

APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS - APLICAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO A UM HOSPITAL Rainwater Harvesting: Harvesting System Application in an Hospital

FILIPA MAGALHÃES ⁽¹⁾ e RODRIGO MAIA ⁽²⁾

⁽¹⁾ Mestre em Engenharia do Ambiente, FEUP
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, up200803737@fe.up.pt

⁽²⁾ Professor Associado, FEUP
Rua do Dr. Roberto Frias, s/n, 4200-465 Porto, rmaia@fe.up.pt

Resumo

A problemática global da atual escassez de água conduz à necessidade de repensar o seu uso, sendo neste contexto que surgiu e tem vindo a ganhar relevo o conceito de Aproveitamento de Águas Pluviais, que constitui o principal foco deste artigo.

No presente trabalho pretendeu-se avaliar quais seriam as principais componentes ligadas ao aproveitamento de águas pluviais, nomeadamente no que diz respeito à aplicação de sistemas de aproveitamento em edifícios de grande escala, associados a consumos não uniformes de água. Para a elaboração do caso prático, recorreu-se ao Hospital Pedro Hispano, localizado em Matosinhos. A partir de uma análise laboratorial efetuada à água das chuvas, de acordo com os diversos consumos de água do hospital, e tendo em conta as características do sistema de drenagem das águas pluviais ao nível do solo, optou-se pela utilização de cerca de 75% da água drenada das coberturas do complexo hospitalar nas torres de arrefecimento do *chiller* de absorção. A aplicação do sistema de aproveitamento para a rega de jardins foi igualmente considerada, tendo-se objetivado a substituição da água subterrânea utilizada na atualidade.

Após o dimensionamento, efetuou-se uma estimativa do custo orçamental decorrente da implementação do sistema de aproveitamento, assim como uma análise da sua viabilidade económica.

Palavras-chave: Aproveitamento de águas pluviais, edifícios de grande escala, consumos, dimensionamento, estimativa orçamental, análise de viabilidade económica.

Abstract

The current existing global problem regarding water shortage brings about the necessity of using the water in a different way. The concept of Rainwater Harvesting appears in this context and constitutes the main focus on this article.

In this work, all components regarding rainwater harvesting were evaluated and applied to large-scale buildings with non-uniform water consumption pattern. The practical case here applied was the Pedro Hispano Hospital, in Matosinhos.

According to a laboratory analysis, the hospital water consumption record and the characteristics of the rainwater drainage system at ground level, 75 % of the water was directed to the absorption chiller's cooling towers. With the aim of replacing the current use of groundwater in the gardens' irrigation, the application of this system was also considered.

After the initial designing procedure, an estimation of the initial investment was obtained relating to the harvesting system, as well as an analysis of its economic viability.

Keywords: Rainwater harvesting, large-scale buildings, consumptions, design, budget estimation, economic viability analysis.

1. Introdução

A manutenção do Ciclo Hidrológico da Água e a conservação da água, que deve ser encarada como um recurso essencial mas também escasso, assumem-se como desafios importantes para a Humanidade. O aumento da população que se tem verificado nos últimos anos e a diversidade de atividades praticadas pelo Homem conduzem a um maior consumo de água e consequentemente a uma redução das reservas de recursos hídricos. Este facto, aliado a um aumento generalizado da poluição, levam à diminuição da quantidade de água disponível para consumo (Verdade, 2008).

Face a este cenário, torna-se urgente repensar o uso da água, procedendo à implementação de novos paradigmas que envolvam a redução de consumos, a reutilização e reciclagem da mesma e o recurso a origens alternativas numa perspetiva de sustentabilidade.

Surge, neste sentido, o conceito de Aproveitamento de Águas Pluviais, que constitui o âmbito principal deste trabalho. Este poderá constituir uma solução com potencial para derivação de caudais, para reduzir as exigências dos sistemas de abastecimento de água e de drenagem de águas pluviais e para reduzir os impactos no meio ambiente (Bertolo, 2006 e Rodrigues, 2010).

Pretende-se, com este estudo, determinar todas as componentes relacionadas com o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Em termos práticos, o principal objetivo foi a explicitação das envolventes da aplicação de um sistema de aproveitamento a um hospital, tendo-se escolhido, para elaboração do caso de estudo, o Hospital Pedro Hispano, em Matosinhos. Neste ponto em particular, a finalidade do estudo relaciona-se com a definição de todas as componentes inerentes ao dimensionamento do sistema, das particularidades do edifício e de todas as limitações encontradas.

