1.1. Superfície de captura

Independentemente da sua configuração (Figuras III.3 e III.4), o telhado de uma habitação é a primeira escolha como superfície para a captura de água da chuva. A qualidade da água proveniente das diferentes superfícies de captação depende do tipo de material com os quais os telhados são revestidos, condições climáticas e o ambiente

envolvente. O Texas Water Development Board (2005) acrescenta, além da qualidade, uma preocupação com a quantidade de água recolhida, ao afirmar que o rendimento na colecta da água depende da textura do revestimento da cobertura. Worm e Hattum (2006) introduzem inclusivamente o conceito de coeficiente de escoamento, que traduz a razão entre o volume de água possível de recolher numa determinada superfície e o volume total precipitado nessa superfície. Um coeficiente de 0.9 significa que é possível recolher 90% da precipitação, pelo que um coeficiente de precipitação próximo de 1.0 traduz a possibilidade de recolher até 100% do volume de água precipitado.

Tabela III.1 - Coeficiente de escoamento para materiais tradicionais de cobertura de telhado
(Worm e Hattum, 2006)

Tipo	Coeficiente de escoamento
Chapas de ferro galvanizado	> 0.9
Telha cerâmica vidrada	0.6 - 0.9
Chapa de alumínio	0.8 - 0.9
Cobertura plana de betão	0.6 - 0.7
Orgânico (cobertura vegetal, palha)	0.2

Um telhado mais limpo e liso contribui, portanto, para a melhoria da qualidade e aumento da quantidade de água recolhida. A chave para a escolha de materiais a implementar no revestimento de coberturas, é seleccionar aqueles que não libertem toxinas para a água, nem abaixo nem acima das condições ideais de acidez da água da chuva. Os materiais devem ser, além de não-tóxicos, inertes. Ruskin, em Mano (2004), recomenda alguns materiais para a execução de coberturas, mais adequados para a captação de água da chuva, em função não só da qualidade da água como do rendimento da recolha:

- aço galvanizado corrugado;
- chapas de plástico ondulado;
- chapas em ligas de alumínio;
- telha cerâmica;
- telha em fibra de vidro.

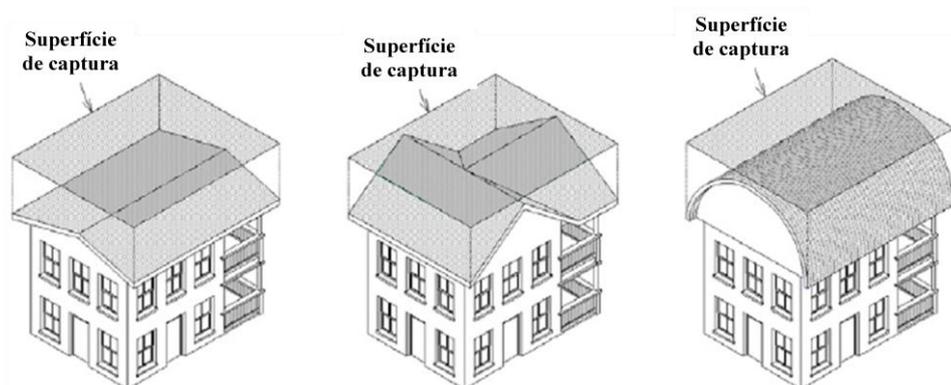


Figura III.4 - Áreas dos planos horizontais de diferentes tipos de superfície para recolha de água da chuva (Adaptado do Texas Water Development Board, 2005)

III.3.1.2. Caleiras e tubos de queda

O sistema de distribuição a partir da captação no telhado é composto, normalmente, por caleiras instaladas nas suas pendentes (Figura III.5), em direcção aos tubos de queda que transportam a água até ao reservatório de armazenagem. Para uma eficaz operacionalidade do sistema de distribuição, é crucial que todos os seus componentes sejam bem calculados e instalados, já que muitas vezes as caleiras são o elo mais fraco de um sistema de recolha de águas pluviais. No caso do sistema de caleiras e tubos de queda ser bem concebido e mantido, é possível que até 90% da água da chuva recolhida no telhado seja drenada até ao reservatório de armazenagem (Worm e Hattum, 2006). Os materiais normalmente utilizados para o sistema de drenagem são o PVC, alumínio e aço galvanizado, sendo o alumínio o mais dispendioso (Worm e Hattum, 2006). Se na concepção do sistema de aproveitamento de água da chuva for previsto o abastecimento de água a todas as peças sanitárias (em detrimento de se utilizar a água da chuva apenas para recarga de autoclismos), deverá ter-se em consideração a não utilização do chumbo como elemento para soldar as caleiras. O teor ácido que a água da chuva por vezes adquire, em contacto com o chumbo, resultará numa água para consumo contaminada, imprópria para consumo.

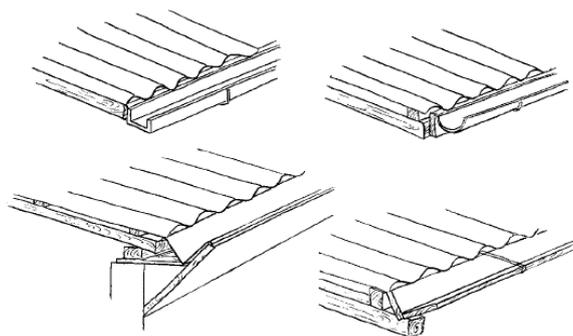


Figura III.5 - Diferentes tipos de caldeiras: quadradas, redondas e em forma de V (Worm e Hattum, 2006)

Como já referido, uma construção adequada das caldeiras é fulcral para evitar perdas de água (Figura III.6). As caldeiras devem ter uma inclinação uniforme de modo a proporcionar um escoamento lento.



Figura III.6 - Principais problemas na construção de caldeiras (Worm e Hattum, 2006)

É comum implementar-se, tanto nas caldeiras como nos tubos de queda, equipamentos que impeçam a passagem para o reservatório de materiais sólidos e impurezas. Ao nível das caldeiras, a inclusão de calhas perfuradas (Figura III.7) permite a filtragem desses resíduos, mas implica uma manutenção periódica para evitar a possibilidade de entupimento por acumulação de sujidade.



Figura III.7 - Calha perfurada no topo da caldeira para reter poluentes maiores (Mano, 2004)

Ruskin, em Mano (2004), considera que se a calha for colocada com a mesma inclinação do telhado, as folhas e outros resíduos são arrastados para fora da calha (e, portanto, da caleira), indo parar ao chão, onde podem ser facilmente recolhidas. Contudo, outro problema não menos importante, são os resíduos mais pequenos que passam através da calha, que se diluem na água, ou mesmo pequenos insectos. Existem sistemas de primeira filtragem, que descartam as primeiras águas da chuva recolhidas no telhado. Estas águas lavam os telhados e uma vez que se traduzem no primeiro fluxo de água da chuva, possuem maiores níveis de contaminação.

III.3.1.3. Primeira filtragem

Para remover resíduos depositados nos telhados e assegurar uma água da chuva com qualidade, tanto para consumo humano como para uso em descargas de autoclismos, lavagens ou regas, é necessário um determinado sistema, mais ou menos complexo, que permita essa filtragem. O Texas Water Development Board (1997), em Mano (2004), apresenta como um dos mais simples meios para filtragem das primeiras águas da chuva recolhidas nos telhados, um sistema constituído por uma ligação em “T” feita directamente na caleira ou num tubo de queda que seja fechado em baixo, como se exemplifica na Figura III.8.

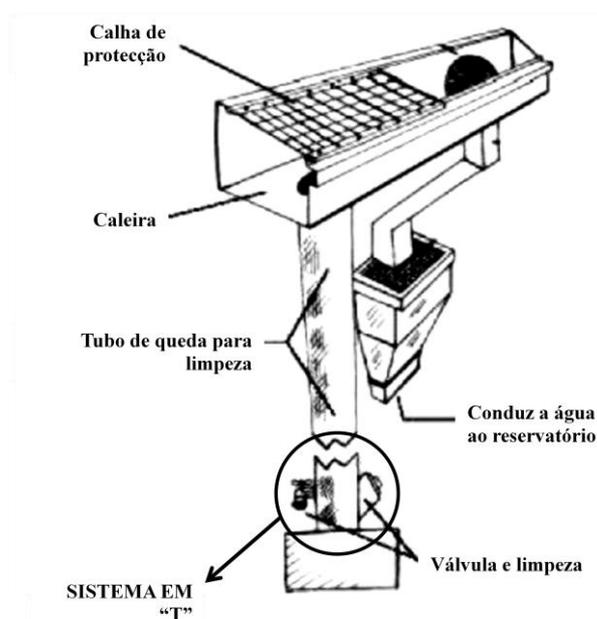


Figura III.8 - Válvula para controlo e limpeza do sistema de lavagem (Adaptado de Worm e Hattum, 2006)

Na extremidade inferior do tubo, um pequeno orifício (“limpeza”) garante o esvaziamento do sistema no período seco, deixando operável para a próxima chuvada. O sistema de esvaziamento pode também acontecer através de uma válvula operável manualmente. Este sistema simples faz também parte do Texas Manual on Rainwater Harvesting (2005), que o denomina como “standpipe: first-flush diverter”.

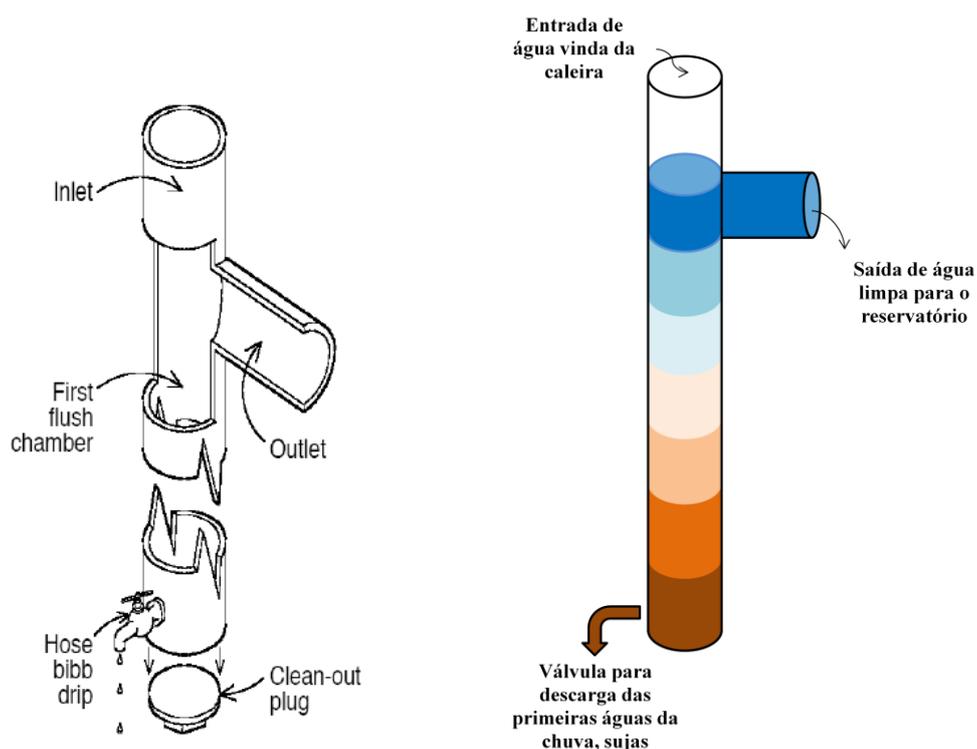


Figura III.9 - “Standpipe: first-flush diverter” (Adaptado do Texas Water Development Board, 2005)

Nos sistemas de filtragem “standpipe: first-flush diverter”, as primeiras águas (aquelas que contêm mais sujeira e impurezas) ficam retidas no tubo de queda de limpeza até ser atingido o seu nível máximo. Quando atingido este nível, toda a água precipitada, já livre de grande parte das impurezas e resíduos, é obrigatoriamente encaminhada para o tubo de queda que a conduzirá ao reservatório. Os tubos de queda de limpeza devem ser limpos depois de cada chuvada (Texas Water Development Board, 2005). Segundo a bibliografia, os sistemas mais complexos de filtragem das primeiras águas são do tipo “standpipe with ball valve: first-flush diverter”, cujo sistema inclui uma esfera flutuante que acompanha o nível da água no tubo de queda de limpeza (Figuras III.10 e III.11).

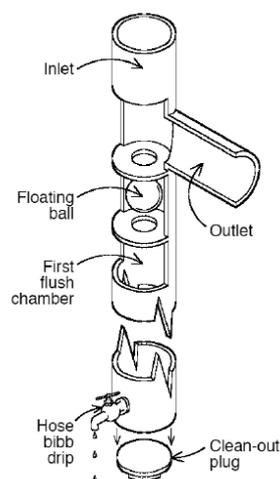


Figura III.10 - “Standpipe with ball valve: first-flush diverter” (Texas Water Development Board, 2005)

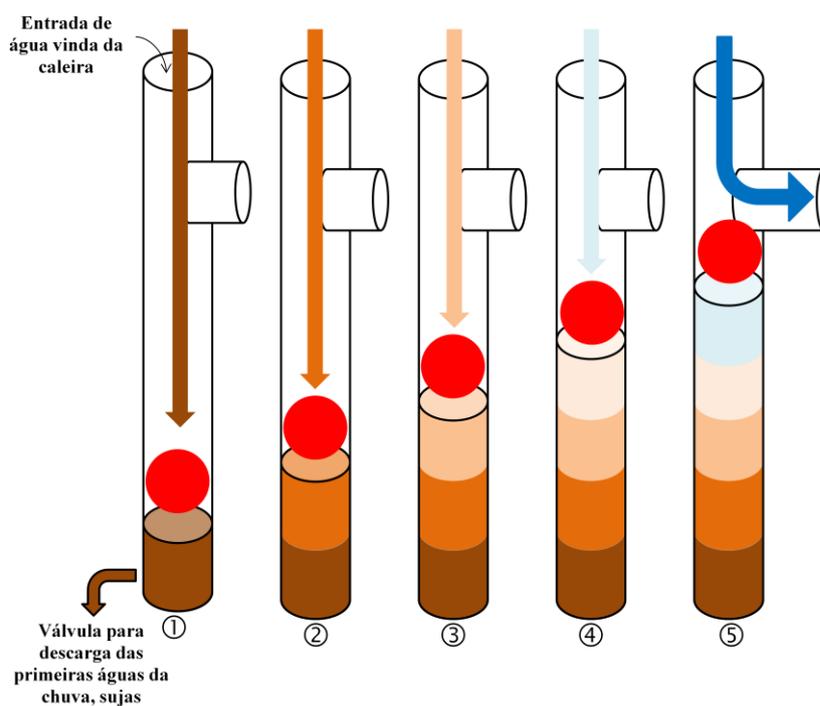


Figura III.11 - Princípio de funcionamento de um sistema de filtragem do tipo “Standpipe with ball valve” (Adaptado do Texas Water Development Board, 2005)

A vantagem dos sistemas de filtragem com esfera flutuante é a utilização PVC transparente, a partir do qual é possível ver o nível da esfera (Figura III.12).



Figura III.12 - Tubo de queda de limpeza de um sistema de primeira filtração do tipo “válvula flutuante”

Com os sistemas de filtração, as primeiras águas da chuva são rejeitadas, e apenas são encaminhadas para os reservatórios as águas mais limpas. Ainda assim, imediatamente antes da entrada para o tanque de armazenagem, a água da chuva passa por uma caixa de limpeza denominada *box roof washer* (Texas Water Development Board, 2005).

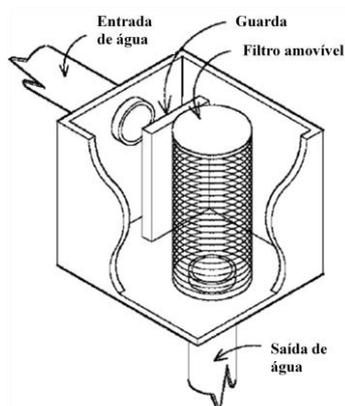


Figura III.13 - “Box roof washer” (Adaptado do Texas Water Development Board, 2005)

III.3.1.4. Reservatórios de armazenamento

Uma escolha correcta do local, dos materiais e das dimensões do reservatório para armazenamento da água da chuva é determinante para a eficácia do sistema, e pode definir a sua viabilidade já que este equipamento é o mais caro num sistema de aproveitamento de águas pluviais. Enquanto a cobertura do edifício é um custo assumido na maioria dos projectos, o reservatório representa o investimento mais

significativo. Não obstante questões técnicas e económicas, as dimensões dos reservatórios são ditadas pelas seguintes variáveis, de acordo com o Texas Water Development Board (2005):

- a precipitação média no local;
- a área da superfície de captura;
- estética;
- preferências pessoais;
- orçamento.

Os reservatórios podem ter três tipos de localização - enterrados, assentes no solo ou elevados - em função das características locais (tipo de terreno e disponibilidade física) e especificidades de uso. Independentemente da localização, os reservatórios devem ser, tanto quanto possível, protegidos da incidência directa do sol, que pode aquecer a água e estimular o crescimento de algas, afectando a qualidade da água. O reservatório elevado dispensa, à partida, a utilização de bombeamento para abastecimento, mas exige, porém, uma estrutura de suporte. A sua altura deve ser tal que o seu enchimento seja física e tecnicamente viável e possível. Além disso, representa uma mais-valia em termos económicos já que os custos de escavações são evitados. Os reservatórios superficiais e enterrados não necessitam de tal estrutura, mas o abastecimento requer o bombeamento e o acesso ao interior, para limpeza e manutenção.

Em Portugal, não existem regulamentos específicos relativos a sistemas de aproveitamento de água da chuva. Nos Estados Unidos da América, no Estado do Texas, para assegurar a confiança da fonte de água, sugere-se que os reservatórios de armazenamento se situem pelo menos a 15 m da possível fonte de poluição, como por exemplo de estábulos de animais, de latrinas, ou caso o reservatório se localize abaixo do terreno, de fossas sépticas (Texas Water Development Board, 2005).