A elaboração do orçamento geral do sistema e a realização de um estudo de viabilidade económica permitirão avaliar a aplicabilidade do projeto em termos reais.

2. Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais

Quando se pretende implementar um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP), representado de forma simplificada na Figura 1, o primeiro passo a tomar é dimensionar os vários componentes do processo de aproveitamento.

Este dimensionamento difere para cada caso e deve partir das necessidades e dos objetivos do usuário, devendo englobar a área de captação e as características de construção, assim como uma recolha de informações e levantamentos no local.

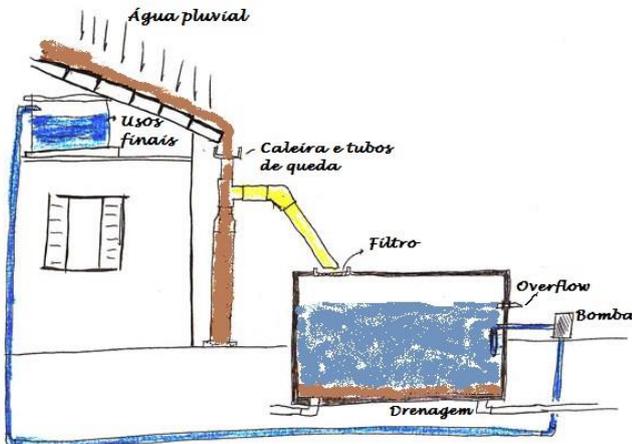


Figura 1: Esquemática de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (adaptado de NOSSACARA.COM, 2010)

A **recolha** da água pluvial ocorre nos telhados ou terraços, sendo que o **transporte** da mesma é efetuado através das cauleiras e dos tubos de queda. Ainda antes de ocorrer o armazenamento, dá-se uma etapa de filtração com o objetivo de remover os sólidos suspensos presentes na água.

O **armazenamento** é realizado num reservatório ou cisterna, que constitui um dos componentes mais importantes de um SAAP, uma vez que influencia a qualidade da água, constitui a peça mais dispendiosa do investimento e atua como fator de otimização da água disponível *versus* as necessidades de abastecimento através da regularização dos volumes afluentes.

Neste tipo de sistemas pode ainda incluir-se uma etapa de **tratamento**, que dependerá dos usos finais a atribuir à água da chuva.

3. Aplicação de um Sistema de Aproveitamento a um Hospital

3.1. Descrição do caso prático

O dimensionamento do sistema de aproveitamento foi realizado para o Hospital Pedro Hispano, localizado em Matosinhos, construído em 1997, e que tem demonstrado interesse no que concerne às políticas de poupança de água.

3.2. Dimensionamento do sistema de aproveitamento

3.2.1. Avaliação do potencial volume captado

De forma a dimensionar o sistema de aproveitamento de águas pluviais tornou-se necessário avaliar primeiramente o volume de água passível de ser captado através das coberturas do Hospital. Para isso, estudou-se a precipitação mensal na zona em estudo, tendo-se para tal recorrido ao sítio na Internet do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH).

Através da seleção da rede de monitorização meteorológica e das bacias hidrográficas do Ave/Leça e de Leça/Ribeiras Costeiras, constatou-se que a estação meteorológica mais próxima do Hospital Pedro Hispano era a de Leça da Palmeira. No entanto, esta apenas possuía registos de precipitação mensal correspondentes a 14 anos hidrológicos completos.

De forma a completar esse registo, aplicou-se o Método das Duplas Acumulações, tendo-se selecionado a estação meteorológica de Vila Chã (Mindelo) como posto-modelo. Obteve-se desta forma um registo relativo a 22 anos hidrológicos completos (1979/1980 a 2001/2002) e consequentemente os valores de precipitação média mensal para o posto em estudo.

Sabendo a área das coberturas do Hospital, tornou-se então possível o cálculo do volume de captação, sendo a equação 1 a expressão utilizada para o efeito (Comissão Técnica ANQIP, 2009).

$$V = C P A n_f \quad [1]$$

em que V representa o volume de captação ou volume aproveitável (em litros), C o coeficiente de escoamento da cobertura, que se considerou ser de 0.7, P a precipitação média mensal (em mm), A a área de captação (em m^2) e n_f a eficiência hidráulica de filtragem, que se admitiu ser de 90 %.

3.2.2. Usos finais da água pluvial

Com o intuito de se perceber se a água da chuva possuía características compatíveis com qualquer um dos usos finais que se lhe pretendesse atribuir, realizou-se uma análise laboratorial na FEUP a alguns parâmetros físico-químicos.

Tendo em conta os resultados obtidos, e após uma análise exaustiva aos principais usos não potáveis de água no Hospital, optou-se pela seleção das torres de arrefecimento do *chiller* de absorção, já que apresentam consumos mensais de água bastante elevados, e a rega de jardins.

Atualmente utiliza-se água da rede pública nas torres de arrefecimento, o que, tendo em conta os consumos mensais, acarreta elevados custos. No que se refere à alimentação do setor da rega, existem três furos para extração de água subterrânea no terreno do Hospital.

No entanto, apenas dois se encontram em funcionamento, sendo que um destes debita apenas um fio de água, incapaz de satisfazer as necessidades de consumo.

O aproveitamento de águas pluviais poderá por isso constituir uma solução para este problema, e foi nesse contexto que o estudo se realizou.

3.2.3. Caso de estudo

Tendo em conta as características do terreno, a forma como a drenagem da água da chuva proveniente das coberturas do edifício ocorre e a própria configuração das mesmas, optou-se por dimensionar um sistema de aproveitamento distinto para as torres de arrefecimento e para a rega de jardins.

Assim, parte da água a aproveitar será encaminhada para o reservatório a dimensionar (de água pluvial) e a outra será levada diretamente para o reservatório já existente para a rega (de água subterrânea).

A Figura 2 ilustra a repartição das áreas de cobertura pelos usos finais escolhidos, sendo a área a azul a aproveitável para as torres de arrefecimento, a área a verde a aproveitável para rega e a área a cinzento a área não considerada no estudo.

A água destinada à rega de jardins provirá de uma área de coberturas de 2501 m², enquanto existem cerca de 586 m² que não irão ser aproveitados no estudo. Quanto à área de interesse para as torres de arrefecimento, esta equivale a cerca de 9722 m².

Na Figura 2 é ainda observável a localização do reservatório já existente de água subterrânea e das torres de arrefecimento em análise.



Figura 2. Repartição das áreas de cobertura pelos usos finais escolhidos.

O posicionamento do reservatório de água pluvial a construir encontra-se representado na Figura 3, que é relativa à rede de drenagem de águas pluviais à data da construção do Hospital. Nesta imagem é possível analisar também as caixas de recolha essenciais ao dimensionamento do sistema, que servirão para a construção de poços de bombagem. Estes últimos possuem, como principal função, facilitar o encaminhamento da água pluvial desde as coberturas até ao reservatório.

3.2.4. Reservatório de água pluvial

Nos sistemas de aproveitamento de águas pluviais, o reservatório constitui normalmente uma parcela significativa do investimento, razão pela qual se decidiu efetuar um estudo económico das várias capacidades do mesmo com vista à escolha da mais adequada para o estudo em questão.