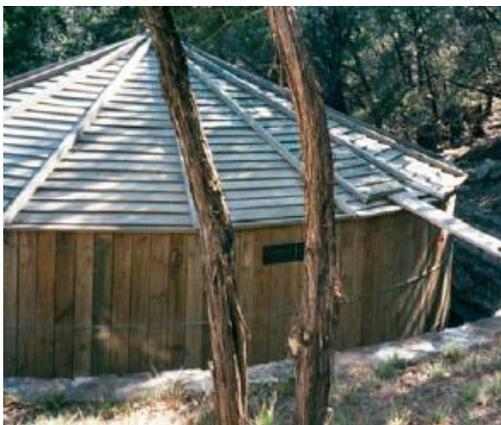
No Quadro III.1 são apresentadas as vantagens e desvantagens de reservatórios enterrados e superficiais (elevados ou não).

Tipos de reservatório	Vantagens	Desvantagens
Superficiais ou Elevados	Fácil acesso para manutenção	Normalmente mais caros
	Maior variedade de materiais e opções tecnológicas	Requerem espaço para implantação
	Fácil construção em materiais tradicionais	Mais facilmente danificável, pelo que erros humanos são potencialmente mais perigosos
	Permite o abastecimento por gravidade, se for elevado do solo	Mais sujeito à acção do clima
Enterrados	Normalmente de custo mais baixo	A extracção de água é mais problemática, requerendo quase sempre o bombeamento
	Requer pouco ou nenhum espaço livre acima do solo	Danos físicos no reservatório são mais dificilmente detectáveis
	Permite menor espessura das paredes já que o solo auxilia a estrutura	Raízes de árvores podem danificar o reservatório, bem como de veículos que transitem por cima
		Maior risco de queda no reservatório por parte de crianças e animais

Quadro III.1 - Vantagens e desvantagens dos reservatórios enterrados e superficiais (Worm e Hattum, 2006)

Relativamente aos materiais utilizados, estes têm que resistir à pressão do terreno e da água no solo, no caso de serem enterrados, em especial quando o reservatório se encontra vazio. Por outro lado, as pressões verticais exercidas por veículos, pessoas e outras cargas importantes têm também de ser tidas em consideração. As raízes das árvores podem também danificar a estrutura quando a instalação do reservatório é feita abaixo do solo. Os reservatórios para armazenamento de água podem ser fabricados em qualquer material, desde que seja impermeável e resista à pressão da água e do solo, e que não seja tóxico. A cobertura deve ser estanque para prevenir a evaporação, e para preservar o reservatório da entrada de insectos, pássaros, lagartos, rãs, roedores e impurezas. No fundo dos reservatórios deve ser previsto um compartimento para deposição de partículas. Em reservatórios que não sejam de plásticos, deve ser instalada na face interior uma película de plástico, impermeável, que ficará em contacto com a água, em vez do material com que é feito o próprio reservatório (Worm e Hattum,

2006). Apresentam-se, de seguida, os materiais mais comuns utilizados no fabrico de reservatórios para armazenamento de água da chuva.

 <p>Reservatórios em fibra de vidro</p>	 <p>Reservatórios em polietileno</p>
 <p>Reservatório em madeira</p>	 <p>Reservatório em aço galvanizado</p>
 <p>Reservatório em betão armado</p>	 <p>Reservatório em ferrocimento</p>

Quadro III.2 - Principais materiais utilizados para a construção de reservatórios (Adaptado do Texas Water Development Board, 2005)

A decisão entre os diversos tipos de reservatórios é influenciada não só por uma série de características técnicas como também económicas. Em seguida, faz-se uma descrição dos principais materiais encontrados na bibliografia.

Material do reservatório	Características
Fibra de vidro	<ul style="list-style-type: none"> - é um dos materiais mais utilizados em instalações de reservatórios; - os reservatórios são leves; - o seu custo é razoável; - têm elevada durabilidade; - estão disponíveis numa vasta gama de dimensões; - são fáceis de transportar; - podem ser adequados para armazenamento de água destinada a fins potáveis.
Polietileno	<ul style="list-style-type: none"> - podem ser construídos quer acima, quer abaixo do solo; - têm uma durabilidade ligeiramente superior do que os de fibra de vidro; - o seu baixo peso possibilita que sejam fáceis de transportar; - a sua superfície interior lisa facilita as operações de limpeza.
Aço galvanizado	<ul style="list-style-type: none"> - é o material mais utilizado para fabrico de reservatórios de água da chuva na Austrália (Guidance on the use of rainwater tanks, Austrália, 1998).
Betão armado	<ul style="list-style-type: none"> - podem ser construídos acima ou abaixo do solo, habitualmente construídos <i>in situ</i> e por esta razão podem ser projectados para satisfazer as exigências particulares de cada local específico; - são robustos e de longa duração, mas susceptíveis de fissurar, podendo ocorrer perdas de água; - devem ser controlados periodicamente, principalmente nos reservatórios enterrados e em terrenos argilosos, uma vez que a expansão e a contracção do terreno pode originar uma tensão extra no reservatório.
Ferrocimento*	<ul style="list-style-type: none"> - embora seja um material de construção predominantemente utilizado <i>in situ</i>, existem comercialmente disponíveis reservatórios pré-fabricados deste tipo; - este material é empregue em projectos de baixo custo, uma vez que permite tirar partido de mão-de-obra não qualificada e de materiais abundantes e de baixo custo, tais como aço, arame de galinheiro, cimento e areia.

*A designação *ferrocimento* é utilizada para descrever um material compósito de baixo custo, constituído por aço e argamassa de cimento.

Quadro III.3 - Características dos principais materiais utilizados no fabrico de reservatórios
(Bertolo, 2006)

III.3.1.5. Tratamento e purificação da água da chuva

Os reservatórios devem ser examinados com uma frequência de 2 a 3 anos, no que diz respeito aos sedimentos que, por força da decantação, ficam acumulados na sua base, ou sempre que sejam visíveis na água (Bertolo, 2006). Esses sedimentos, tradicionalmente designados por “lamas”, podem ser favoráveis à sobrevivência e desenvolvimento de micro-organismos que afectam a qualidade da água. Segundo o Texas Water Development Board (2005), dois métodos podem ser utilizados no processo de tratamento da água da chuva: a filtração e desinfecção. Estes métodos devem ser realizados antes da distribuição da água da chuva do reservatório para os pontos de abastecimento, e nunca durante o abastecimento. De notar que estes tratamentos são já feitos no interior do reservatório, após a água da chuva ter passado por uma primeira filtração, na *box roof washer*, imediatamente antes da sua entrada para o reservatório.

A filtração consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais e de micro-organismos presentes na água através da sua passagem por um meio poroso. A desinfecção é necessária porque não é possível assegurar a remoção total dos micro-organismos pelos processos físico-químicos, normalmente utilizados no tratamento da água. Estes dois processos são conseguidos através de filtros, utilização de cloro, radiações ultra-violeta e injeções de ozono.

Tordo (2004) faz referência na sua Dissertação a um estudo desenvolvido por Cipriano, na Universidade do Blumenau, Brasil, que consiste num sistema piloto de tratamento e desinfecção da água da chuva (Figura III.14). O filtro lento de areia pretende apresentar as seguintes vantagens do sistema:

- operação simples;
- custo operacional baixo;
- boa eficiência na remoção de micro-organismos patogénicos;
- boa eficiência para águas pouco turvas.

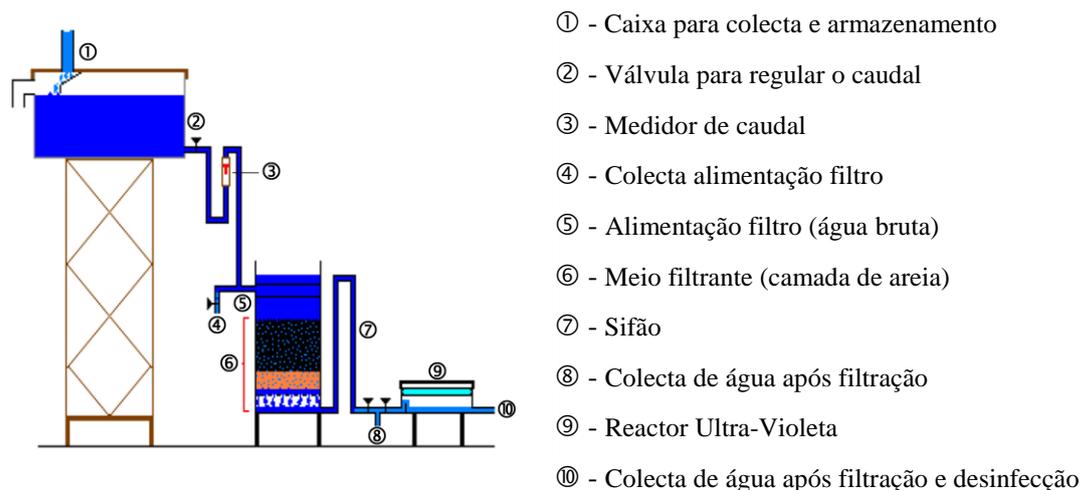


Figura III.14 - Representação esquemática da estação piloto de tratamento de água da chuva
(adaptado de Tordo, 2004)

A água colectada é conduzida para o reservatório (1). Daqui, segue para um filtro lento de areia (6), após passar por um medidor de caudal (3). Depois de passar pelo filtro de areia, a água é desinfectada num reator de radiação ultra-violeta, com comprimento de onda de 254nm (9). Para ser possível alcançar a potabilidade da água recolhida, o sistema de tratamento torna-se mais complexo, exigindo uma forma de filtragem mais rigorosa, que elimine contaminantes e elementos patogénicos.

Outro exemplo refere-se à desinfecção da água da chuva com cloro que é feita, genericamente, com sistemas automáticos de doseamento, gota a gota. Uma bomba de cloro injecta o produto no reservatório de água, à medida que o consumo vai sendo feito. Nestes sistemas, o *timing* com que o doseamento é feito, é crucial para a eficácia na desinfecção da água. Segundo o Texas Water Development Board (2005), a injeção de cloro no reservatório deve ser feita entre cada 2 a 5 minutos, numa concentração de 1ppm. O espaço de tempo a impor é ditado pelo pH da água, temperatura e quantidade de sedimentos/micro-organismos. O número de vezes de contacto do cloro com a água aumenta com o pH e diminui com a temperatura. A Tabela III.2 apresenta os tempos de contacto do cloro com a água, em minutos, em função da temperatura e do pH da água.

Tabela III.2 - Tempo de contacto, em minutos, do cloro com a água, em função da temperatura e do pH (Mano, 2004)

pH da água	Temperatura da água		
	≥ 10 °C	7.22 °C	≤ 4.44 °C
6.0	3	4	5
6.5	4	5	6
7.0	8	10	12
7.5	12	15	18
8.0	16	20	24

O uso da radiação ultra-violeta tem por finalidade a destruição de micro-organismos patogénicos presentes na água (bactérias, protozoários, vírus, etc.). A desinfecção por raios ultra-violeta é eficiente em águas mais claras e pouco turvas, pois a penetração da luz nesse meio é importante.

Relativamente ao ozono (O₃), este actua como um poderoso agente oxidante para eliminar a cor e odores desagradáveis e reduzir a matéria orgânica carbónica na água. No tratamento de água por este meio, um gerador de ozono força-o a entrar no tanque de armazenamento e, como é um elemento instável, reage rapidamente até voltar à forma de oxigénio (O₂). Segundo o Texas Water Development Board (2005), em Fort Worth, no Texas, um sistema de aproveitamento de água da chuva utiliza um gerador de ozono para manter nos seus 95 m³ “frescos”, através da circulação de ozono nos seus cinco tanques durante a noite.

Nas situações em que a limpeza obrigue a aceder ao interior do reservatório, deve assegurar-se a sua ventilação adequada e é necessário prever uma pessoa suplementar para eventual assistência. É importante supervisionar o estado estrutural do reservatório antes de escolher um método de tratamento/limpeza. Os métodos de limpeza mais severos podem acelerar a deterioração. No caso da água potável não devem ser utilizados agentes de limpeza, visto que podem lançar vapores perigosos que podem afectar a qualidade da mesma. Após a limpeza é recomendável que o reservatório seja enxaguado com água limpa, a qual deve ser rejeitada (Bertolo, 2006).

III.3.1.6. Sistema de abastecimento

Para o culminar de toda a logística descrita atrás, desde captar a água da chuva até ao seu uso nos diversos dispositivos, é necessário retirar a água do reservatório para poder utilizá-la, o que só é possível com um dispositivo de extracção. De um modo geral utilizam-se bombas para extracção da água dos tanques, (enterrados ou não), pois é necessário forçar a água a chegar aos dispositivos onde está prevista. Para utilizações mais simples (por exemplo, fornecimento de água a um tanque ou uma torneira de serviço perto do reservatório), é comum utilizarem-se simples torneiras incorporadas nos próprios reservatórios. Estas torneiras devem operar em perfeitas condições e ser bem mantidas, pelo que uma torneira mal vedada e que goteje pode resultar na perda de milhares de litros de água recolhida. As torneiras são construídas, geralmente, na parede do reservatório (incorporadas) e só se pode retirar a água que fica armazenada acima do nível da torneira. A armazenagem abaixo deste nível é denominada “armazenagem morta” (Figura III.15). Para efeitos de limpeza, emergência ou para utilizações de água não potável, pode ser útil dispor de (mais) um dispositivo de extracção no fundo do tanque. Para se evitar a “armazenagem morta” na parte inferior dos reservatórios, podem colocar-se as torneiras junto à sua base. Em especial nos tanques superficiais é ainda necessário prever-se uma torneira que possibilite a fuga do excesso de água, localizada no topo do reservatório, do tipo “by-pass”. Esta torneira permite que a água armazenada em excesso saia para fora do reservatório quando este atinge a capacidade máxima. É útil dirigir-se esta água para uma horta ou jardim, ou então para uma área que se encontre suficientemente afastada das fundações do reservatório, do próprio edifício ou de outras estruturas.

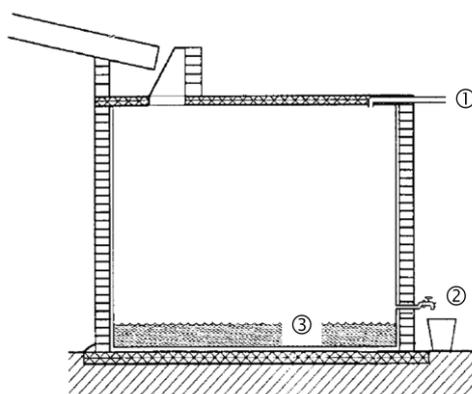


Figura III.15 - Dispositivo para descarga excedente do reservatório (1); Torneira (2); Armazenagem morta (3) (Worm e Hattum, 2006)

III.3.2. Cálculo da capacidade do reservatório

A determinação da capacidade do reservatório para armazenamento da água da chuva é determinante para a eficácia do sistema, e pode definir a sua viabilidade já que este equipamento representa o investimento mais significativo num sistema de aproveitamento de águas pluviais. Segundo Bertolo (2006), os factores que determinam o dimensionamento dos reservatórios são:

- precipitação média no local;
- consumo de água nos edifícios;
- dimensões da superfície de captação;
- coeficiente de escoamento.

III.3.2.1. Precipitação média no local

Citando a bibliografia constante em Bertolo (2006), na determinação clássica das dimensões dos reservatórios é utilizada uma série histórica de precipitações mensais o mais longa possível. As precipitações transformam-se em caudais que são conduzidos até ao reservatório.

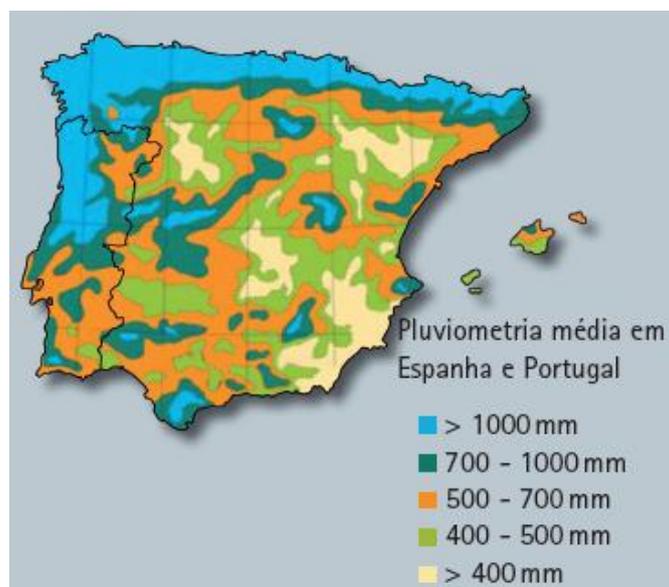


Figura III.16 - Pluviometria média em Portugal e Espanha (Manual técnico da GRAF, 2009)

III.3.2.2. Consumo de água nos edifícios

O consumo de água, tendo em conta o volume a disponibilizar nos reservatórios de acumulação a considerar para fins sanitários e/ou alimentares, será função do tipo de edifício (residencial, hoteleiro, escolar, etc.), bem como das características de consumo das próprias populações, sejam elas grandes ou pequenos aglomerados populacionais. Na Tabela III.3 são apresentados valores de consumos mínimos considerados pela bibliografia, em função dos aglomerados populacionais, para os casos de consumos domésticos, e em função do tipo de edifícios, para outras situações.

Tabela III.3 - Consumo de água nos diferentes tipos de edifícios (Pedroso, 2007)

Tipos de consumo	Volume (l)	População (n.º de habitantes)
Domésticos	80/habitante . dia	1000
	100/habitante . dia	1000 a 2000
	125/habitante . dia	10000 a 20000
	150/habitante . dia	20000 a 50000
	175/habitante . dia	> 50000
Hospitais	300 a 400/cama . dia	-
Hotéis	70/quarto s/banheira	-
	230/quarto	-
Escritórios	15/pessoa . dia	-
Restaurantes	20 a 45/pessoa . dia	-
Escolas	10/aluno . dia	-

A Tabela III.4 apresenta a repartição dos consumos médios diários de uma habitação unifamiliar, por cada habitante.

Tabela III.4 - Repartição dos consumos médios diários (Vieira, 2002)

Aparelhos / utilizações	Consumos numa habitação unifamiliar (l/hab.dia)
Lava-loiça (cozinha + limpezas)	15 (10.0%)
Máquina de lavar loiça	4 (2.7%)
Máquina de lavar roupa	10 (6.7%)
Duche	45 (30.0%)
Lavatório + bidé	16 (10.7%)
Autoclismo	30 (20.0%)
Rega de jardim	28 (18.7%)
Lavagem de automóvel	2 (1.3%)
TOTAL / dia	150

III.3.2.3. Dimensões da superfície de captação

A superfície de recolha da água da chuva é, tradicionalmente, o telhado da habitação ou do edifício em questão. A quantidade de água a chuva colectada é determinada pela projecção horizontal do telhado, conforme a Figura III.4 do ponto III.3.1.1 sugere. É a área dessa projecção horizontal de telhado que ditará a quantidade de água da chuva colectada. Os telhados podem ser construídos em vários materiais conforme já descrito, sendo que a quantidade e qualidade da água recolhida dependem directamente das escolhas que se fazem. Um telhado mais limpo e liso contribui, portanto, para a melhoria da qualidade e aumento da quantidade de água recolhida.

III.3.2.4. Coeficiente de escoamento

De acordo com o Artigo 129.º do Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto-Regulamentar n.º 23/95), o coeficiente de escoamento é a razão entre a precipitação útil (isto é, aquela que dá origem a escoamento na rede) e a precipitação efectiva (ou seja, aquela que cai dentro da bacia). O coeficiente de escoamento depende da evaporação e do tipo de superfície de escoamento. A legislação atribui o valor de 1 (um) para o coeficiente de escoamento de coberturas de edifícios. Contudo, o volume da água da chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o que cai sob a forma de precipitação, pelo que,

segundo Tomaz, em Bertolo (2006), são estimadas perdas que podem ir dos 10% aos 33% do volume que precipita. Além do coeficiente de escoamento, muitos autores incluem na sua bibliografia o conceito de coeficiente de *Runoff*, que traduz as perdas de água por evaporação ou na limpeza do telhado (Mano, 2004 e Texas Water Development Board, 2005). É importante salientar que o coeficiente de *Runoff* nada tem a ver com o coeficiente de escoamento. Em seguida, apresenta-se um resumo dos vários valores de coeficientes de *Runoff* que constam na bibliografia da especialidade.

Tabela III.5 - Coeficientes de *Runoff* adotado por Hofkes e Frasier (Bertolo, 2006)

Material	Coeficiente de <i>Runoff</i>
Telhas cerâmicas	0.8 a 0.9
Telhas corrugadas de metal	0.7 a 0.9

Tabela III.6 - Coeficientes de *Runoff* adotado por Tucson e Phoenix (Bertolo, 2006)

Material	Coeficiente de <i>Runoff</i>
Telhado: metal, cascalho, asfalto, fibra de vidro	0.90 a 0.95
Pavimento: betão, asfalto	0.90 a 1.00
Solo: com vegetação	0.20 a 0.75

Tabela III.7 - Coeficientes de *Runoff* adotado por Wilken (Bertolo, 2006)

Superfície	Coeficiente de <i>Runoff</i>
Telhados	0.70 a 0.95
Pavimentos	0.40 a 0.90
Vias e passeios em calçada	0.15 a 0.30
Quintas e lotes vazios	0.10 a 0.30
Parques e jardins	0.00 a 0.25

Segundo Arnold Pacey e Adrian Cullis, no seu livro *Rainwater Harvesting*, o coeficiente de *Runoff*, em situações correntes, assume o valor de 0.80 (Bertolo, 2006).

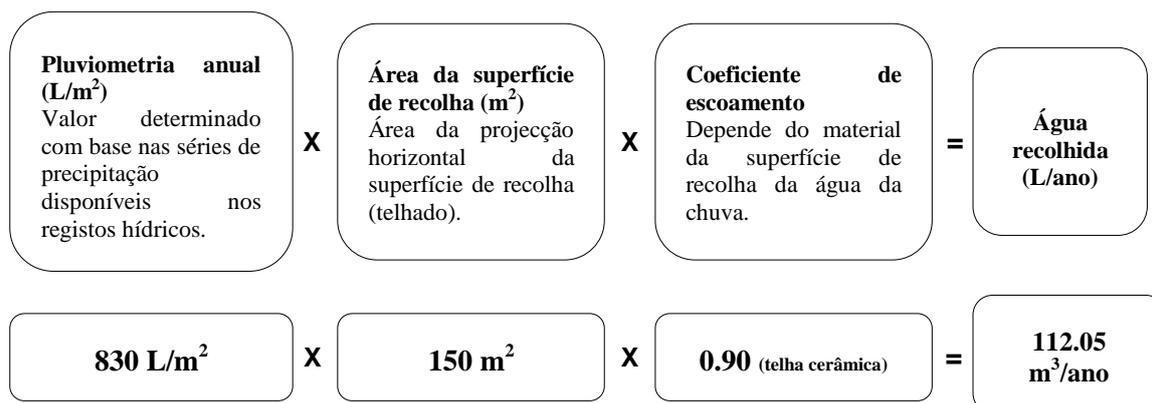
III.3.2.5. Cálculo expedito da capacidade de um reservatório

Atendendo à metodologia constante no manual técnico de um fabricante internacional de sistemas de aproveitamento de água da chuva (GRAF), a mesma usada pela ANQIP, o volume de um reservatório é facilmente determinado através do conhecimento de duas das variáveis atrás mencionadas:

1. água possível de se recolher (em função da precipitação média no local);
2. água necessária (estimativa dos consumos).

Considera-se, para este exemplo, que a água da chuva recolhida apenas será utilizada para descargas de autoclismos, lavagem da roupa, limpezas gerais e rega. Assim, atenda-se ao esquema ilustrativo apresentado de seguida.

1. Água possível de recolher



2. Água necessária (estimativa dos consumos)

Segundo Neves, em Pedroso (2009), a distribuição do consumo de água por cada habitante em Portugal é feita da seguinte forma:

- sanitas: 60 l/hab/dia (dos quais 45 l/hab/dia são utilizados em casa)
- banho: 40 l/hab/dia
- lavagem de roupa: 16 l/hab/dia
- lavagem de loiça: 8 l/hab/dia
- limpezas: 6 l/hab/dia
- outros: 6 l/hab/dia

Considerando que a água da chuva apenas abastecerá descargas de autoclismos, lavagem da roupa, limpezas gerais e rega, tem-se:

- sanitas: 16.4 m³/hab/ano
- lavagem de roupa: 5.8 m³/hab/dia
- limpezas: 2.2 m³/hab/dia
- outros: 2.2 m³/hab/dia

O somatório das utilizações leva a um valor de 26.6 m³/hab/ano. Se for considerada uma família típica de 4 pessoas, os consumos anuais serão de 106.4 m³/ano/família.

Capacidade do reservatório

A capacidade do reservatório será dada pela média entre a quantidade de água que se pode recolher (adiante designada por V_a) e a quantidade de água que na verdade é necessária (adiante designada por C_e), tendo também em consideração um período de reserva que não deve ultrapassar os 30 dias. O período de reserva é o tempo em que se terá água disponível sem que chova.

$$\frac{112.05 + 106.40}{2} \times \frac{\text{Período de reserva}}{365 \text{ dias}} = \text{Capacidade do reservatório, em m}^3$$

$$\frac{112.05 + 106.40}{2} \times \frac{30}{365} = 9.00 \text{ m}^3 \text{ de capacidade}$$

De acordo com os modelos e volumes de reservatórios disponíveis pelo fabricante, optar-se-ia pelo modelo de 9600 litros.



Figura III.17 - Imagem virtual do reservatório (Manual técnico da GRAF, 2009)

III.4. Vantagens e inconvenientes do aproveitamento de água da chuva

Quando colocados com a possibilidade de utilizar sistemas de aproveitamento de água pluvial para abastecimento doméstico, é importante ter em conta tanto as vantagens como os inconvenientes, e compará-los com outras opções disponíveis. Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são uma opção popular para os agregados familiares, uma vez que a fonte de água se encontra perto, é um recurso que apela à sustentabilidade e requer o mínimo de energia para a colectar.

A água da chuva é, na sua origem, uma fonte de água pura. É natural que a sua qualidade seja superior à qualidade das águas superficiais e subterrâneas, já que não chega a entrar em contacto com o solo nem com rochas, não havendo, por isso, a dissolução em sais e minerais. Além disto, uma razão ainda mais óbvia é que a água da chuva, recolhida quase na fonte, não corre o risco de ser contaminada, por exemplo, por descargas nos rios. A água da chuva é significativamente mais macia do que a água da rede pública, o que se traduz num ganho económico por não ser preciso um grande investimento no seu tratamento. Além destas vantagens, quase todos os materiais empregues nos telhados são aceitáveis para a recolha de água para fins domésticos.

Tucci (em Mano, 2004) considera que a captação da água da chuva pode contribuir fortemente para a minimização dos picos de volume nos leitos dos rios, através da retenção temporária das máximas de chuva, retirando o excesso de volume de água sobre as superfícies impermeáveis e armazenando-as em reservatórios, diminuindo desta forma a magnitude das enchentes. Contudo, o aproveitamento de água pluvial tem alguns inconvenientes. O principal é nunca se poder estar seguro sobre a precipitação, já que a sua quantidade não é possível de ser prevista.

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Vantagens	Inconvenientes
<p>CONSTRUÇÃO SIMPLES A construção de um SAAP é simples e pode ser facilmente ensinado à população. Este facto reduz os custos e motiva uma maior participação e sentido de sustentabilidade, a nível da comunidade.</p>	<p>ELEVADOS CUSTOS DE INVESTIMENTO O custo dos sistemas de captação de água ocorre, quase na sua totalidade, na fase inicial da construção. Podem reduzir-se os custos se a construção for simples e se forem utilizados materiais locais.</p>
<p>BOA MANUTENÇÃO A operação de manutenção do sistema de captação para um agregado familiar apenas é controlada pelos seus constituintes. Este facto constitui uma boa alternativa à debilidade de manutenção e monitorização de um sistema centralizado de água canalizada.</p>	<p>USO E MANUTENÇÃO Uma operação correcta e uma manutenção regular são um factor muito importante que, muitas das vezes, é negligenciado. Uma inspecção e limpeza regulares e reparações ocasionais são essenciais para o sucesso do sistema.</p>
<p>ÁGUA DE RELATIVA BOA QUALIDADE A água da chuva é melhor que outras fontes tradicionais disponíveis (a água subterrânea talvez não possa ser usada devido ao flúor, salinidade ou arsénico).</p>	<p>A QUALIDADE DA ÁGUA É VULNERÁVEL A qualidade da água da chuva pode ser afectada pela poluição do ar, excrementos de animais e de pássaros, insectos, sujidade ou matéria orgânica.</p>
<p>BAIXO IMPACTO AMBIENTAL A água da chuva é um recurso renovável e não prejudica o meio ambiente.</p>	<p>O ABASTECIMENTO É SENSÍVEL À SECA A ocorrência de estações secas prolongadas pode causar problemas quanto ao abastecimento de água.</p>
<p>CONVENIÊNCIA AO NÍVEL DO AGREGADO FAMILIAR Fornece água para consumo imediato.</p>	<p>LIMITAÇÃO DO ABASTECIMENTO O abastecimento é limitado pela quantidade de precipitação e o tamanho da área de captação e do reservatório de armazenagem.</p>
<p>NÃO É AFECTADA PELA GEOLOGIA OU TOPOGRAFIA A colecta de água da chuva fornece uma alternativa sempre que haja precipitação.</p>	

Quadro III.4 - Vantagens e inconvenientes de um sistema de aproveitamento de águas pluviais
(Worm e Hattum, 2006)

CAPÍTULO IV - Verificação da rentabilidade de um sistema de aproveitamento de água da chuva numa moradia

O presente capítulo tem como objectivo avaliar a rentabilidade económica de um sistema de aproveitamento de água pluvial a instalar numa moradia escolhida para o efeito, em Guimarães, onde habitará uma família de 4 pessoas. Assim sendo, este capítulo dividir-se-á em cinco partes. Na primeira parte será determinado o volume de água da chuva possível de ser recolhido, em função do local, tipo e área da cobertura da moradia. A segunda parte diz respeito à estimativa do consumo anual de água potável verificado pela mesma família, considerando que toda a habitação é abastecida com água da rede pública. Na terceira parte será estimada a água da chuva necessária para abastecimento de autoclismos e máquina de lavar roupa e, por comparação com a segunda parte, determina-se a diferença de água potável consumida. Através do conhecimento do volume de água da chuva possível de recolher e do volume da água da chuva necessária para os equipamentos atrás referidos, determinar-se-á a capacidade necessária para o reservatório, na quarta parte. Por último far-se-á uma análise comparativa entre o consumo de água com e sem o referido sistema, tendo já um depósito seleccionado, de forma a avaliar a rentabilidade do sistema e o seu tempo de amortização.

A moradia escolhida para estudar a rentabilidade da implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais, é uma moradia construída na freguesia de Urgezes, em Guimarães, de tipologia T3, com rés-do-chão e dois pisos. O r/c destina-se a garagem, arrumos e lavandaria. No primeiro andar localiza-se o hall de entrada da habitação, uma sala comum com terraço, escritório, um WC de serviço e uma cozinha. O piso 2 inclui três suites e duas varandas. Ao nível do r/c, nas traseiras da moradia, haverá uma área ajardinada com aproximadamente 100 m² e uma piscina.

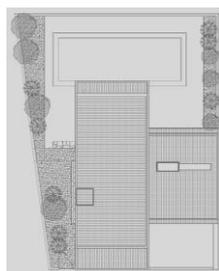


Figura IV.1 - Planta de implantação da moradia unifamiliar em Guimarães

IV.1. Quantificação dos parâmetros técnicos

IV.1.1. Volume de água da chuva possível de recolher

De acordo com a Especificação Técnica ETA 0701 (2009) da Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (adiante designada por ANQIP), dirigida pelo Prof. Doutor Armando Silva Afonso, o volume anual de água da chuva possível de recolher é determinado pela expressão:

$$V_a = C.P.A.\eta_f$$

V_a - 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^2)

η_f - Eficiência hidráulica da filtragem

De acordo com a Especificação Técnica da ANQIP, o coeficiente de *runoff* da cobertura (C) será de 0.8 (coberturas impermeáveis). O Anexo 2 do referido documento inclui um mapa da pluviosidade média em Portugal, que considera um valor de 1600 mm (P) para a região de Guimarães. Este valor vai ao encontro dos obtidos na base de dados do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH), para as três estações udográficas do concelho de Guimarães (Fontela, Lordelo e Taipas), através de séries anuais de precipitações desde o ano 1980 até 2006, constantes na Tabela IV.1. Medida em planta, a área da cobertura é de $260 m^2$ (A). A eficiência hidráulica de filtragem assume um valor de 0.9, considerando filtros no reservatório com limpezas regulares (η_f).

Desta forma, obtém-se um volume anual de água da chuva aproveitável (V_a) de

$$V_a = C.P.A.\eta_f = 0.8 \times 1600 \times 260 \times 0.9 = 299520 \text{ l/ano (299.52 m}^3\text{/ano)}$$

Tabela IV.1 - Precipitações anuais nas estações udográficas do concelho de Guimarães (Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos)

Data	Fontela	Lordelo	Taipas
	<i>Precipitação anual (mm)</i>	<i>Precipitação anual (mm)</i>	<i>Precipitação anual (mm)</i>
01-10-1980	1220,40	884,30	1236,90
01-10-1981	1487,90	1291,50	1882,30
01-10-1982	1180,00	1406,60	1925,90
01-10-1983	727,00	1346,10	1539,50
01-10-1984	1072,40	1580,40	-
01-10-1985	1454,80	1351,50	1803,10
01-10-1986	2125,80	1122,70	1308,50
01-10-1987	2909,80	1566,80	1917,90
01-10-1988	1368,60	859,00	991,00
01-10-1989	2107,20	1243,80	1391,60
01-10-1990	2035,10	1221,30	1650,80
01-10-1991	1349,00	894,50	1185,10
01-10-1992	1509,40	1100,20	1394,80
01-10-1993	2082,70	1442,80	1902,20
01-10-1994	1812,70	1178,20	1600,50
01-10-1995	1794,10	1594,50	2016,10
01-10-1996	1633,90	896,40	1415,20
01-10-1997	2237,50	1286,50	2011,00
01-10-1998	1356,30	1071,30	1289,40
01-10-1999	1390,80	740,10	1640,70
01-10-2000	2209,40	522,70	3194,40
01-10-2001	-	190,60	-
01-10-2004	-	474,40	711,10
01-10-2005	-	793,60	1024,90
01-10-2006	1559,50	-	-
Média	1664,74 mm	1085,83 mm	1592,40 mm

IV.1.2. Consumos médios anuais - fornecimento de água potável da rede pública a toda a habitação

O segundo cálculo desta componente prática pretende avaliar qual é o consumo anual de água para a família de 4 pessoas, com o pressuposto de que toda a água tem origem na rede pública. Os consumos não serão determinados pelos caudais instantâneos para cada equipamento. Utilizar-se-á uma captação de 150 l/hab/dia, conforme Vieira (2002) e Pedroso (2009) assumem numa habitação unifamiliar, e constatado nos capítulos anteriores. Além da lavandaria e das instalações sanitárias da habitação, prever-se-á ainda um sistema de rega para o jardim com área aproximada de 100 m², considerando que este espaço é regado entre os meses de Maio a Setembro. Não se incluirá água destinada a lavagens gerais de pavimentos e de veículos.