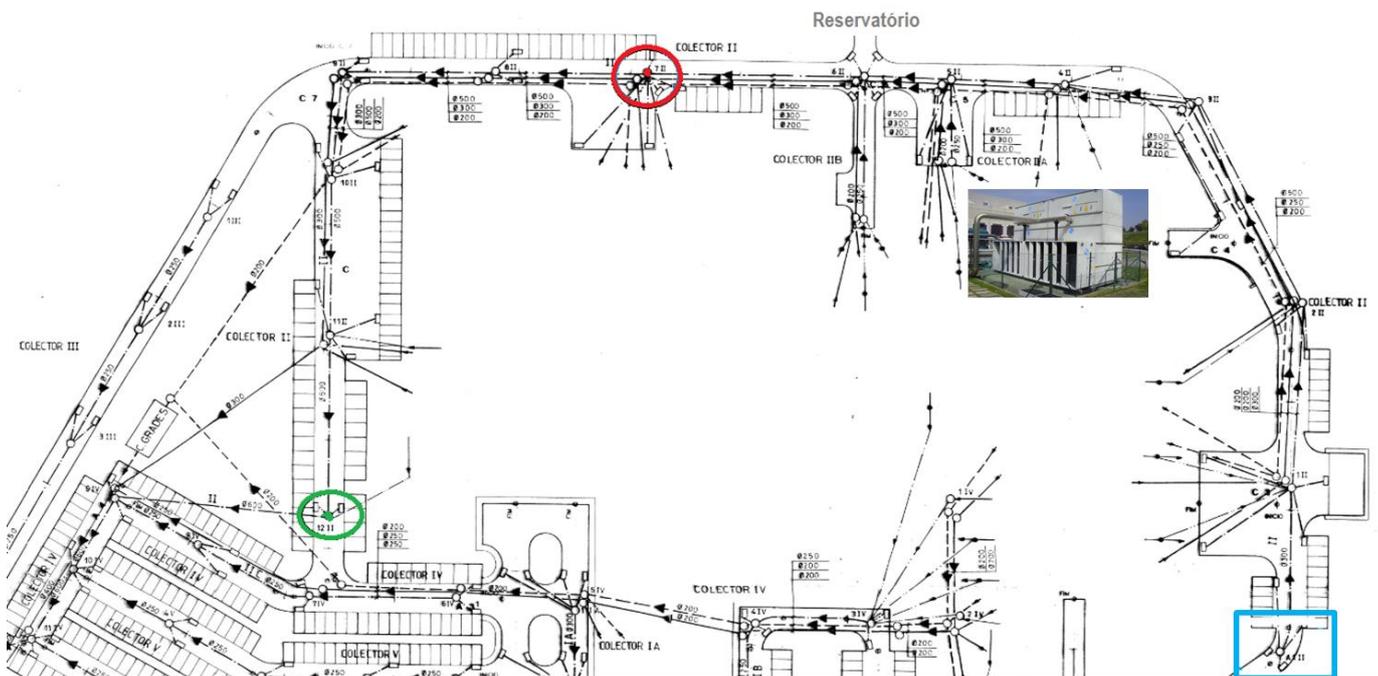


Figura 3. Rede de drenagem de águas pluviais com a localização do reservatório e das torres de arrefecimento.

Antes de se passar para a discriminação desta análise, importa mencionar a forma como se definiu a gama de volumes a ser estudada.

Com base num ficheiro *Excel*, foi utilizado um processo iterativo em que se procedeu à estipulação de algumas variáveis, tais como a área disponível, a remoção das primeiras chuvas, o coeficiente de escoamento e a eficiência de filtragem, arbitrando-se vários valores de volume disponível (capacidade do reservatório).

A partir dos mesmos e sabendo o caudal afluente, a partir dos valores de precipitação mensal e dos consumos mensais das torres de arrefecimento, foi possível obter os valores mensais de volume armazenado, de volume em falta (em que se torna necessário utilizar a água da rede pública) e de volume poupado relativamente à situação atual. Para isso recorreu-se às equações 2, 3 e 4.

$$V_{armazenado,i}(m^3) = \text{Máximo}(\text{Mínimo}(V_{armazenado,i-1} - \text{Consumo}_{i-1} + Q_{afluente,i-1}; \text{Capacidade}_{reservatório}); 0) \quad [2]$$

$$V_{em\ falta,i}(m^3) = \text{Máximo}(\text{Consumo}_i - Q_{afluente,i} - V_{armazenado,i}; 0) \quad [3]$$

$$V_{poupado,i}(m^3) = \text{Consumo}_i - V_{em\ falta,i} \quad [4]$$

Tendo em conta os resultados alcançados, selecionaram-se para o estudo as capacidades de 450, 700, 800, 900 e 1000 m³. Para cada um destes, e através do processo iterativo mencionado, estudou-se o aproveitamento por ano, em m³, dado pelo volume mensal poupado, a percentagem de redução do consumo de água da rede e a percentagem de água pluvial utilizada, de forma a quantificar a eficiência do sistema.

Os resultados obtidos estão presentes no Quadro 1.

Quadro 1. Poupança anual, redução do consumo da água da rede e percentagem de água pluvial em função do volume do reservatório.

Volume do reservatório (m ³)	Poupança anual (m ³)	Redução do consumo de água da rede (%)	Quantidade de água pluvial utilizada (%)
450	6020	47,2	92
700	6269	49,2	96
800	6369	49,9	97
900	6469	50,7	99
1000	6544	51,3	100

Conforme se verifica pela análise do Quadro 1, apenas com volumes de 900 e 1000 m³ é que se consegue uma redução superior a 50% no consumo da água da rede, pelo que se depreende que este sistema de aproveitamento terá como objetivo reduzir o consumo da água da rede e não eliminá-lo por completo (não existe um caudal afluente capaz de assegurar as necessidades de água por parte das torres de arrefecimento durante todos os meses do ano).