Assim sendo, considerando um consumo para a habitação de 150 litros por habitante por dia (150 l/habitante/dia) e como os utilizadores são 4 (quatro), o total diário é de 600 l/dia (150 l/habitante/dia x 4 habitantes), o que perfaz um consumo doméstico anual de 208.2 m³ (600 l/dia x 347 dias). Considerou-se, para tal, que o número de dias de permanência dos ocupantes na habitação num ano é de 347 dias, tendo-se admitido 18 dias sem consumos durante um ano: 1 dia em cada mês e 7 dias de férias em Agosto (365 - 11 - 7 = 347).

No que diz respeito ao consumo anual destinado a rega, utilizar-se-á a tabela de consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização, que faz parte da Especificação Técnica ETA 0701 (2009) da ANQIP (Tabela IV.2).

Tabela IV.2 - Consumos unitários e anuais por dispositivo ou utilização (Adaptado da ETA 701 da Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais)

Dispositivo ou utilização		Consumo unitário	Consumo anual estimado
Autoclismos (Categoria “A”) em residências		24 l // (pessoa.dia)	8800 l/pessoa
Lavagem de roupa (máquina da categoria “A”)		10 l // (pessoa.dia)	3700 l/pessoa
Rega de jardins	Valores totais (em 6 meses) Abril a Setembro	-	60 a 400 l/m ²
	Valores máximos (por dia) no Verão	1.5 a 5 l/m ²	-

Desta forma, os 100 m² de área do jardim da moradia em estudo representam um consumo anual de aproximadamente 35 m³, considerando que o período de rega é entre Maio e Setembro (350 l/m² x 100 m²). Em termos globais, se toda a água consumida tivesse origem na rede pública, o consumo anual seria de aproximadamente 243.2 m³ de água (208.2 m³ de consumo + 35 m³ da rega).

IV.1.3. Consumos médios anuais - utilização de água da chuva para fins não potáveis

Com o conhecimento do volume anual de água gasta por uma família de 4 pessoas, em que todo o abastecimento é feito a partir da rede pública, é importante agora, para efeitos de determinação da rentabilidade económica de implementação do sistema, determinar o volume de água que pode ser poupado com o mesmo. Para tal, admitir-se-á que o abastecimento a autoclismos de bacias de retrete e à máquina de lavar roupa será feito com a água da chuva recolhida. Também neste caso se considera que o número de dias de permanência dos ocupantes na habitação, num ano, é de 347 dias. A estimativa de consumos obedecerá uma vez mais à Especificação Técnica ETA 0701 (2009) da ANQIP, constantes na Tabela IV.2.

A habitação é constituída por 3 suites e um WC de serviço, onde existem 4 autoclismos, que representam um volume anual de 33.3 m³ (24 l/pessoa/dia x 4 pessoas x 347 dias). Consideram-se autoclismos de 6 litros com dupla descarga. A lavagem de roupa representa um consumo anual de 13.9 m³ (10 l/pessoa/dia x 4 pessoas x 347 dias). Em suma, o volume total de água que poderia ser poupado se o sistema de aproveitamento de água da chuva funcionasse na totalidade do ano seria de 47.2 m³ (33.3 m³ de autoclismos + 13.9 m³ de lavagens de roupa).

IV.1.4. Determinação da capacidade do reservatório

Segundo a ANQIP, a capacidade do reservatório pode ser determinada pelo Método Simplificado Alemão, baseado no menor valor entre o volume anual de água da chuva possível de recolher, V_a determinado no ponto IV.1.1, e os consumos anuais estimados, C_e , determinados no ponto anterior, multiplicado por 0.06. Este método considera um período de reserva de água no reservatório não superior a 30 dias.

Com este método, o volume útil deve ser, no mínimo:

$$V_u = \text{Mín.} (V_a \text{ ou } C_e) \times 0.06$$

Com os dados já determinados, o volume útil do reservatório é de:

$$V_u = \text{Mín.} (299.52 \text{ ou } 47.2) \times 0.06 = 47.2 \times 0.06 = 2.83 \text{ m}^3$$

A determinação da capacidade do reservatório através de um outro método apresentado na Especificação Técnica ETA 0701 (2009) da ANQIP, designado por Método Abreviado Alemão, levaria a um volume relativamente próximo do determinado anteriormente. Este outro método recomenda um volume útil que, simultaneamente, satisfaça as seguintes condições: 25 a 50 litros por m² de cobertura e 800 a 1000 litros por habitante. A utilização deste método conduziria a um reservatório com 4 m³.

Adoptar-se-á um reservatório disponível no mercado com capacidade para 3.75 m³, determinado com base no Método Simplificado Alemão.

IV.2. Comparação económica e de consumos

A rentabilidade económica de um sistema de aproveitamento de água da chuva só é possível ser determinada com o conhecimento dos consumos relativos aos dois contextos atrás descritos:

- Situação 1: toda a habitação é abastecida por água da rede pública;
- Situação 2: o abastecimento de água da rede pública não é feito a autoclismos de bacias de retrete e máquina de lavar roupa, agora abastecidos por água da chuva colectada.

Os consumos de água da rede pública, em cada uma das situações, resumem-se na Tabela IV.3.

Tabela IV.3 - Consumos de água da rede pública sem o sistema e com o sistema de aproveitamento de água da chuva

Contexto	Descrição	Utilizações	Volume anual (m ³ /ano)	
Situação 1	Todos os equipamentos são abastecidos com água da rede pública. O sistema de aproveitamento de água da chuva não está implementado.	Consumo doméstico	208.2	243.2
		Rega	35.0	
Situação 2	O sistema de aproveitamento de água da chuva já está implementado, abastecendo bacias de retrete e a máquina de lavar roupa.	Consumo doméstico	161.0 (208.2 - 33.3 - 13.9)	

Obviamente que os consumos determinados nos pontos anteriores e resumidos na Tabela IV.3, quer a nível de água da chuva quer de água da rede, não espelham a realidade de consumos de uma família. O sistema foi tido como ideal, em que a água da chuva nunca se esgota no reservatório, e abastece ininterruptamente o interior da habitação e o sistema de rega. Este pressuposto não corresponde, infelizmente, à verdade. Para que o sistema de aproveitamento de água da moradia tivesse capacidade de resposta para os 5 meses de rega do jardim em simultâneo com o consumo anual no interior da moradia, teria que possuir um depósito com dimensões na ordem dos 243 m³ (situação 1), impraticável em moradias.

Quer isto dizer que, para efeitos do presente estudo de caso, é necessário ter um conhecimento o mais completo possível sobre o historial de consumos mensais na moradia, para que o estudo económico seja o mais verídico e fidedigno possível. Por esta razão, nos pontos seguintes, onde se faz uma análise económica de cada uma das situações, opta-se pela elaboração de um quadro com uma repartição real dos consumos pelos diversos meses, aproximado de um ano típico. Nesses cálculos, considerar-se-á que a água da chuva nunca servirá o jardim, de modo a evitar um esvaziamento quase instantâneo do depósito, aquando da primeira rega. Utilizar-se-á o reservatório de 3.75 m³ cujo volume foi determinado no ponto IV.1.4. Serão tidos em conta, além do preço de mercado do reservatório, os custos de manutenção. Bertolo (2006) considera que os custos anuais de manutenção, para um reservatório com 6m³, ascendem a 15€, para duas horas de mão-de-obra. Considera-se que a moradia será nova, pelo que se desprezam custos de infra-estruturas de abastecimento de água pluvial às peças sanitárias

consideradas (sanitas e máquina de lavar roupa), cujo custo se encontra diluído no valor final da moradia.

Será com base em cada um desses quadros que, nos pontos seguintes, se determinarão os custos entre ter e não ter um sistema de aproveitamento de água pluvial. Uma vez mais, os consumos atribuídos terão como base a captação de 150 l/hab/dia e a Especificação Técnica ETA 0701 (2009) da ANQIP (Tabela IV.2).

Para as estimativas económicas dos pontos seguintes, consultou-se o tarifário referente ao ano 2010 da empresa responsável pelo abastecimento de água na cidade de Guimarães: Vimágua - Empresa de Água e Saneamento de Guimarães e Vizela, E.I.M., S.A.

Tabela IV.4 - Taxas a aplicar no consumo doméstico de água da rede pública (Vimágua - Empresa de Água e Saneamento de Guimarães e Vizela, E.I.M., S.A.)

Parâmetro	Taxa mensal sem IVA	Taxa mensal com IVA 5%
(1) Consumo de água por m ³ - 3.º escalão (11 a 20 m ³)	1.4727 € / m ³	1.5463 € / m ³
(2) Consumo de água por m ³ - 4.º escalão (21 a 40 m ³)	1.8680 € / m ³	1.9614 € / m ³
(3) Disponibilidade de ligação de água - valor mensal, em função do calibre e da vazão do contador (3/4" 5m ³)	3.40 € / mês	3.57 € / mês
(4) Serviço de drenagem de águas residuais - disponibilidade de ligação de saneamento (fixo mensal)	0.64 € / mês	0.672 € / mês
(5) Serviço de drenagem de águas residuais - utilização de saneamento (por m ³ de água facturado)	0.1213 € / m ³	0.1274 € / m ³
(6) Tratamento de águas residuais - disponibilidade de ligação de tratamento (fixo mensal)	1.32 € / mês	1.386 € / mês
(7) Tratamento de águas residuais (por m ³ de água facturado)	0.5662 € / m ³	0.5945€ / m ³

IV.2.1. Factura sem o sistema de aproveitamento de água pluvial

Determinado anteriormente, o consumo anual de água da rede sem o sistema de aproveitamento de água pluvial é de 243.2 m³/ano. Para efeitos desta estimativa de custos, elabora-se um quadro com a repartição mensal dos consumos, com todo o abastecimento a ser feito a partir da rede pública, onde já se inclui o valor mensal de acordo com o escalão e taxas aplicáveis. Para este cálculo consideram-se como meses de chuva de Outubro a Abril, admitindo-se que o sistema de rega funciona entre Maio e Setembro, com um débito de água de 350 l/m² que serão repartidos pelos 5 meses de funcionamento, na proporção de 7 m³/mês. Considerar-se-á nesta simulação que os ocupantes permanecerão apenas 347 por ano dias na habitação: 1 dia em cada mês não serão realizados consumos e em Agosto estarão ausentes durante 7 dias.

Tabela IV.5 - Repartição mensal de consumos de água da rede pública

Mês	Consumo de água da rede pública	Escalão	Valor a pagar no mês (€)
Janeiro (31 dias)	• 150 x 4 x 30 = 18.00 m ³ (consumo)	3.º	46.46 €
Fevereiro (28 dias)	• 150 x 4 x 27 = 16.20 m ³ (consumo)	3.º	42.37 €
Março (31 dias)	• 150 x 4 x 30 = 18.00 m ³ (consumo)	3.º	46.46 €
Abril (30 dias)	• 150 x 4 x 29 = 17.40 m ³ (consumo)	3.º	45.10 €
Maio (31 dias)	• 150 x 4 x 30 = 18.00 m ³ (consumo) • 7.00 m ³ (rega) Total = 25.00 m ³	4.º	72.71 €
Junho (30 dias)	• 150 x 4 x 29 = 17.40 m ³ (consumo) • 7.00 m ³ (rega) Total = 24.40 m ³	4.º	71.10 €
Julho (31 dias)	• 150 x 4 x 30 = 18.00 m ³ (consumo) • 7.00 m ³ (rega) Total = 25.00 m ³	4.º	72.71 €
Agosto (31 dias)	• 150 x 4 x 24 = 14.40 m ³ (consumo) • 7.00 m ³ (rega) Total = 21.40 m ³	4.º	63.05 €
Setembro (30 dias)	• 150 x 4 x 29 = 17.40 m ³ (consumo) • 7.00 m ³ (rega) Total = 24.40 m ³	4.º	71.10 €
Outubro (31 dias)	• 150 x 4 x 30 = 18.00 m ³ (consumo)	3.º	46.46 €
Novembro (30 dias)	• 150 x 4 x 29 = 17.40 m ³ (consumo)	3.º	45.10 €
Dezembro (31 dias)	• 150 x 4 x 30 = 18.00 m ³ (consumo)	3.º	46.46 €

O valor anual a pagar, sem o sistema de aproveitamento de água pluvial, é de 669€.

IV.2.2. Factura com o sistema de aproveitamento de água pluvial

Partindo do consumo da rede de 150 l/habitante/dia, em função do número de dias de cada mês, e conhecendo o consumo necessário de água da chuva, determina-se o consumo efectivo de água da rede pública, subtraindo o primeiro pelo segundo, conforme se indica na tabela seguinte. Admitir-se-á novamente que o sistema de rega funciona entre Maio e Setembro, com um débito de água de 350l/m² que serão repartidos pelos 5 meses de funcionamento, na proporção de 7 m³/mês. Note-se que a água da chuva nunca servirá a rega do jardim, de modo a evitar um esvaziamento quase instantâneo do depósito, que terá uma capacidade para 3.75 m³ de água da chuva, determinada no ponto IV.1.4.

Tal como no ponto IV.2.1, considerar-se-á também nesta simulação que os ocupantes permanecerão apenas 347 por ano dias na habitação: 1 dia em cada mês não serão realizados consumos e em Agosto estarão ausentes durante 7 dias. O período de chuva será entre Outubro e Abril.

Tabela IV.6 - Repartição mensal de consumos de água da chuva e água da rede pública

Mês	Comentário	Consumo de água da chuva	Consumo de água da rede pública
Janeiro (31 dias)	Chove durante todo o mês, permitindo que o reservatório esteja sempre cheio. Não é necessária a rega do jardim.	<ul style="list-style-type: none"> • 4 x 24 x 30 = 2.88 m³ (autoclismos) • 4 x 10 x 30 = 1.20 m³ (lavagem de roupa) Total = 4.08 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • 150 x 4 x 30 = 18.00 m³ - 4.08 m³ = 13.92 m³ (consumo) 37.20 €
Fevereiro (28 dias)	Chove durante todo o mês, permitindo que o reservatório esteja sempre cheio. Não é necessária a rega do jardim.	<ul style="list-style-type: none"> • 4 x 24 x 27 = 2.59 m³ (autoclismos) • 4 x 10 x 27 = 1.08 m³ (lavagem de roupa) Total = 3.67 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • 150 x 4 x 27 = 16.20 m³ - 3.67 m³ = 12.53 m³ (consumo) 34.04 €
Março (31 dias)	Chove durante todo o mês, permitindo que o reservatório esteja sempre cheio. Não é necessária a rega do jardim.	<ul style="list-style-type: none"> • 4 x 24 x 30 = 2.88 m³ (autoclismos) • 4 x 10 x 30 = 1.20 m³ (lavagem de roupa) Total = 4.08 m ³	<ul style="list-style-type: none"> • 150 x 4 x 30 = 18.00 m³ - 4.08 m³ = 13.92 m³ (consumo) 37.20 €

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Tabela IV.6 (cont.1) - Repartição mensal de consumos de água da chuva e água da rede pública

Mês	Comentários	Consumo de água da chuva	Consumo de água da rede pública
Abril (30 dias)	Embora não chova durante todo o mês, a água da chuva recolhida é suficiente para encher o reservatório. Não é necessária a rega do jardim.	<ul style="list-style-type: none"> • $4 \times 24 \times 29 = 2.78 \text{ m}^3$ (autoclismos) • $4 \times 10 \times 29 = 1.16 \text{ m}^3$ (lavagem de roupa) Total = 3.94 m^3	<ul style="list-style-type: none"> • $150 \times 4 \times 29 = 17.40 \text{ m}^3 - 3.94 \text{ m}^3 = 13.46 \text{ m}^3$ (consumo) 36.15 €
<p>A partir deste mês e até à próxima chuvada (que se prevê que seja em Outubro), o reservatório de 3.75 m^3 abastecerá apenas autoclismos e a máquina de lavar roupa. Quando o volume de água da chuva do reservatório se esgotar, todos os consumos serão feitos a partir da rede pública. O sistema de rega será sempre abastecido a partir da rede pública. Contabilizar-se-á que o seu período de funcionamento é de Maio a Setembro, com um consumo nesses 5 meses de 350 l/m^2, num total de 35 m^3, repartidos por $7 \text{ m}^3/\text{mês}$.</p>			
Maio (31 dias)	O reservatório está cheio, com 3.75 m^3 . No final deste mês já não haverá mais água da chuva no reservatório, uma vez que será utilizada na totalidade para responder aos 4.08 m^3 de autoclismos e lavagem de roupa. O sistema de rega será abastecido pela rede pública.	<ul style="list-style-type: none"> • $4 \times 24 \times 30 = 2.88 \text{ m}^3$ (autoclismos) • $4 \times 10 \times 30 = 1.20 \text{ m}^3$ (lavagem de roupa) Total = 4.08 m^3	<ul style="list-style-type: none"> • $150 \times 4 \times 30 = 18.00 \text{ m}^3 - 4.08 \text{ m}^3 = 13.92 \text{ m}^3$ (consumo) • $35 \text{ m}^3 / 5 = 7.00 \text{ m}^3$ (rega) Total = 20.92 m^3 61.76 €
Junho (30 dias)	Já não há água da chuva no reservatório. A totalidade dos consumos terá de ser assegurada pela água da rede pública.		<ul style="list-style-type: none"> • $150 \times 4 \times 29 = 17.40 \text{ m}^3$ (consumo) • $35 \text{ m}^3 / 5 = 7.00 \text{ m}^3$ (rega) Total = 24.40 m^3 71.10 €
Julho (31 dias)	Já não há água da chuva no reservatório. A totalidade dos consumos terá de ser assegurada pela água da rede pública.		<ul style="list-style-type: none"> • $150 \times 4 \times 30 = 18.00 \text{ m}^3$ (consumo) • $35 \text{ m}^3 / 5 = 7.00 \text{ m}^3$ (rega) Total = 25.00 m^3 72.71 €
Agosto (31 dias)	Já não há água da chuva no reservatório. A totalidade dos consumos terá de ser assegurada pela água da rede pública.		<ul style="list-style-type: none"> • $150 \times 4 \times 24 = 14.40 \text{ m}^3$ (consumo) • $35 \text{ m}^3 / 5 = 7.00 \text{ m}^3$ (rega) Total = 21.40 m^3 63.05 €
Setembro (30 dias)	Já não há água da chuva no reservatório. A totalidade dos consumos terá de ser assegurada pela água da rede pública.		<ul style="list-style-type: none"> • $150 \times 4 \times 29 = 17.40 \text{ m}^3$ (consumo) • $35 \text{ m}^3 / 5 = 7.00 \text{ m}^3$ (rega) Total = 24.40 m^3 71.10 €

Tabela IV.6 (cont.2) - Repartição mensal de consumos de água da chuva e água da rede pública

Mês	Comentários	Consumo de água da chuva	Consumo de água da rede pública
Outubro (31 dias)	Como se prevê que chova neste mês, a água da chuva recolhida abastecerá apenas autoclismos e a máquina de lavar roupa. Não é necessária a rega do jardim.	<ul style="list-style-type: none"> • $4 \times 24 \times 30 = 2.88 \text{ m}^3$ (autoclismos) • $4 \times 10 \times 30 = 1.20 \text{ m}^3$ (lavagem de roupa) Total = 4.08 m^3	<ul style="list-style-type: none"> • $150 \times 4 \times 30 = 18.00 \text{ m}^3 - 4.08 \text{ m}^3 = 13.92 \text{ m}^3$ (consumo) 37.20 €
Novembro (30 dias)	Chove durante todo o mês, permitindo que o reservatório esteja sempre cheio. Não é necessária a rega do jardim.	<ul style="list-style-type: none"> • $4 \times 24 \times 29 = 2.78 \text{ m}^3$ (autoclismos) • $4 \times 10 \times 29 = 1.16 \text{ m}^3$ (lavagem de roupa) Total = 3.94 m^3	<ul style="list-style-type: none"> • $150 \times 4 \times 29 = 17.40 \text{ m}^3 - 3.94 \text{ m}^3 = 13.46 \text{ m}^3$ (consumo) 36.15 €
Dezembro (31 dias)	Chove durante todo o mês, permitindo que o reservatório esteja sempre cheio. Não é necessária a rega do jardim.	<ul style="list-style-type: none"> • $4 \times 24 \times 30 = 2.88 \text{ m}^3$ (autoclismos) • $4 \times 10 \times 30 = 1.20 \text{ m}^3$ (lavagem de roupa) Total = 4.08 m^3	<ul style="list-style-type: none"> • $150 \times 4 \times 30 = 18.00 \text{ m}^3 - 4.08 \text{ m}^3 = 13.92 \text{ m}^3$ (consumo) 37.20 €

O valor anual a pagar, com o sistema de aproveitamento de água pluvial, é de 595€.