No entanto, e como é possível observar, a diferença entre a redução do consumo de água da rede para o menor volume em estudo e para o maior (de 1000 m³) não se revela muito significativa. O mesmo se verifica para a percentagem de água pluvial utilizada, em que a diferença é de apenas de 8%.

Posto isto, e sabendo que a tarifa média de água de 2013 no Hospital Pedro Hispano é de 2,7545 €/m³, é possível obter os valores de economia de água, desta vez em €, que correspondem às receitas anuais do sistema.

As despesas decorrem dos gastos energéticos e variam, tal como a economia de água, com o volume do reservatório. A partir desses valores torna-se então exequível efetuar uma atualização do rendimento anual ao longo do tempo de vida da exploração. Para o cálculo do rendimento anual atualizado recorreu-se à seguinte equação,

$$V_a = \text{Rendimento anual atualizado} = \frac{\text{Receitas anuais} - \text{Despesas anuais}}{(1+T_a)^n} \quad [5]$$

em que n equivale ao tempo de vida útil do reservatório - 40 anos - e T_a à taxa de atualização, que se considerou ser de 3% (Eurostat, 2013).

A partir do somatório dos rendimentos anuais atualizados obtidos para cada um dos volumes e sabendo o custo de investimento associado a cada reservatório, foi possível alcançar os valores do saldo atualizado, representados no Quadro 2, que correspondem à diferença entre os dois parâmetros (equação 6).

Os valores de investimento foram retirados de propostas de orçamentos de reservatórios semienterrados em betão efetuadas por empresa construtora (AIF Construções Lda.).

$$\text{Saldo atualizado} = \sum \text{Rendimento anual} - \text{Investimento} \quad [6]$$

O saldo atualizado representa os benefícios da exploração, pelo que o volume do reservatório a selecionar será o que apresentar o valor mais elevado no que se refere a este parâmetro.

Quadro 2. Saldo atualizado em função do volume do reservatório.

Volume do reservatório (m ³)	Somatório dos rendimentos anuais atualizados (€)	Investimento (€)	Saldo atualizado (€)
450	398462	42071,4	356390,2
700	414991	64664,7	350326,1
800	421609	73686,8	347922,0
900	428300	82660,1	345639,8
1000	433161	92410,3	340751,0

Se se atentar no Quadro 2, facilmente se depreende que, entre a gama de volumes em estudo, a escolha a fazer recai no reservatório de 450 m³, já que é este o que apresenta uma melhor relação custo-benefício.

As dimensões do reservatório para o volume escolhido estão discriminadas na Figura 4, a qual é referente à esquematização em corte do mesmo e de alguns pormenores associados à sua instalação, sem considerações de escala.

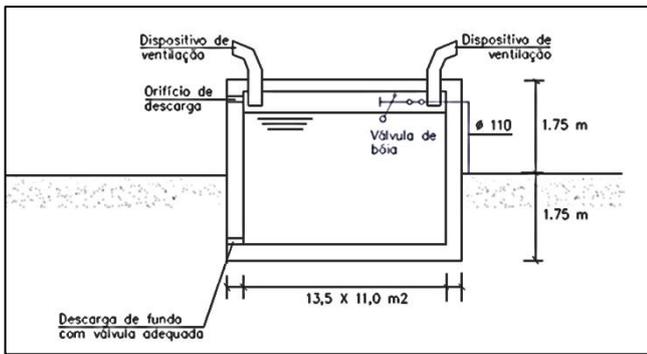


Figura 4. Esquematização do reservatório de água pluvial.

3.2.5. Etapa de tratamento

De forma a serem cumpridos os parâmetros de qualidade da água estipulados para o correto funcionamento do sistema de aproveitamento e com vista ao não comprometimento do funcionamento dos equipamentos afetados pelo mesmo, principalmente das torres de arrefecimento, deu-se especial realce à etapa de tratamento da água pluvial. Esta etapa é distinta para as torres de arrefecimento e para a rega.

Assim, no que se refere à água destinada às torres de arrefecimento, que será armazenada no reservatório a construir, esta deverá sofrer dois tipos de tratamento. A primeira parte compreende uma filtração multimédia, que tem como objetivo a remoção dos sólidos suspensos presentes na água, enquanto a segunda equivale à injeção de hipoclorito de sódio e de hidróxido de sódio com o intuito de promover a desinfecção e a correção de pH, respetivamente. A água já tratada é então armazenada no reservatório de betão existente para o efeito, sendo, ainda antes de ser bombeada, sujeita a um controlo de diversos parâmetros já estipulados (painel de controlo), em circuito fechado. Se alguma das especificações não for cumprida são acionados os mecanismos necessários à recirculação da água. No final, uma fração da água é encaminhada para as torres de arrefecimento, sendo a outra utilizada na lavagem dos filtros.

Relativamente à rega de jardins, deverá ser apenas incluída uma etapa de filtração, já que não existe a necessidade de se cumprirem parâmetros muito restritos relativamente às características físico-químicas da água pluvial.

3.3. Estimativa orçamental do sistema de aproveitamento

Tendo-se procedido ao dimensionamento do sistema de aproveitamento de águas pluviais mais adequado ao caso de estudo selecionado, importa aferir quais os custos inerentes às diversas parcelas que constituem o investimento inicial.

Posto isto, e começando pela primeira parte, relativa à implementação do SAAP para utilização da água pluvial nas torres de arrefecimento, há que considerar, como parcelas do investimento inicial, os custos inerentes à construção dos poços de bombagem 1 e 2, as condutas indispensáveis ao transporte da água entre os diversos pontos, assim como todos os processos associados ao seu posicionamento no terreno, a etapa de tratamento da água, o reservatório de betão e o transporte da água para o ponto de consumo (Quadro 3).

Quadro 3. Investimento inicial inerente à utilização da água pluvial nas torres de arrefecimento.

Parcelas do investimento	Custo (€)
Poços de bombagem	3654,9
Condutas PEAD do tipo PE 80, PN 6	957,3
Assentamento de condutas	2501,9
Equipamentos de tratamento da água e bombas	26454,6
Reservatório de água pluvial	42071,4
Investimento inicial = 75640 €	

O orçamento inerente à etapa de tratamento foi obtido a partir de empresa da especialidade (*Aquadom*), tendo os elementos de orçamento relativos à restante obra de construção civil obtidos junto da já referida empresa construtora (*AIF Construções Lda.*). É de referir que, uma vez que a área para colocação do reservatório se encontra a descoberto e como este apresenta ainda um volume considerável, optou-se pelo dimensionamento de um reservatório semienterrado para que exista uma adaptação mais fácil à zona envolvente em termos estéticos. As características associadas ao betão, principalmente em termos de resistência e de durabilidade, justificam a escolha deste material. De qualquer das formas, importa mencionar que, no âmbito de uma futura aplicação do SAAP, é aconselhável que seja efetuado um estudo acerca das várias tecnologias de construção possíveis de implementar, algo que não fez parte do âmbito deste trabalho.

O investimento inicial relativo à implementação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, considerando as torres de arrefecimento como uso final, assume o valor de 75640 €, conforme está indicado no Quadro 3. De referir que os valores apresentados correspondem ao mercado atual, pelo que poderão variar tendo em conta o ano de implementação do SAAP.

Considerando agora apenas o dimensionamento do sistema de aproveitamento para utilização da água da chuva na rega de jardins, foi obtida a estimativa orçamental apresentada no Quadro 4.

Quadro 4. Investimento inicial inerente à utilização da água pluvial na rega de jardins.

Parcelas do investimento	Custo (€)
Poço de bombagem	3654,9
Condutas PEAD do tipo PE 80, PN 6	957,3
Assentamento de condutas	2501,9
Etapa de tratamento da água	26454,6
Investimento inicial = 1600 €	

Comparando os Quadros 3 e 4, facilmente se constata que as parcelas de investimento inicial consideradas são praticamente as mesmas para ambos os casos, à exceção do reservatório de betão que não é contabilizado no investimento do setor da rega. Em termos de resultados obtidos, o sistema de aproveitamento destinado à utilização da água pluvial nas torres de arrefecimento apresenta um custo significativamente superior (em cerca de 42 vezes) ao custo correspondente à substituição da água subterrânea por água pluvial no sistema de rega existente. Tal facto vem de encontro ao expectável, no sentido em que o SAAP destinado às torres é relativo a uma escala muito superior, tanto em termos de consumos de água como de elementos a dimensionar e a construir.