IV.2.3. Comparação económica

Com a ajuda de uma folha de cálculo elaborada para o efeito, fez-se uma comparação económica entre as duas situações - sem o sistema de aproveitamento e com o sistema já implementado -, com o objectivo de determinar qual a rentabilidade desta aplicação (Tabela IV.7). Entenda-se como rentabilidade o período de retorno, em anos, previsto para amortizar o investimento inicial de implementação do referido sistema. Para tal, consultaram-se três fornecedores de sistemas de aproveitamento de águas pluviais, que elaboraram a respectiva estimativa orçamental (datadas de 2010, altura em que o IVA se situava nos 21%), a qual inclui o depósito para acumulação da água da chuva e os restantes acessórios inerentes ao sistema. Dos três orçamentos atribuídos, optou-se por considerar apenas o referente à empresa GRAF, cujo valor é de 5.688,21€, por ser o mais baixo para as características pretendidas.

A comparação de consumos e a factura mensal com e sem o sistema de aproveitamento de água pluvial culminou numa diferença de apenas 74 € anuais (Tabela IV.7). Com base neste valor e no valor orçamentado para o investimento inicial, determinou-se o período de amortização desse investimento. Esse período não foi, infelizmente, ao encontro das expectativas iniciais, uma vez que se trata de um valor impraticável para poder ser amortizado durante a vida útil da própria moradia: 77 anos!

O cálculo do valor anual de rendimento do investimento bancário, com uma taxa de juro de 2% e tendo em conta apenas o valor gasto para o sistema (5.688,21€), dita que se o investimento não tivesse sido feito e se o capital investido se mantivesse no banco, se rentabilizavam anualmente perto de 114€, valor superior ao que se amortiza anualmente com o sistema de aproveitamento.

A folha de cálculo elaborada permite obter de forma automática o consumo mensal de água da rede pública nas duas situações, em função dos consumos por pessoa mais o consumo de água destinado a rega. A folha de cálculo mais não é do que uma reprodução das Tabelas IV.5 e IV.6. Todos os *inputs* introduzidos (capitações e consumos por aparelho) foram os constantes na Especificação Técnica ETA 0701 (2009) da ANQIP. As taxas aplicáveis para o Município de Guimarães foram extraídas do tarifário referente ao ano de 2010 da Vimágua, entidade responsável pelo abastecimento de água na região.

Perante estes resultados, surgem as questões: será que é dado o verdadeiro valor à água? Será a gestão da água tida em conta no planeamento e na edificação dos meios urbanos? Será realmente viável a implementação do referido sistema na moradia, de forma isolada? Não fará mais sentido o incentivo à utilização destes sistemas em aglomerados populacionais ou num conjunto de edifícios habitacionais? Pagar-se-á, em Portugal, o preço real da água? A verdade é que se o valor do preço por metro cúbico de água consumida for extrapolado, obtém-se uma redução significativa do período de retorno/amortização do investimento. Esta simulação pretende apenas saber qual a resposta do sistema se o preço da água em Portugal fosse o mesmo que o praticado, por exemplo, na Dinamarca, o mais alto do Mundo. Além disso, também contribuiria para uma melhor viabilidade do sistema, uma redução do valor do próprio equipamento.

É importante salientar que não foram tidos em conta os ganhos ambientais da implementação do sistema. Por exemplo, a acumulação de um determinado volume de água da chuva na habitação, significaria um menor volume em escoamento superficial e que iria contribuir para agravar situações de cheias, aumentar o volume de água a tratar e mesmo rupturas operacionais numa ETAR. Por outro lado, é naturalmente inevitável a ausência de precipitação nos meses de Verão, quando a solicitação de água atinge um máximo, razão pela qual é necessário recorrer à água da rede pública. Nestes meses, o sistema está, pois, condenado a não funcionar.

Com a conclusão de que a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais numa moradia de 4 pessoas e com um jardim de cerca de 100 m² não é, de todo, rentável, face a um típico e normal padrão de consumos, é importante explorar as variáveis que mais podem contribuir para rentabilizar este tipo de sistemas. Assim sendo, no ponto seguinte estudar-se-á a resposta do sistema de aproveitamento de água da chuva com as taxas aplicadas na Dinamarca, as mais altas do Mundo. Além disso, estudar-se-ão no capítulo seguinte outros tipos de edifícios: um edifício de escritórios e um edifício escolar, também em Guimarães. Fazendo variar os *inputs*, como a área de captação, a existência ou não de áreas ajardinadas que necessitam de rega ou os consumos médios por tipo de edifício, determinar-se-á a maior ou menor rentabilidade associada a cada um deles.

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Tabela IV.7 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial na moradia

DADOS			ÁGUA POSSÍVEL DE RECOLHER			VOLUME DO RESERVATÓRIO		
N.º de habitantes	4	pessoas	Área de cobertura	260,00	m ²	Período de reserva	30	dias
Área de jardim	100,00	m ²	Coefficiente de runoff	0,80		Consumos	47,19	m ³ /ano
Capitação	150,00	l/pessoa/dia	Precipitação	1.600,00	mm	Volume reservatório	2,83	m³
Autoclismos	24,00	l/pessoa/dia	Eficiência hidráulica	0,90		<i>(Método Simplificado Alemão)</i>		
Máquina roupa	10,00	l/pessoa/dia	Volume total	299,52	m³			
Rega	350,00	l/m ²						

SITUAÇÃO 1 - SEM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA						SITUAÇÃO 2 - COM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA						
MÊS	DIAS NO MÊS	ÁGUA PARA CONSUMO (m ³)	ÁGUA PARA REGA (m ³)	VOLUME TOTAL (m ³)	FACTURA MENSAL (€)	MÊS	DIAS NO MÊS	ÁGUA DA CHUVA (Autoclismos + MLR)	ÁGUA DA REDE P/ CONSUMO (m ³)	ÁGUA PARA REGA (m ³)	VOLUME TOTAL DA REDE (m ³)	FACTURA MENSAL DA REDE (€)
Janeiro 2010	31	18,00	0,00	18,00	46,46 €	Janeiro 2010	31	4,08	13,92	0,00	13,92	37,20 €
Fevereiro 2010	28	16,20	0,00	16,20	42,37 €	Fevereiro 2010	28	3,67	12,53	0,00	12,53	34,04 €
Março 2010	31	18,00	0,00	18,00	46,46 €	Março 2010	31	4,08	13,92	0,00	13,92	37,20 €
Abril 2010	30	17,40	0,00	17,40	45,10 €	Abril 2010	30	3,94	13,46	0,00	13,46	36,15 €
Mai 2010	31	18,00	7,00	25,00	72,71 €	Mai 2010	31	4,08	13,92	7,00	20,92	61,76 €
Junho 2010	30	17,40	7,00	24,40	71,10 €	Junho 2010	30	0,00	17,40	7,00	24,40	71,10 €
Julho 2010	31	18,00	7,00	25,00	72,71 €	Julho 2010	31	0,00	18,00	7,00	25,00	72,71 €
Agosto 2010	31	14,40	7,00	21,40	63,05 €	Agosto 2010	31	0,00	14,40	7,00	21,40	63,05 €
Setembro 2010	30	17,40	7,00	24,40	71,10 €	Setembro 2010	30	0,00	17,40	7,00	24,40	71,10 €
Outubro 2010	31	18,00	0,00	18,00	46,46 €	Outubro 2010	31	4,08	13,92	0,00	13,92	37,20 €
Novembro 2010	30	17,40	0,00	17,40	45,10 €	Novembro 2010	30	3,94	13,46	0,00	13,46	36,15 €
Dezembro 2010	31	18,00	0,00	18,00	46,46 €	Dezembro 2010	31	4,08	13,92	0,00	13,92	37,20 €

3.º escalão (€ / m³) 1,5463 € [11 a 20 m³]

4.º escalão (€ / m³) 1,9614 € [21 a 40 m³]

3.º escalão (€ / m³) 1,5463 € [11 a 20 m³]

4.º escalão (€ / m³) 1,9614 € [21 a 40 m³]

Reservatório	3,75 m ³ (1*3.75)
Investimento	5.688,21 €
€ rede extra	0,00 €
€ energia	10,00 €/ano
€ manutenção	15,00 €/ano
€ juros Banco	114,26 €/ano
TOTAL :	5.713,21 €
Amortização	77 anos

DIFERENÇA ANUAL
74 €

IV.2.4. Simulação económica na Dinamarca

Como comprovado anteriormente, o período de retorno do sistema de aproveitamento de água da chuva, com o preço que é actualmente taxado em Portugal (Guimarães), torna-se insuportável. Faz, portanto, todo o sentido saber como reage o sistema com a aplicação de taxas mais elevadas. É a Dinamarca o país do Mundo onde se praticam os valores mais altos das taxas de consumo de água potável. Esse consumo é também contabilizado em €/m³, com um valor de 7.09€ (Global Water Intelligence, 2009). Foi este o valor adoptado para simular a rentabilidade do mesmo sistema aplicado na moradia de Guimarães, tendo agora como base os preços praticados naquele país. O referido valor não inclui taxas relativas a águas residuais, reflectindo apenas o consumo de água da rede pública.

Foi tido em conta o clima na Dinamarca, pelo que se optou por diminuir o volume de água dispensado para a rega, passando a considerar-se neste caso apenas 250 l/m² nos meses de Verão, repartidos em 5 m³/mês.

A análise da Tabela IV.8 revela, como expectável, um período de retorno que desce mais de cinco décadas: de 77 para 23 anos ou, em termos económicos, um ganho de 176€ anuais (poupança de 250€/ano com a taxa dinamarquesa contra 74€/ano com a taxa portuguesa).

Chama-se a atenção para o facto de, com esta Dissertação, não se pretender incentivar o aumento do preço da água em Portugal. A verdade é que, inevitavelmente, será essa a tendência nos próximos anos. As políticas devem começar a mudar, assim como os comportamentos e mentalidades. Há toda a urgência em se começar a pagar o preço justo e real da água, em detrimento de se pagar o preço político/social. Esta tendência não será mais do que transpor para a prática o que a Directiva-Quadro da Água enuncia.

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Tabela IV.8 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial na moradia, com base nas taxas dinamarquesas

DADOS			ÁGUA POSSÍVEL DE RECOLHER			VOLUME DO RESERVATÓRIO		
N.º de habitantes	4	personas	Área de cobertura	260,00	m ²	Período de reserva	30	dias
Área de jardim	100,00	m ²	Coefficiente de runoff	0,80		Consumos	47,19	m ³ /ano
Capitação	150,00	l/pessoa/dia	Precipitação	1.600,00	mm	Volume reservatório	2,83	m³
Autoclismos	24,00	l/pessoa/dia	Eficiência hidráulica	0,90		<i>(Método Simplificado Alemão)</i>		
Máquina roupa	10,00	l/pessoa/dia	Volume total	299,52	m³			
Rega	250,00	l/m ²						

SITUAÇÃO 1 - SEM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

MÊS	DIAS NO MÊS	ÁGUA PARA CONSUMO (m ³)	ÁGUA PARA REGA (m ³)	VOLUME TOTAL (m ³)	FACTURA MENSAL (€)
Janeiro 2010	31	18,00	0,00	18,00	146,24 €
Fevereiro 2010	28	16,20	0,00	16,20	132,18 €
Março 2010	31	18,00	0,00	18,00	146,24 €
Abril 2010	30	17,40	0,00	17,40	141,56 €
Mai 2010	31	18,00	5,00	23,00	185,30 €
Junho 2010	30	17,40	5,00	22,40	180,61 €
Julho 2010	31	18,00	5,00	23,00	185,30 €
Agosto 2010	31	14,40	5,00	19,40	157,18 €
Setembro 2010	30	17,40	5,00	22,40	180,61 €
Outubro 2010	31	18,00	0,00	18,00	146,24 €
Novembro 2010	30	17,40	0,00	17,40	141,56 €
Dezembro 2010	31	18,00	0,00	18,00	146,24 €
TOTAL		208,20	25,00		1.889 €
		233,20			POR ANO

SITUAÇÃO 2 - COM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

MÊS	DIAS NO MÊS	ÁGUA DA CHUVA (Autoclismos + MLR)	ÁGUA DA REDE P/ CONSUMO (m ³)	ÁGUA PARA REGA (m ³)	VOLUME TOTAL DA REDE (m ³)	FACTURA MENSAL DA REDE (€)
Janeiro 2010	31	4,08	13,92	0,00	13,92	114,37 €
Fevereiro 2010	28	3,67	12,53	0,00	12,53	103,50 €
Março 2010	31	4,08	13,92	0,00	13,92	114,37 €
Abril 2010	30	3,94	13,46	0,00	13,46	110,74 €
Mai 2010	31	4,08	13,92	5,00	18,92	153,43 €
Junho 2010	30	0,00	17,40	5,00	22,40	180,61 €
Julho 2010	31	0,00	18,00	5,00	23,00	185,30 €
Agosto 2010	31	0,00	14,40	5,00	19,40	157,18 €
Setembro 2010	30	0,00	17,40	5,00	22,40	180,61 €
Outubro 2010	31	4,08	13,92	0,00	13,92	114,37 €
Novembro 2010	30	3,94	13,46	0,00	13,46	110,74 €
Dezembro 2010	31	4,08	13,92	0,00	13,92	114,37 €
TOTAL		31,96	176,24	25,00		1.640 €
			201,24			POR ANO

Escalão (€ / m³) 7,09 €

Reservatório	3,75 m ³ (1*3.75)
Investimento	5.688,21 €
€ rede extra	0,00 €
€ energia	10,00 €/ano
€ manutenção	15,00 €/ano
€ juros Banco	114,26 €/ano
TOTAL :	5.713,21 €
Amortização	23 anos

Escalão (€ / m³) 7,09 €

DIFERENÇA ANUAL
250 €

CAPÍTULO V - Aproveitamento de água da chuva noutros tipos de edifícios

V.1. Considerações prévias

Após a determinação de um período de retorno que se traduz inviável para uma habitação unifamiliar, analisada de forma isolada, em Portugal, é pertinente saber qual a resposta que se obtém para outros tipos de edifícios, cuja utilização, áreas de captação e consumos variam significativamente. Assim, este ponto tem como principal objectivo a determinação da rentabilidade económica de um sistema de aproveitamento de água pluvial num edifício de escritórios e num edifício escolar, de forma a conhecer o comportamento do período de retorno/amortização do investimento, em função da magnitude de consumos e áreas de captação. Naturalmente que se sabe, *à priori*, que um maior consumo de água representa um investimento mais avultado.

Será usada uma folha de cálculo semelhante à aplicada na habitação unifamiliar de Guimarães, onde serão introduzidos os respectivos *inputs* (número de consumidores, consumos *per capita*, área de captação, etc.), em função do tipo de edifício. Relativamente aos consumos por tipo de edifício, serão os constantes da Tabela V.1.

Tabela V.1 - Consumo de água nos edifícios (Pedroso, 2007)

Tipos de consumo	Volume (l)
Escritórios	15 l / (pessoa/dia)
Escolas	10 l / (aluno/dia)

O investimento para cada situação será determinado com base nos orçamentos atribuídos, em função dos diferentes volumes de reservatórios.

As taxas a aplicar serão as constantes da Tabela V.2, extraídas do tarifário referente ao ano 2010 da empresa responsável pelo abastecimento de água na cidade de Guimarães: Vimágua - Empresa de Água e Saneamento de Guimarães e Vizela, E.I.M., S.A.

Tabela V.2 - Taxas a aplicar no consumo não doméstico de água da rede pública (Vimágua - Empresa de Água e Saneamento de Guimarães e Vizela, E.I.M., S.A.)