3.4. Análise da viabilidade económica

3.4.1. Sistema de aproveitamento destinado às torres de arrefecimento

Com vista à compreensão das possibilidades de sucesso quer económico quer financeiro do sistema de aproveitamento de águas pluviais dimensionado, efetuou-se uma análise de viabilidade económica do mesmo. Esta baseou-se na utilização de indicadores de viabilidade, tais como o VAL (Valor Atualizado Líquido), a TIR (Taxa Interna de Rentabilidade) e o PRI (Período de Retorno do Investimento), calculados de acordo com as equações 7, 8 e 9, respetivamente (Claro, 2012).

$$VAL = \sum \text{Benefícios atualizados} - \sum \text{Custos atualizados} \quad [7]$$

$$VAL = \sum_{t=0}^n CF_t \left(\frac{1}{1+TIR} \right)^t = 0 \quad [8]$$

$$VAL = \sum_{t=0}^n CF_t \left(\frac{1}{1+\text{taxa de atualização}} \right)^t = 0 \quad [9]$$

Considerou-se que o sistema de aproveitamento funcionará durante 40 anos (período de exploração), admitindo-se que o Hospital Pedro Hispano estará em atividade pelo menos durante este período de tempo. Os 40 anos equivalem ao tempo de vida útil do reservatório de água pluvial. Tendo em conta que este último constitui a parcela mais significativa do investimento inicial, admitiu-se que o sistema alcança o seu fim de vida quando surgir a necessidade de substituir o reservatório. No entanto, considerou-se que deverá ocorrer uma substituição das bombas, aproximadamente a meio do seu tempo de vida útil, tendo-se por conseguinte adicionado um reinvestimento no valor de cerca de 5,8% do investimento inicial no ano 20 do estudo. Esta percentagem foi obtida a partir da seguinte equação,

$$\text{Reinvestimento (\%)} = \frac{\text{Custo substituição bombas}}{\text{Investimento inicial}} \times 100 \quad [10]$$

Como já foi referido anteriormente, as receitas ou os benefícios devidos à implementação do sistema correspondem à economia da água, isto é, ao volume de água da rede pública substituído pela água pluvial, multiplicado pela tarifa atual de água paga pelo Hospital. Para cada ano da análise surgiu ainda a necessidade de se contabilizarem os encargos da exploração, que se admitiu serem referentes aos custos de manutenção (gastos provenientes da introdução de hipoclorito de sódio e de hidróxido de sódio nos doseadores destinados ao tratamento da água das chuvas) e aos gastos energéticos.

Os custos de manutenção relacionados com pessoal estão já integrados no funcionamento do hospital que possui uma equipa de funcionários especializados para o efeito.

Obteve-se um valor do VAL igual a 71911 € que, sendo superior a 0, indica que o projeto em questão é viável. A TIR, por sua vez, tem o valor de 9%.

Como neste caso não se possuem dados acerca do custo de capital, admite-se que este equivale à taxa de atualização, que no presente estudo possui o valor de 3%.

Assim, como 9% é superior a 3%, pode igualmente afirmar-se que o projeto é rentável, já que, e em termos simplificados, as receitas correspondentes se sobrepõem aos custos (Claro, 2012).

No entanto, e igualando o valor do VAL a 0, verifica-se que só existe retorno do investimento aproximadamente ao ano 14 (PRI).

É de realçar que a análise efetuada apresenta algumas lacunas, nomeadamente no que diz respeito ao facto de não ter sido considerada a variação da tarifa da água nem da tarifa de eletricidade ao longo dos anos de exploração.

Além disso, a taxa de atualização utilizada poderá não ser a mais adequada para o caso em questão, não tendo feito no entanto parte do âmbito do estudo a análise mais pormenorizada desta variável.

3.4.2. Sistema de aproveitamento destinado à rega de jardins

No que se refere ao aproveitamento da água da chuva destinada à rega dos jardins do Hospital, o estudo de análise de viabilidade económica consistiu basicamente na comparação de duas hipóteses: substituição da água subterrânea utilizada na atualidade por água pluvial, através do sistema dimensionado, e a melhoria e manutenção do sistema existente, de acordo com os problemas vigentes.

Assim, tendo em conta que um dos furos de extração de água subterrânea já secou e outro destes apenas debita um fio de água incapaz de satisfazer as necessidades de consumo, considerou-se para este estudo que somente um dos furos funciona e que, no caso de se pretender continuar com o sistema de rega atual, existe a necessidade de se realizar um novo.

Esta operação, de acordo com informações do Hospital, acarreta um custo de cerca de 5000 €, bastante superior ao que advém da implementação do sistema de aproveitamento dimensionado (1600 €). Além disso, compararam-se os gastos energéticos decorrentes da extração de água subterrânea com os gastos inerentes à bombagem de água pluvial.