Parâmetro	Taxa mensal sem IVA	Taxa mensal com IVA 5%
Consumo de água por m ³ (Comércio, Indústria e obras)	1.2758 € / m ³	1.3396 € / m ³
Consumo de água por m ³ (Estado)	0.7695 € / m ³	0.8080 € / m ³
Disponibilidade de ligação de água - valor mensal, em função do calibre e da vazão do contador (1/2" 3m ³)	2.79 € / mês	2.9295 € / mês
Disponibilidade de ligação de água - valor mensal, em função do calibre e da vazão do contador (1" 10m ³)	6.51 € / mês	6.8355 € / mês
Serviço de drenagem de águas residuais - disponibilidade de ligação de saneamento (fixo mensal)	1.33 € / mês	1.40 € / mês
Serviço de drenagem de águas residuais - utilização de saneamento (por m ³ de água facturado)	0.2466 € / m ³	0.2589 € / m ³
Tratamento de águas residuais - disponibilidade de ligação de tratamento (fixo mensal)	1.33 € / mês	1.3965 € / mês
Tratamento de águas residuais (por m ³ de água facturado)	0.5662 € / m ³	0.5945€ / m ³

Os edifícios escolhidos para o efeito localizam-se na cidade do Porto, mas utilizar-se-ão os valores de precipitação da região de Guimarães, constantes no Anexo 2 da Especificação Técnica ETA 0701 (2009) da ANQIP, bem como as taxas em vigor para este município. Embora se localizem na cidade do Porto, a escolha dos dois edifícios-tipo prende-se com o facto de se conhecer com alguma exactidão cada um deles.

Para cada tipo de edifício, a primeira simulação será feita com base nos preços praticados em Portugal. Tal como se procedeu para a moradia no capítulo anterior, numa fase posterior será feita a mesma simulação, desta vez aplicando os preços praticados na Dinamarca, o país do Mundo com o preço da água mais elevado.

V.2. Edifício de escritórios

O edifício de escritórios escolhido localiza-se na Rua de Monsanto, no Porto, perto do Jardim da Arca d'Água. O edifício é constituído por 5 pisos, com 8 escritórios por piso, onde se admite com relativa certeza que em cada um deles trabalham, em média, 4 pessoas, perfazendo um total de 160 funcionários. Cada escritório possui um WC de serviço composto por um lavatório e uma sanita. O edifício não possui zonas ajardinadas, pelo que toda a água da chuva recolhida se destina ao abastecimento dos autoclismos das sanitas.



Figura V.1 - Edifício de escritórios na Rua de Monsanto, Porto

Com o auxílio da folha de cálculo, determinam-se numa primeira fase os consumos mensais de água da rede pública sem o sistema de aproveitamento de água pluvial. Para tal, toma-se como valor de referência o consumo de 15 litros de água por pessoa por dia, de acordo com a bibliografia consultada, para o tipo de edifício em questão. Contabilizam-se apenas os dias úteis de cada mês referentes ao ano 2010, excluindo feriados, sendo que se consideram no mês de Agosto metade dos dias úteis do mês. O total de dias de ocupação do edifício é, pois, de 241.

Após a implementação do sistema, o abastecimento aos autoclismos passa a ser feito pela água da chuva colectada, sendo que a água da rede pública apenas abastece os lavatórios. O cálculo do volume do reservatório é efectuado segundo o mesmo princípio utilizado no caso da moradia unifamiliar, de acordo com o Método Simplificado Alemão, baseado no menor valor entre o volume anual de água da chuva possível de

recolher, V_a determinado no ponto IV.1.1, e os consumos anuais estimados, C_e , multiplicado por 0.06.

V.2.1. Simulação económica em Portugal

A análise aos resultados obtidos, detalhadamente descritos na Tabela V.3, revelam que sem o sistema de aproveitamento de água da chuva, cada escritório paga pelo abastecimento de água, num ano, o valor de aproximadamente 100€, correspondente a um consumo de cerca de 14.5m^3 de água da rede pública. O volume do reservatório a considerar é de 28.75m^3 (1 reservatório de 25m^3 mais 1 reservatório de 3.75m^3), considerando um período de reserva de 30 dias. O valor a pagar pelos reservatórios é de 18.660,62€. Com a implementação do sistema, procura-se que a água da rede pública destinada aos autoclismos seja substituída por água da chuva recolhida. Com os pressupostos adoptados nesta simulação, e uma vez que os consumos de água para autoclismos representam 80% do consumo num escritório (12 l/funcionário.dia para autoclismos - constantes do Anexo 3 da Especificação Técnica ETA 0701 (2009) da ANQIP -, face a uma capitação de 15 l/funcionário.dia, para edifícios de escritórios), obter-se-ia, num panorama ideal, um valor médio anual de água da chuva consumida por este equipamento de cerca de $11.6\text{ m}^3/\text{escritório}$. Durante os meses de chuva, entre Outubro e Abril, é possível manter o reservatório sempre cheio, pelo que a necessidade de água para os autoclismos é sempre satisfeita, e o valor a pagar diz apenas respeito a consumos nos lavatórios. Contudo, o volume de água armazenada no reservatório é ultrapassado pelos consumos em meados do mês de Maio. Significa que, a partir desta data, todo o abastecimento passa a ter que ser feito pela rede pública, até Outubro, já que o reservatório deixa de ter água disponível. Com a implementação do sistema, a água da rede pública que se pagará por cada escritório corresponde à diferença entre o que se pagava sem o sistema e o volume de água agora com origem na água da chuva aproveitada, tendo em conta que nos meses de Julho a Setembro toda a água consumida provém da rede pública. Este valor ronda os 81€ por ano, por escritório.

A implementação do sistema de aproveitamento de água da chuva neste edifício, seria uma medida conjunta de todos os escritórios, razão pela qual faz todo o sentido falar em valores globais no edifício. Assim, na situação original, sem o sistema, o edifício *consumia* cerca de 578.4m^3 de água da rede pública por ano, ao qual corresponde um valor anual de 4017€. Com a implementação do sistema, o volume anual de água da

rede pública descia para os 259.7m³ (40 escritórios x 6.49m³/escritório), e um valor total de 3317€. A diferença de valores pagos anualmente ronda os 699€ que, conjugados com o investimento inicial de cerca de 18.740,62€, representam um período de retorno de 27 anos. Considerou-se, além do custo do(s) reservatório(s), custos anuais de energia e manutenção, (10€ e 70€, respectivamente). Bertolo (2006) considera que os custos anuais de manutenção, para um reservatório com 6m³, ascendem a 15€, para duas horas de mão-de-obra. Uma vez mais é preponderante o facto da precipitação, cujo próprio valor é variável, ocorrer apenas durante um determinado período de tempo num ano, fazendo com que não exista sempre água da chuva disponível para consumo. Outro factor não menos importante, tem a ver com o peso que os autoclismos assumem no total dos consumos deste tipo de edifícios, que ascende aos 80%. A implementação de um sistema de aproveitamento teria uma vantagem efectiva se, na verdade, os 80% dos consumos pudessem ser colmatados pela água da chuva durante todo o ano. Esta situação levaria, contudo, à adopção de um reservatório cujo valor tornaria o investimento insuportável. O que acontece é que, como já explicado atrás, com excepção dos meses de chuva, o reservatório apenas permite o abastecimento aos autoclismos durante cerca de meio mês além do último mês de chuva. A partir desse momento até uma nova chuvada, todos os consumos são feitos a partir da rede pública. Em termos práticos, significa dizer que apenas se consegue utilizar água da chuva nos autoclismos durante os meses em que chove, com metade de um mês adicional. Também o preço atribuído ao metro cúbico de água contribui para tornar o investimento pouco rentável. Exceptuando os meses em que chove, durante os quais apenas se paga água destinada a lavatórios, nos restantes meses o valor é o mesmo caso o sistema não existisse. Quer isto dizer que, por exemplo no mês de Dezembro em que chove e há possibilidade de aproveitar água para autoclismos, a factura de um escritório chega aos 6.27€, e no caso do mês de Julho, em que não chove e não há água da chuva disponível, se pagam 8.62€. Aumentando o preço do metro cúbico da água, a diferença do valor anual pago com e sem o sistema aumentaria, reduzindo de forma significativa o período de retorno do investimento. Especial atenção deverá também ser dada aos preços dos sistemas.

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Tabela V.3 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial num edifício de escritórios

DADOS			ÁGUA POSSÍVEL DE RECOLHER			VOLUME DO RESERVATÓRIO		
N.º de funcionários	160	funcionários	Área de cobertura	893,00	m ²	Período de reserva	30	dias
Capitação	15,00	l/pessoa/dia	Coefficiente de runoff	0,80		Consumos	462,72	m ³ /ano
Autoclismos	12,00	l/pessoa/dia	Precipitação	1.600,00	mm	Volume reservatório	27,76	m³
Dias de ocupação	241	dias/ano	Eficiência hidráulica	0,90		<i>(Método Simplificado Alemão)</i>		
N.º de escritórios	40		Volume total	1.028,74	m³			

SITUAÇÃO 1 - SEM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA						SITUAÇÃO 2 - COM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA						
MÊS	DIAS NO MÊS	CONSUMO TOTAL NO EDIFÍCIO (m ³)	CONSUMO POR ESCRITÓRIO (m ³)	FACTURA MENSAL POR ESCRITÓRIO (€)	FACTURA MENSAL NO EDIFÍCIO (€)	MÊS	DIAS NO MÊS	ÁGUA DA CHUVA NECESSÁRIA POR ESCRITÓRIO	ÁGUA DA CHUVA NECESSÁRIA NO EDIFÍCIO (autoclismos)	ÁGUA DA REDE CONSUMIDA POR ESCRITÓRIO (m ³)	FACTURA MENSAL POR ESCRITÓRIO (€)	FACTURA MENSAL NO EDIFÍCIO (€)
Janeiro 2010	31 (20 úteis)	48,00	1,20	8,36 €	334,30 €	Janeiro 2010	31 (20 úteis)	0,96	38,40	0,24	6,25 €	250,09 €
Fevereiro 2010	28 (19 úteis)	45,60	1,14	8,23 €	329,04 €	Fevereiro 2010	28 (19 úteis)	0,91	36,48	0,23	6,23 €	249,04 €
Março 2010	31 (23 úteis)	55,20	1,38	8,75 €	350,09 €	Março 2010	31 (23 úteis)	1,10	44,16	0,28	6,33 €	253,25 €
Abril 2010	30 (21 úteis)	50,40	1,26	8,49 €	339,57 €	Abril 2010	30 (21 úteis)	1,01	40,32	0,25	6,28 €	251,15 €
Mai 2010	31 (21 úteis)	50,40	1,26	8,49 €	339,57 €	Mai 2010	31 (21 úteis)	1,01	40,32	0,25	6,28 €	251,15 €
Junho 2010	30 (20 úteis)	48,00	1,20	8,36 €	334,30 €	Junho 2010	30 (20 úteis)	0,96	38,40	1,20	8,36 €	334,30 €
Julho 2010	31 (22 úteis)	52,80	1,32	8,62 €	344,83 €	Julho 2010	31 (22 úteis)	1,06	42,24	1,32	8,62 €	344,83 €
Agosto 2010	31 (22 úteis)	26,40	0,66	7,17 €	286,93 €	Agosto 2010	31 (22 úteis)	0,53	21,12	0,66	7,17 €	286,93 €
Setembro 2010	30 (22 úteis)	52,80	1,32	8,62 €	344,83 €	Setembro 2010	30 (22 úteis)	1,06	42,24	1,32	8,62 €	344,83 €
Outubro 2010	31 (20 úteis)	48,00	1,20	8,36 €	334,30 €	Outubro 2010	31 (20 úteis)	0,96	38,40	0,24	6,25 €	250,09 €
Novembro 2010	30 (21 úteis)	50,40	1,26	8,49 €	339,57 €	Novembro 2010	30 (21 úteis)	1,01	40,32	0,25	6,28 €	251,15 €
Dezembro 2010	31 (21 úteis)	50,40	1,26	8,49 €	339,57 €	Dezembro 2010	31 (21 úteis)	1,01	40,32	0,25	6,27 €	250,62 €
TOTAL		578,40	14,46	100,42 €	4.017 €	TOTAL		11,57	462,72	6,49	82,94 €	3.317 €

Tarifa (€ / m³) 1,3396 €

Tarifa (€ / m³) 1,3396 €

Reservatório	28,75 m ³ (1*25 + 1*3.75)
Investimento	18.660,62 €
€ rede extra	0,00 €
€ energia	10,00 €/ano
€ manutenção	70,00 €/ano
€ juros Banco	374,81 €/ano
TOTAL :	18.740,62 €
Amortização	27 anos

DIFERENÇA ANUAL
699 €

V.2.2. Simulação económica na Dinamarca

Tal como se verificou na moradia, a aplicação do valor praticado na Dinamarca (7.09€/m³) também se traduz num maior ganho económico e no período de retorno para um edifício de escritórios. Significa isto que, com o sistema de aproveitamento e com as taxas aplicadas em Portugal, se poupariam anualmente 699€. Com as taxas dinamarquesas, o valor poupado sobe para os 2532€ anuais, conforme se detalha na Tabela V.4. Esta diferença culmina, pois, na diminuição do período de retorno do investimento: de 27 para 7 anos.

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Tabela V.4 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial num edifício de escritórios, com base nas taxas dinamarquesas

DADOS			ÁGUA POSSÍVEL DE RECOLHER			VOLUME DO RESERVATÓRIO		
N.º de funcionários	160	funcionários	Área de cobertura	893,00	m ²	Período de reserva	30	dias
Capitação	15,00	l/pessoa/dia	Coefficiente de runoff	0,80		Consumos	462,72	m ³ /ano
Autoclismos	12,00	l/pessoa/dia	Precipitação	1.600,00	mm	Volume reservatório	27,76	m³
Dias de ocupação	241	dias/ano	Eficiência hidráulica	0,90		<i>(Método Simplificado Alemão)</i>		
N.º de escritórios	40		Volume total	1.028,74	m³			

SITUAÇÃO 1 - SEM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA						SITUAÇÃO 2 - COM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA						
MÊS	DIAS NO MÊS	CONSUMO TOTAL NO EDIFÍCIO (m ³)	CONSUMO POR ESCRITÓRIO (m ³)	FACTURA MENSAL POR ESCRITÓRIO (€)	FACTURA MENSAL NO EDIFÍCIO (€)	MÊS	DIAS NO MÊS	ÁGUA DA CHUVA NECESSÁRIA POR ESCRITÓRIO	ÁGUA DA CHUVA NECESSÁRIA NO EDIFÍCIO (autoclismos)	ÁGUA DA REDE CONSUMIDA POR ESCRITÓRIO (m ³)	FACTURA MENSAL POR ESCRITÓRIO (€)	FACTURA MENSAL NO EDIFÍCIO (€)
Janeiro 2010	31 (20 úteis)	48,00	1,20	15,26 €	610,32 €	Janeiro 2010	31 (20 úteis)	0,96	38,40	0,24	7,63 €	305,30 €
Fevereiro 2010	28 (19 úteis)	45,60	1,14	14,78 €	591,26 €	Fevereiro 2010	28 (19 úteis)	0,91	36,48	0,23	7,54 €	301,48 €
Março 2010	31 (23 úteis)	55,20	1,38	16,69 €	667,52 €	Março 2010	31 (23 úteis)	1,10	44,16	0,28	7,92 €	316,74 €
Abril 2010	30 (21 úteis)	50,40	1,26	15,73 €	629,39 €	Abril 2010	30 (21 úteis)	1,01	40,32	0,25	7,73 €	309,11 €
Maió 2010	31 (21 úteis)	50,40	1,26	15,73 €	629,39 €	Maió 2010	31 (21 úteis)	1,01	40,32	0,25	7,73 €	309,11 €
Junho 2010	30 (20 úteis)	48,00	1,20	15,26 €	610,32 €	Junho 2010	30 (20 úteis)	0,96	38,40	1,20	15,26 €	610,32 €
Julho 2010	31 (22 úteis)	52,80	1,32	16,21 €	648,45 €	Julho 2010	31 (22 úteis)	1,06	42,24	1,32	16,21 €	648,45 €
Agosto 2010	31 (22 úteis)	26,40	0,66	10,97 €	438,75 €	Agosto 2010	31 (22 úteis)	0,53	21,12	0,66	10,97 €	438,75 €
Setembro 2010	30 (22 úteis)	52,80	1,32	16,21 €	648,45 €	Setembro 2010	30 (22 úteis)	1,06	42,24	1,32	16,21 €	648,45 €
Outubro 2010	31 (20 úteis)	48,00	1,20	15,26 €	610,32 €	Outubro 2010	31 (20 úteis)	0,96	38,40	0,24	7,63 €	305,30 €
Novembro 2010	30 (21 úteis)	50,40	1,26	15,73 €	629,39 €	Novembro 2010	30 (21 úteis)	1,01	40,32	0,25	7,73 €	309,11 €
Dezembro 2010	31 (21 úteis)	50,40	1,26	15,73 €	629,39 €	Dezembro 2010	31 (21 úteis)	1,01	40,32	0,25	7,71 €	308,59 €
TOTAL		578,40	14,46	183,57 €	7.343 €	TOTAL		11,57	462,72	6,49	120,27 €	4.811 €

Tarifa (€ / m³) 7,09 €

Tarifa (€ / m³) 7,09 €

Reservatório	28,75 m ³ (1*25 + 1*3.75)
Investimento	18.660,62 €
€ rede extra	0,00 €
€ energia	10,00 €/ano
€ manutenção	70,00 €/ano
€ juros Banco	374,81 €/ano
TOTAL :	18.740,62 €
Amortização	7 anos

DIFERENÇA ANUAL
2.532 €

V.3. Edifício escolar

O edifício do tipo escolar escolhido é o edifício-sede da Universidade Fernando Pessoa, localizado junto ao Jardim da Arca d'Água, no Porto. Este edifício inclui a Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) e a Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (FCHS) da Universidade, onde são leccionados os cursos constantes do Quadro V.1. O edifício-sede, de 5 pisos, é constituído por duas bibliotecas e dois auditórios, oficina gráfica, cantina/bar, serviços administrativos, sala de informática, salas de aulas teóricas, laboratórios, secretarias de alunos, salas de professores, reprografia, sala de tunas, sala de associação de estudantes e diversas instalações sanitárias.