Para isso utilizou-se o ponto ótimo de funcionamento de cada uma das bombas em análise, tendo-se alcançado o valor de 0,18 €/mês para a extração de água subterrânea. Apesar de bastante baixo, revela-se superior ao decorrente da bombagem de água pluvial: 0,026 €/mês.

É possível, deste modo, constatar-te que a substituição do sistema de rega de jardins existente pelo aproveitamento de águas pluviais dimensionado parece constituir uma solução viável.

4. Conclusões e Trabalho Futuro

Procedendo a uma análise dos vários pontos abordados durante o trabalho realizado importa começar por referir que a aplicação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais a edifícios que não se encontrem em fase de conceção acarreta à partida vários entraves, que se prendem essencialmente com a adequação dos SAAP à construção existente e frequentemente à falta de informação documentada.

Tentou-se sempre colmatar essas dificuldades, apesar de em alguns casos ter sido necessário admitir certos pressupostos para se poder avançar com o estudo, de acordo com uma base teórica fundamentada.

Em termos de resultados obtidos, e no que se refere à escolha do reservatório de água pluvial, a análise realizada demonstrou que o sistema dimensionado não promove a eliminação da utilização da água da rede pública, substitui-a apenas na maioria dos meses do ano.

No processo de escolha do reservatório de água pluvial, a melhor relação custo-benefício foi obtida para uma capacidade de 450 m³.

O investimento inicial relativo à utilização da água nas torres de arrefecimento assume o valor de 75640 € e a análise de viabilidade económica conduziu a um VAL de 71911 €, uma TIR de 9% e um período de retorno do investimento de 14 anos, o que significa que o projeto dimensionado é viável. É ainda de referir que o sistema de aproveitamento de águas pluviais dimensionado é aplicável a outros hospitais e edifícios de grande escala.

No que se refere à substituição do sistema de rega existente, verificou-se que o sistema de aproveitamento de águas pluviais acarreta benefícios a nível económico mas também a nível ambiental, já que conduz à preservação de um recurso natural que é a água subterrânea.

A extrapolação a nível nacional destas conclusões poderá ser naturalmente limitada por diferentes níveis tarifários; uma uniformização das tarifas de água poderá potencialmente conduzir a um maior interesse na utilização de sistemas de aproveitamento deste tipo. Acresce que, mau grado a utilização dos SAAP já ter sido introduzida em Portugal há já alguns anos, ainda não é sistematicamente considerada como opção a encarar, não existindo sequer legislação específica nesta temática. Não se encara, na generalidade, que existem diferentes formas de usar a água de forma eficiente, sendo o aproveitamento da água das chuvas uma das possibilidades.

Como trabalho futuro, e no caso de se pretender implementar o sistema no local, dever-se-ão averiguar quais as horas do dia em que a tarifa energética é mais barata e programar a bombagem da água pluvial de forma a ocorrer maioritariamente nestes períodos, de forma a se obterem menores custos de exploração do sistema.

Poderia ser igualmente interessante a realização de um estudo para anos hidrológicos secos e/ou húmidos, ao invés de anos hidrológicos médios, assim como uma análise mais exaustiva a outras tecnologias de construção do reservatório para além do betão moldado no local. A definição mais exata do ponto de lucro máximo para a capacidade escolhida seria também importante.

Por fim, a atribuição de um incentivo por parte do governo à instalação de sistemas de aproveitamento em novas construções, à semelhança do que acontece noutros países, acarretaria um impulso no desenvolvimento desta técnica.

5. Referências

- Bertolo, E. (2006). *Aproveitamento da água da chuva em edificações*, Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente (Tratamento de Água e Águas Residuais), Departamento de Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Claro, J. (2012) *Análise de Projetos de Investimento*, Gestão Empresarial, Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Comissão Técnica ANQIP CTA 0701, ETA 0701. (2009). *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios (SAAP)*.
- Eurostat, HICP. (2013). *Inflation rate*, consultado em 21/06/2013, a partir de <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&language=en&pcode=tec00118&tableSelection=1&footnotes=yes&labeling=labels&plugin=1>;
- NOSSACARA.COM. (2013). *Água: um Bem Cada Vez Mais Escasso que Pode Determinar Guerras no Futuro*, consultado em 22/03/2013, a partir de <http://www.nossacara.com/ver.php?id=6081#>;
- Rodrigues, J. (2010). *Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais - Dimensionamento e Aspectos Construtivos*, Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Departamento de Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Verdade, J. (2008). *Aproveitamento de Água das Chuvas e Reutilização de Águas Cinzentas*, Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Departamento de Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.