Figura V.2 - Edifício escolar, Universidade Fernando Pessoa, Porto

Faculdade	Curso	N.º de alunos
Faculdade de Ciência e Tecnologia	Engenharia Informática	679
	Engenharia Civil	
	Engenharia do Ambiente	
	Engenharia e Gestão da Qualidade	
Faculdade de Ciências Humanas e Sociais	Ciência Política e Relações Internacionais	1145
	Ciências da Comunicação	
	Ciências da Informação e da Documentação	
	Ciências Empresariais	
	Criminologia	
	Estudos Culturais	
	Psicologia	
	Serviço Social	

Quadro V.1 - Cursos leccionados no edifício-sede da Universidade Fernando Pessoa

Este ponto pretende simular os consumos de água nas instalações do edifício, repartidos entre as instalações sanitárias (optou-se por se desprezar os consumos de água nos laboratórios e na cantina/bar) e os espaços ajardinados exteriores. Segundo informação dada pela Universidade Fernando Pessoa, o total de alunos correspondente aos cursos leccionados no edifício-sede, no ano lectivo 2009/2010, é de 1824 alunos. Este valor será acrescido de 40% para contabilizar os alunos da Faculdade de Ciências da Saúde que diariamente frequentam o edifício-sede da Universidade, pelo que o total será de 2554 alunos. No exterior do edifício, os espaços ajardinados representam uma área aproximada de 1380 m².

Com o auxílio de uma folha de cálculo semelhante à utilizada na moradia unifamiliar, determinam-se, em primeiro lugar, os consumos mensais de água da rede pública sem o sistema de aproveitamento de água pluvial. Este volume de água diz respeito aos consumos nas instalações sanitárias e na rega de espaços verdes e, para tal, toma-se como valor de referência o consumo de 10 l/aluno.dia, de acordo com Pedroso (2007), para o tipo de edifício em questão, e 350 l/m² de área ajardinada para os meses de Verão, segundo a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Contabilizar-se-ão apenas os dias de aulas referentes ao ano lectivo 2009/2010, pelo que o total de dias de ocupação do edifício é de 168, conforme o cronograma oficial da Universidade. Não será contabilizado o período referente às avaliações especiais de trabalhadores-estudantes e finalistas, razão pela qual se assume que durante o mês de Julho haverá apenas um quarto (1/4) do consumo de água no edifício. No mês de Agosto, referente a férias, o consumo de água destinar-se-á exclusivamente à rega dos jardins. Admite-se que o período de chuva é entre Outubro e Abril.

Após a implementação do sistema, o abastecimento aos autoclismos passa a ser feito pela água da chuva colectada e, de modo a evitar um esvaziamento quase instantâneo do depósito aquando da primeira rega, a água que a tal se destinaria é sempre proveniente da rede pública, tal como a água destinada aos consumos em lavatórios. O cálculo do volume do reservatório é efectuado segundo o mesmo princípio utilizado no caso da moradia unifamiliar, de acordo com o Método Simplificado Alemão.

V.3.1. Simulação económica em Portugal

A análise dos resultados obtidos, apresentados na Tabela V.5, revela que sem o sistema de aproveitamento de água da chuva e com as condições atrás descritas, o volume de água da rede pública consumido durante um ano lectivo é cerca de 5118m^3 , ao qual corresponde uma factura anual de cerca de 8618€. O volume do reservatório a considerar ronda os 86.25m^3 (3 reservatórios de 25m^3 mais 3 reservatórios de 3.75m^3), determinado em função do volume de água da chuva possível de recolher e dos consumos praticados no edifício, contribuindo ainda um período de reserva de 30 dias. Admite-se que o valor a pagar pelo reservatório é de sensivelmente 44.362,23€.

Com a implementação do sistema de aproveitamento, o objectivo é substituir a água da rede pública dos autoclismos por água da chuva recolhida. Relativamente à rega dos jardins, dada a área e o volume de água necessária, opta-se por utilizar água da rede pública para esse fim.

Desde o início do ano lectivo, em Setembro, até Outubro, que a água consumida tanto internamente como no exterior provém da rede pública, já que não se prevê precipitação nestes meses. A partir de Outubro e até Abril, a água da chuva recolhida destina-se ao abastecimento de autoclismos, e esta necessidade é continuamente satisfeita já que a precipitação verificada nesses meses possibilita que o reservatório se mantenha sempre cheio. No final da última chuvada, em Abril, o reservatório terá a totalidade da sua capacidade, cerca de 86m^3 , mas apenas dará para suprir parte dos consumos do mês de Maio, cujo total representa 306.4m^3 para consumo e 96.6m^3 para rega. Significa isto que, já em Maio, será necessário recorrer à água da rede pública. Em Junho, os consumos relativos à rega e no interior do edifício terão de ser assegurados por água da rede pública, uma vez que o reservatório já não possui água disponível. Em Agosto não se prevêem consumos nas instalações sanitárias, pelo que a água da rede pública apenas se destina a rega.

Com a implementação do sistema de aproveitamento de água da chuva, os consumos de água da rede pública, ainda que se destinem à rega dos espaços verdes, descem dos 5118m^3 para perto dos 3162.5m^3 , o que em termos económicos significa passar de

8618€ anuais para 5370€. A diferença de valores ronda os 3248€ num ano lectivo que, em função do investimento de cerca de 44.587,23€, se traduz num período de retorno de 14 anos.

Comparativamente com o caso da moradia unifamiliar, cujo período de retorno ultrapassa em muito o próprio tempo de vida útil do edifício, no caso do edifício do tipo escolar, esse período é bem mais satisfatório. Tal como no primeiro caso, o sistema está também condicionado por factores externos, como a precipitação. Inerente ao sistema está ainda o facto de, naturalmente, se requerer mais água disponível (para a rega dos jardins), no período em que ela mais escasseia: no Verão. Ainda assim, os resultados obtidos na simulação para este tipo de edifício são bastante mais fáceis de atingir, tornando o sistema mais viável. Um factor preponderante para a rentabilidade do sistema neste tipo de edifício está relacionado com os consumos unitários praticados, que são muito mais baixos do que no caso da moradia: 10l/aluno.dia contra 150l/habitante.dia. Além disso, apesar do número de utilizadores ser naturalmente superior pelo tipo de edifício em questão, o volume de água da chuva que pode ser poupado (destinado aos autoclismos) tem um peso bastante maior em relação ao consumo total unitário: 6l/aluno.dia contra 24l/habitante.dia. Significa que os autoclismos têm um peso mais gravoso nos consumos verificados num edifício escolar do que numa moradia, rondando os 60% no primeiro caso (6l/aluno.dia em autoclismos em 10l/aluno.dia de consumo global) e os 16% no segundo (24l/habitante.dia em 150l/habitante.dia de consumo global).

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Tabela V.5 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial num edifício escolar

DADOS			ÁGUA POSSÍVEL DE RECOLHER			VOLUME DO RESERVATÓRIO		
N.º de alunos	2.554	alunos	Área de cobertura	1.245,00	m ²	Período de reserva	30	dias
Capitação	10,00	l/pessoa/dia	Coefficiente de runoff	0,80		Consumos	2.574,03	m ³ /ano
Autoclismos	6,00	l/pessoa/dia	Precipitação	1.600,00	mm	Volume reservatório	86,05	m³
Dias de ocupação	168	dias/ano	Eficiência hidráulica	0,90		<i>(Método Simplificado Alemão)</i>		
Área de jardim	1.380,00	m ²	Volume total	1.434,24	m³			
Rega	350,00	l/m ²						

SITUAÇÃO 1 - SEM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA						SITUAÇÃO 2 - COM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA					
MÊS	DIAS NO MÊS	CONSUMO TOTAL NO EDIFÍCIO (m ³)	ÁGUA DESTINADA A REGA DE ESPAÇOS VERDES (m ³)	VOLUME TOTAL DE ÁGUA DA REDE PÚBLICA (m ³)	VALOR MENSAL A PAGAR PELA ÁGUA DA REDE PÚBLICA (€)	MÊS	DIAS NO MÊS	ÁGUA DA CHUVA NECESSÁRIA PARA AUTOCLISMOS (m ³)	ÁGUA DA CHUVA NECESSÁRIA PARA REGA (m ³)	ÁGUA DA REDE CONSUMIDA (m ³)	VALOR MENSAL A PAGAR PELA ÁGUA DA REDE PÚBLICA (€)
Setembro 2009	31 (13 de aulas)	331,97	96,60	428,57	721,64 €	Setembro 2009	31 (13 de aulas)	199,18	96,60	428,57	721,64 €
Outubro 2009	28 (21 de aulas)	536,26	0,00	536,26	900,55 €	Outubro 2009	28 (21 de aulas)	321,75	0,00	214,50	366,00 €
Novembro 2009	31 (21 de aulas)	536,26	0,00	536,26	900,55 €	Novembro 2009	31 (21 de aulas)	321,75	0,00	214,50	366,00 €
Dezembro 2009	30 (12 de aulas)	306,43	0,00	306,43	518,73 €	Dezembro 2009	30 (12 de aulas)	183,86	0,00	122,57	213,27 €
Janeiro 2010	31 (15 de aulas)	383,04	0,00	383,04	646,01 €	Janeiro 2010	31 (15 de aulas)	229,82	0,00	153,22	264,18 €
Fevereiro 2010	30 (18 de aulas)	459,65	0,00	459,65	773,28 €	Fevereiro 2010	30 (18 de aulas)	275,79	0,00	183,86	315,09 €
Março 2010	31 (20 de aulas)	510,72	0,00	510,72	858,13 €	Março 2010	31 (20 de aulas)	306,43	0,00	204,29	349,03 €
Abril 2010	31 (15 de aulas)	383,04	0,00	383,04	646,01 €	Abril 2010	31 (15 de aulas)	229,82	0,00	153,22	264,18 €
Mai 2010	30 (20 de aulas)	510,72	96,60	607,32	1.018,62 €	Mai 2010	30 (20 de aulas)	306,43	96,60	521,27	875,65 €
Junho 2010	31 (13 de aulas)	331,97	96,60	428,57	721,64 €	Junho 2010	31 (13 de aulas)	199,18	96,60	428,57	721,64 €
Julho 2010	30 (27 úteis)	344,74	96,60	441,34	742,86 €	Julho 2010	30 (27 úteis)	344,74	96,60	441,34	742,86 €
Agosto 2010	31 (0 de aulas)	0,00	96,60	96,60	170,12 €	Agosto 2010	31 (0 de aulas)	0,00	96,60	96,60	170,12 €
TOTAL		4.634,78	483,00	5.117,78	8.618 €	TOTAL		2.918,76	483,00	3.162,49	5.370 €

Tarifa (€ / m³) 0,8080 €

POR ANO

Tarifa (€ / m³) 0,8080 €

POR ANO

Reservatório	86 m ³ (3*25 + 3*3,75)
Investimento	44.362,23 €
€ rede extra	0,00 €
€ energia	10,00 €/ano
€ manutenção	215,00 €/ano
€ juros Banco	891,74 €/ano
TOTAL :	44.587,23 €
Amortização	14 anos

DIFERENÇA NUM ANO LECTIVO
3.248 €

V.3.2. Simulação económica na Dinamarca

Tal como se verificou na moradia e no edifício de escritórios, a aplicação do valor praticado na Dinamarca (7.09€/m³) também se traduz num maior ganho económico e no período de retorno para um edifício do tipo escolar. Significa que, com o sistema de aproveitamento e com as taxas aplicadas em Portugal, se poupariam anualmente 3248€. Com as taxas dinamarquesas, o valor poupado sobe para os 15532€ anuais, conforme se detalha na Tabela V.6. Esta diferença culmina, pois, na diminuição do período de retorno do investimento: de 14 para 3 anos.

O Desafio do Aproveitamento de Águas Pluviais

Tabela V.6 - Determinação do período de retorno do sistema de aproveitamento de água pluvial num edifício escolar, com base nas taxas dinamarquesas

DADOS			ÁGUA POSSÍVEL DE RECOLHER			VOLUME DO RESERVATÓRIO		
N.º de alunos	2.554	alunos	Área de cobertura	1.245,00	m ²	Período de reserva	30	dias
Capitação	10,00	l/pessoa/dia	Coefficiente de runoff	0,80		Consumos	2.574,03	m ³ /ano
Autoclismos	6,00	l/pessoa/dia	Precipitação	1.600,00	mm	Volume reservatório	86,05	m³
Dias de ocupação	168	dias/ano	Eficiência hidráulica	0,90		<i>(Método Simplificado Alemão)</i>		
Área de jardim	1.380,00	m ²	Volume total	1.434,24	m³			
Rega	350,00	l/m ²						

SITUAÇÃO 1 - SEM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA						SITUAÇÃO 2 - COM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA					
MÊS	DIAS NO MÊS	CONSUMO TOTAL NO EDIFÍCIO (m ³)	ÁGUA DESTINADA A REGA DE ESPAÇOS VERDES (m ³)	VOLUME TOTAL DE ÁGUA DA REDE PÚBLICA (m ³)	VALOR MENSAL A PAGAR PELA ÁGUA DA REDE PÚBLICA (€)	MÊS	DIAS NO MÊS	ÁGUA DA CHUVA NECESSÁRIA PARA AUTOCLISMOS (m ³)	ÁGUA DA CHUVA NECESSÁRIA PARA REGA (m ³)	ÁGUA DA REDE CONSUMIDA (m ³)	VALOR MENSAL A PAGAR PELA ÁGUA DA REDE PÚBLICA (€)
Setembro 2009	31 (13 de aulas)	331,97	96,60	428,57	3.413,92 €	Setembro 2009	31 (13 de aulas)	199,18	96,60	428,57	3.413,92 €
Outubro 2009	28 (21 de aulas)	536,26	0,00	536,26	4.269,33 €	Outubro 2009	28 (21 de aulas)	321,75	0,00	214,50	1.713,51 €
Novembro 2009	31 (21 de aulas)	536,26	0,00	536,26	4.269,33 €	Novembro 2009	31 (21 de aulas)	321,75	0,00	214,50	1.713,51 €
Dezembro 2009	30 (12 de aulas)	306,43	0,00	306,43	2.443,74 €	Dezembro 2009	30 (12 de aulas)	183,86	0,00	122,57	983,28 €
Janeiro 2010	31 (15 de aulas)	383,04	0,00	383,04	3.052,27 €	Janeiro 2010	31 (15 de aulas)	229,82	0,00	153,22	1.226,69 €
Fevereiro 2010	30 (18 de aulas)	459,65	0,00	459,65	3.660,80 €	Fevereiro 2010	30 (18 de aulas)	275,79	0,00	183,86	1.470,10 €
Março 2010	31 (20 de aulas)	510,72	0,00	510,72	4.066,49 €	Março 2010	31 (20 de aulas)	306,43	0,00	204,29	1.632,37 €
Abril 2010	31 (15 de aulas)	383,04	0,00	383,04	3.052,27 €	Abril 2010	31 (15 de aulas)	229,82	0,00	153,22	1.226,69 €
Mai 2010	30 (20 de aulas)	510,72	96,60	607,32	4.833,82 €	Mai 2010	30 (20 de aulas)	306,43	96,60	521,27	4.150,25 €
Junho 2010	31 (13 de aulas)	331,97	96,60	428,57	3.413,92 €	Junho 2010	31 (13 de aulas)	199,18	96,60	428,57	3.413,92 €
Julho 2010	30 (27 úteis)	344,74	96,60	441,34	3.515,34 €	Julho 2010	30 (27 úteis)	344,74	96,60	441,34	3.515,34 €
Agosto 2010	31 (0 de aulas)	0,00	96,60	96,60	776,96 €	Agosto 2010	31 (0 de aulas)	0,00	96,60	96,60	776,96 €
TOTAL		4.634,78	483,00	5.117,78	40.768 €	TOTAL		2.918,76	483,00	3.162,49	25.237 €

Tarifa (€ / m³) 7,0900 €

Tarifa (€ / m³) 7,0900 €

Reservatório	86 m ³ (3 ^o 25 + 3 ^o 3,75)
Investimento	44.362,23 €
€ rede extra	0,00 €
€ energia	10,00 €/ano
€ manutenção	215,00 €/ano
€ juros Banco	891,74 €/ano
TOTAL :	44.587,23 €
Amortização	3 anos

DIFERENÇA NUM ANO LECTIVO
15.532 €

CAPÍTULO VI - Incentivos mundiais ao aproveitamento da água da chuva

Após a análise dos resultados do capítulo anterior, e na continuidade do que tem vindo a ser defendido, seria interessante e com toda a certeza estimulante que, tal como já acontece noutros países, o governo português atribuísse incentivos fiscais para promover a instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva. Desta forma, a adopção destes sistemas seria muito mais estimulada, viabilizando-os em novas construções ou em edifícios já existentes. Contribuir-se-ia igualmente para o aumento da oferta destes sistemas e para a diminuição da procura de água potável e da água da chuva encaminhada para os colectores públicos.

Os incentivos atribuídos na instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva não são novidade em países como a Alemanha, Austrália, o Estado do Texas, ou mesmo na Índia, onde o aproveitamento é já obrigatório em algumas cidades (Tammie Stark, 2008).

A Alemanha é dos países do mundo onde a política da gestão da água está melhor implementada. O principal foco dessa política passa por melhorar a qualidade da água e reduzir a poluição causada por descargas de águas residuais e poluição não-pontual, como descargas agrícolas, erosões no solo, esgotos e drenagem de águas pluviais. Há 30 anos atrás, a poluição da água foi motivo de grande preocupação, já que nos anos de reconstrução do pós-guerra a protecção da água não acompanhou o ritmo de expansão das actividades industriais. Assim, uma série de medidas foram introduzidas como forma de melhorar, a longo prazo, a qualidade da água. A prioridade destas políticas é a de confirmar quem realmente são os responsáveis pela poluição das águas (Nolde, s.d.). Na Alemanha, o acesso à água potável e ao saneamento é universal: mais de 99% dos alemães estão ligados ao sistema público de abastecimento de água, sendo que os restantes são servidos por poços particulares, e 93% estão ligados ao sistema de esgotos (Nolde, s.d.). Sensivelmente 94% dos esgotos municipais são tratados de acordo com os mais elevados padrões da União Europeia. As perdas de água na rede de distribuição têm sido estimadas em apenas 6.8% em 2004, um nível baixo em comparação com o resto da Europa (Nolde, s.d.). O abastecimento de água é dominado por empresas do tipo multi-utilitário, que incluem água, gás e electricidade. A responsabilidade pelo abastecimento de água e saneamento é dos municípios, regulados pelo Estado, que por

sua vez podem delegar a sua responsabilidade para empresas municipais ou privadas, parcerias público-privadas ou associações municipais. No que diz respeito às águas residuais, a ligação à rede pública é obrigatória, e faz parte da política de protecção da saúde pública. Por Lei, as tarifas na Alemanha devem cobrir todos os custos do abastecimento de água e drenagem das águas residuais. O cálculo do preço da água a baseado no princípio da recuperação integral dos custos, que inclui todas as despesas de extracção, distribuição, recolha e tratamento. Cerca de 98% dos custos de abastecimento de água potável e 93% dos custos de drenagem de esgotos são directamente suportados pelo consumidor (recuperação de custos). A recuperação do custo no sector das águas residuais inclui os serviços de colecta e tratamento de esgotos (baseado no consumo medido de água potável) e de impermeabilização do solo, calculada por m² de área impermeável, para além da ligação ao sistema público. Relativamente às águas residuais, 75 a 85% dos custos são custos fixos, incluindo amortizações, juros, pessoal e manutenção, independentemente da quantidade de água utilizada e, conseqüentemente, tratada em ETAR's. Em 2004, as taxas médias pagas pelo consumidor para cobrir os custos de recolha e tratamento de águas residuais totalizavam 124€ anuais (Nolde, s.d.).

Entre outras políticas que igualmente contribuem para a gestão da água na Alemanha, a mais interessante é a introdução de um imposto baseado na área de impermeabilização do solo, de forma a forçar os proprietários a acumular a água da chuva das suas próprias habitações, evitando que a mesma seja escoada para os colectores e via pública. Mantendo a água da chuva no local onde cai, o governo alemão procura diminuir os encargos de manutenção das infra-estruturas hidráulicas públicas. A população candidata-se, assim, a reduções ou isenções deste imposto, através da adopção de sistemas de aproveitamento de água da chuva ou outras formas de reduzir os caudais de água da chuva em espaço público, como por exemplo a construção de telhados verdes (Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond).

Segundo o Arizona Department of Environmental Quality, em Tucson, no Estado do Arizona, o governo oferece um crédito até 25% do custo de um sistema de aproveitamento de água pluvial, com um máximo de 1000 dólares (aproximadamente 750 euros). Este crédito está em vigor até 1 de Janeiro de 2012. Nesta cidade é já obrigatório um projecto para recolha de água da chuva para novas construções.

Em Austin, outra cidade do Arizona, também são concedidos incentivos a quem se propuser instalar um sistema para aproveitamento de água da chuva, mediante o cumprimento de alguns requisitos. O Water Conservation Division (2009) enuncia alguns dos requisitos:

- o candidato ao crédito terá de ter 100% do seu abastecimento de água garantido pela Austin Water Utility;

- o reservatório do sistema terá de ter um mínimo de aproximadamente 1.14m³ (300 US gallons);

- o tempo de utilização do sistema terá de ser, no mínimo, 20 anos;

- não são admitidos reservatórios de aço galvanizado, devido à sua curta vida útil;

- o candidato compromete-se, sempre que solicitado, a permitir a visita do Water Conservation Staff para eventuais vistorias.

Os incentivos chegam aos 500 dólares (aproximadamente 375 euros) para o reservatório, baseados numa combinação de sensivelmente 12 cêntimos por litro de armazenamento, acrescidos de metade do custo dos restantes componentes e acessórios do sistema. Todos os custos terão de ser comprovados mediante a apresentação das respectivas facturas.

Em Queensland, na Austrália, o governo oferece até 1500 dólares (sensivelmente 1130 euros) para aquisição e instalação de reservatórios de armazenagem de água da chuva, (Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond). Além disso, desde 29 de Agosto de 2005, todas as novas construções pertencentes à Classe A+ de reutilização de águas cinzentas serão obrigadas a instalar um reservatório com 3.00 m³ de capacidade para abastecimento de máquinas de lavar roupa e torneiras de lavagem exteriores.

Conclusão

O crescente aumento dos níveis de consumo de água potável, associado a uma cada vez maior escassez dos recursos existentes, quer em termos quantitativos, quer qualitativos, com o conseqüente aumento do custo da produção para a sua obtenção, conduziu à adopção de medidas por parte da União Europeia e de Portugal que revertessem esta tendência, e de que são exemplos a “Directiva Quadro da Água” e o “Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água”. A problemática da gestão da água é uma realidade longe do fim, largamente influenciada pela intervenção humana ao nível de todo o ciclo hidrológico: desde a captação ao armazenamento, durante a utilização e na sua recuperação. Os impactos causados pela população mundial neste recurso, impõem restrições e custos para o abastecimento de água potável.

Entre as medidas conhecidas para a sustentabilidade do uso de água, em Portugal destacam-se as propostas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), com especial ênfase para as medidas de consciencialização e motivação, a alteração dos níveis de pressão das redes de distribuição prediais, o aproveitamento de água da chuva e a reutilização de algumas águas residuais. Além do LNEC, também a Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) assume um papel cada vez mais determinante nas questões de eficiência hídrica. O caso concreto da utilização da água da chuva não é uma medida recente, sendo que com mais ou menos tecnologia, estes sistemas têm vindo a ser utilizados desde há centenas de anos nas civilizações ao longo da História. Fazem parte da generalidade dos sistemas a superfície de captura, os órgãos de drenagem (caleiras e tubos de queda), meios de filtração e tratamento da água, o reservatório de armazenamento e o sistema de abastecimento.

Partindo dos resultados obtidos na moradia unifamiliar, procurou-se determinar a resposta de um sistema de aproveitamento de água da chuva noutra tipo de edifícios, tendo-se escolhido para o efeito um edifício de escritórios e um edifício escolar. Para cada um dos casos foi estudada a resposta económica em Portugal e na Dinamarca, sendo que se optou por este país, uma vez que é nele que se praticam os preços mais elevados de abastecimento de água no Mundo.

A análise dos resultados obtidos para o caso da moradia revela que o sistema se torna inviável tanto com a aplicação das taxas portuguesas, com o período de retorno a chegar aos 77 anos (poupança anual de 74€), como no caso dinamarquês, onde desce para os 23 anos (poupança anual de 250€).

Tabela VII.1 - Comparação económica e de consumos na moradia, em Portugal e na Dinamarca

MORADIA (Consumo anual: 47.19 m ³ /ano)				
	<i>VALOR ANUAL A PAGAR SEM O SISTEMA (€)</i>	<i>VALOR ANUAL A PAGAR COM O SAAP (€)</i>	<i>POUPANÇA ANUAL (€)</i>	<i>PERÍODO DE AMORTIZAÇÃO (anos)</i>
PORTUGAL	669 €	595 €	74 €	<u>77</u>
DINAMARCA	1.889 €	1.640 €	250 €	<u>23</u>

Aumentando a amplitude do sistema para um edifício de escritórios, verificou-se que o período de retorno diminui nos dois países, mas continua a ser muito superior no caso português: são necessários 27 anos para que o sistema seja amortizado em Portugal (poupança anual de 699€), e 7 anos na Dinamarca (poupança anual de 2532€).

Tabela VII.2 - Comparação económica e de consumos no edifício de escritórios, em Portugal e na Dinamarca

EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS (Consumo anual: 462.72 m ³ /ano)				
	<i>VALOR ANUAL A PAGAR SEM O SISTEMA (€)</i>	<i>VALOR ANUAL A PAGAR COM O SAAP (€)</i>	<i>POUPANÇA ANUAL (€)</i>	<i>PERÍODO DE AMORTIZAÇÃO (anos)</i>
PORTUGAL	4.017 €	3.317 €	699 €	<u>27</u>
DINAMARCA	7.343 €	4.811 €	2.532 €	<u>7</u>

Por último, numa escala ainda maior, confirmou-se a tendência do período de retorno diminuir com o aumento dos consumos e, uma vez mais, Portugal fica atrás da Dinamarca no que diz respeito à amortização do investimento: no caso do edifício

escolar são necessários 14 anos para tornar o investimento rentável (poupança anual de 3248€), contra 3 anos no caso dinamarquês (poupança anual de 15532€).

Tabela VII.3 - Comparação económica e de consumos no edifício escolar, em Portugal e na Dinamarca

EDIFÍCIO ESCOLAR (Consumo anual: 2574.03 m ³ /ano)				
	<i>VALOR ANUAL A PAGAR SEM O SISTEMA (€)</i>	<i>VALOR ANUAL A PAGAR COM O SAAP (€)</i>	<i>POUPANÇA ANUAL (€)</i>	<i>PERÍODO DE AMORTIZAÇÃO (anos)</i>
PORTUGAL	8.618 €	5.370 €	3.248 €	14
DINAMARCA	40.768 €	25.237 €	15.532 €	3

Quer isto dizer que a viabilidade dos sistemas de aproveitamento de água da chuva ganha mais expressão quando os consumos são significativamente maiores, o que só se verifica em edifícios de utilização colectiva, como o caso do edifício de escritórios e o edifício escolar. O período de retorno diminui com consumos maiores e, mais do que isso, a poupança anual verificada também aumenta. Por outro lado, o valor poupado é tanto maior quanto maior for a taxa aplicada, razão pela qual os valores poupados em Portugal e na Dinamarca serem tão distantes.

A análise da viabilidade deste tipo de sistemas ganha ainda mais expressão através da relação com a dimensão do próprio sistema e a amplitude de consumos no tipo de edifício em causa. Os consumos registados variam desde os 47.2m³/ano no caso da moradia até aos 2574m³/ano no caso do edifício escolar, com o valor de intermédio de 462.7m³/ano no edifício de escritórios. Os resultados provam, uma vez mais, que o investimento é mais rapidamente amortizado com consumos maiores, e em consumos que possuem períodos de paragem, como férias e fins-de-semana (caso de escritórios e edifícios escolares), os quais representam um importante peso na factura final.

Em suma, os resultados obtidos revelam que Portugal não terá, num futuro próximo, alternativa que não seja aproximar o preço da água aos valores praticados nos restantes países da União Europeia, preço esse que, de acordo com a Directiva Quadro da Água,

terá de espelhar o valor real que a água representa. Chama-se a atenção para o facto de, com esta Dissertação, não se pretender incentivar o aumento do preço da água em Portugal, como poderá uma leitura desatenta sugerir. Qualquer que seja o tipo de edifício, um sistema de aproveitamento de água da chuva será tanto mais rentável quanto o preço da água se equiparar ao seu valor real.

Uma vez mais se questiona: será dado à água o valor que realmente lhe é devido? Não deveria já ter começado uma política de incentivos à utilização destes sistemas no planeamento urbanístico português?

As tarifas que se praticam em Portugal são, na verdade, a causa que mais directamente influencia a viabilidade de implementação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em pequenos edifícios. Esta questão leva a alertar também para o facto de, isoladamente e no caso de habitações unifamiliares, estes sistemas não serem compensatórios. Faz, sim, todo o sentido, a adopção de um conjunto de medidas que, no seu todo, mais do que de uma forma individual, possam trazer significado à gestão e sustentabilidade dos recursos hídricos.

Em Portugal, os maus hábitos de consumos, aliados a uma pouco eficaz política economicista, levam a que não se pague o preço justo da água. É necessário o alerta para a consciência crítica e para a mudança de mentalidades e comportamentos. É indispensável continuar um processo de consciencialização da população para esta realidade, e a melhoria das próprias instalações prediais. A Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP) é uma referência em Portugal neste domínio, e tem aqui um papel determinante, com o auxílio que tem vindo a dar no âmbito da eficiência hidráulica e sustentabilidade. Deveriam também surgir mais medidas de incentivo, focalizando a poupança, nomeadamente através de subsídios para a aquisição de dispositivos, ou mesmo a introdução de medidas de carácter punitivo, numa perspectiva de “poluidor-pagador”, sempre que os consumos excedam os valores de referência a fixar. Exemplos como os da Alemanha, Austrália e o Estado do Texas, reunidos no Capítulo VI, devem servir como ponto de partida para uma missão que será, certamente, mais um desafio da sociedade portuguesa.

Relativamente ao caso concreto do aproveitamento de águas pluviais, a sua aplicação será sempre uma mais-valia para a redução do volume de água tratada a distribuir, com os correspondentes ganhos económicos que, por certo, ajudariam o país. Além disso, há que ter em conta a redução do caudal de cheia, o risco de inundações e a preservação dos lençóis freáticos que se conseguiria obter com a aplicação destes sistemas em larga escala, sem nunca esquecer o contributo ambiental e de gestão dos recursos hídricos que lhes está inerente.

Por este motivo, considera-se que esta Dissertação não termina aqui. Seria curioso e até útil continuar o trabalho desenvolvido e verificar o que significaria, numa escala maior, estender os cálculos realizados a um conjunto de n moradias, para que se pudesse concluir que contributo seria dado, ao nível da gestão do volume de água, com a água da chuva então recolhida.

Tabela VII.4 - Comparação económica e de consumos em Portugal e na Dinamarca, para cada tipo de edifício estudado

	MORADIA (Consumo anual: 47.19 m ³ /ano)				EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS (Consumo anual: 462.72 m ³ /ano)				EDIFÍCIO ESCOLAR (Consumo anual: 2574.03 m ³ /ano)			
	VALOR ANUAL A PAGAR SEM O SISTEMA (€)	VALOR ANUAL A PAGAR COM O SAAP (€)	POUPANÇA ANUAL (€)	PERÍODO DE AMORTIZAÇÃO (anos)	VALOR ANUAL A PAGAR SEM O SISTEMA (€)	VALOR ANUAL A PAGAR COM O SAAP (€)	POUPANÇA ANUAL (€)	PERÍODO DE AMORTIZAÇÃO (anos)	VALOR ANUAL A PAGAR SEM O SISTEMA (€)	VALOR ANUAL A PAGAR COM O SAAP (€)	POUPANÇA ANUAL (€)	PERÍODO DE AMORTIZAÇÃO (anos)
PORTUGAL	669 €	595 €	74 €	<u>77</u>	4.017 €	3.317 €	699 €	<u>27</u>	8.618 €	5.370 €	3.248 €	<u>14</u>
DINAMARCA	1.889 €	1.640 €	250 €	<u>23</u>	7.343 €	4.811 €	2.532 €	<u>7</u>	40.768 €	25.237 €	15.532 €	<u>3</u>

Bibliografia

Bertolo, E. (2006). Aproveitamento da Água da Chuva em Edificações. FEUP. Porto.

Comissão Europeia (2002). A Directiva Quadro da Água: algumas informações. Luxemburgo

Direcção Geral do Ambiente (2000). Propostas para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. Amadora

Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 (2009). Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Coimbra

Laranjeira da Costa, A. M. *et al.* Gestão sustentável dos recursos hídricos: a situação portuguesa e os desafios da União Europeia. Vila Real

Mano, R. S. (2004). A captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre

Murta, J. e Barreto, Y. (2004). Directiva Quadro da Água e a sua aplicação em Portugal. Instituto Superior Técnico. Lisboa

Neves, M. V. (2002). Estratégias para o uso mais eficiente da água em Portugal. Porto

Nolde, Norma Khoury-. Water resources, water costs and tariffs in Germany. Alemanha

Pedroso, Vitor M. R. (2007). Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa

Pedroso, Vitor M. R. (2009). Medidas para um uso mais eficiente da água nos edifícios - ITE 53. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa

Rodrigues, R. *et al.* (2000) A qualidade da água em Portugal. Instituto da Água, I.P. Lisboa.

Rossa, S. e Neves, M. V. (2002). Uso eficiente da água: medidas prioritárias em Portugal. FEUP. Porto

Stark, Tammie (2008). The State of the Rainwater Harvesting in the U.S. Lane Community College. Oregon. EUA.

Texas Water Development Board (2005). Texas Manual on Rainwater Harvesting. Third Edition. Austin, Texas

Tordo, O. C. (2004). Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis. Universidade Regional do Blumenau

Vieira, P. *et al* (2002). Inquérito aos hábitos de Utilização e Consumos de Água na Habitação. Anais do 10.º Encontro Nacional de Saneamento Básico. Universidade do Minho. Braga

Vieira, P. (2003). Gestão da Água em Portugal. Os Desafios do Plano Nacional da Água. Universidade do Minho. Departamento de Engenharia Civil. Braga

Vimágua - Empresa de Água e Saneamento de Guimarães e Vizela, E.I.M., S.A. (2010). Tarifário 2010

Water Conservation Division (2009). Rainwater Harvesting - Incentive Program. Austin. Texas

Worm, J. e Hattum, T. (2006). Recolha da água da chuva para uso doméstico. Fundação Agromisa. Wageningen

Normas e legislação

CE (2000). A Directiva Quadro da Água - Directiva 2000/60/CE. Comissão Europeia. Serviço das Publicações Oficiais das Comunidades Europeias. Luxemburgo

Decreto-Lei 112/2002, de 17 de Fevereiro. Plano Nacional da Água

Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto-Regulamentar n.º 23/95). Lisboa. 1995

Sistemas de recuperação de água da chuva. Manual técnico da GRAF. Katalog R 28 Carat PT.

Sites

Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. www.anqip.pt (consultado entre Maio de 2010 e Janeiro de 2011)

Arizona Department of Environmental Quality. www.azdq.gov (consultado em Janeiro de 2011)

Global Water Intelligence. www.globalwaterintel.com (consultado em Maio de 2010)

Rainwater Harvesting for Drylands and Beyond. www.harvestingrainwater.com (consultado em Janeiro de 2011)

Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. www.snirh.pt (consultado em Janeiro de 2011)